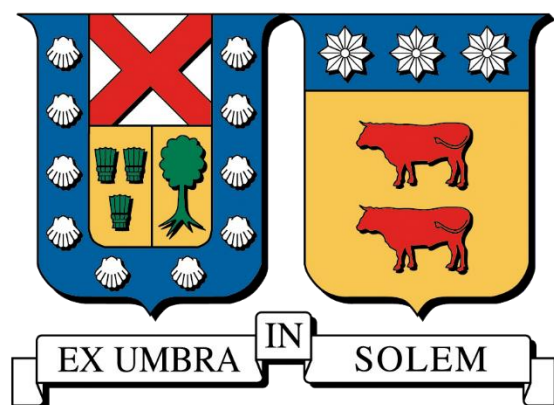


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

SANTIAGO-CHILE



**DIAGNÓSTICO Y MODELAMIENTO DE PROCESOS
DENTRO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN EN UNA
EMPRESA DE PRODUCCIÓN MASIVA**

ARÓN OSCAR BARAHONA RÍOS

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA : SRTA. MÓNICA LÓPEZ

PROFESOR CORREFERENTE : SR. RAFAEL FAVEREAU

JULIO 2017

AGRADECIMIENTOS

Por brindarme la oportunidad de aportar,

Por confiar en mí y en mi trabajo,

Por animarme y estrechar sus manos,

Por dedicar su tiempo en mi bienestar,

Por guiarme a ser una persona de bien.

Padre, Padrino y Madrina, gracias.

Quisiera agradecer a mi profesora

guía Mónica López por la dedicación

y el tiempo entregado.

Quisiera compartir en tu ausencia

este logro contigo mamá, en tu nombre.

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal de este trabajo es realizar un diagnóstico y propuesta inicial al Centro de Distribución (CD) de la empresa productiva, de forma de entender cuáles son los cuellos de botella y cuáles son las principales aristas a atacar para obtener mejoras. Para lograr este diagnóstico es necesario reconocer el estado del CD de manera presencial, hacer un reconocimiento de los procesos y obtener parámetros de tiempo para posteriormente analizarlos.

La problemática de investigación asocia a las operaciones en el centro debido a los altos costos en hora extras, demoras en los despachos y colapso en las bodegas. De esta forma nace el Master plan para proyectar la operación en 20 años, que contempla como puntapié inicial este estudio.

En el capítulo 3 se puede revisar la metodología utilizada, y en el capítulo 4 se dota al lector de los conceptos fundamentales asociados a la investigación, relacionados con la logística, la cadena de suministro y el diseño para mejoramiento de centros de distribución. En el capítulo 5 se desarrolla el diagnóstico de la empresa, considerando parámetros a medir como el tiempo, órdenes de compra, cajas, despachos, recepciones entre otros. Este diagnóstico permite entender que los pasilleros son un recurso crítico, y que los procesos a mejorar en primera instancia son los referentes al picking y el despacho.

La investigación permite definir el estado actual satisfactoriamente, obteniendo resultados que reflejan efectivamente el comportamiento del CD. Se concluye que existen posibilidades de mejorar la operación del CD apuntando a los recursos y procesos críticos ya mencionados, y para ello se propone un escenario en el que se estima el uso de dos pasilleros menos, implicando una inversión directa en activos y materiales de dos tablets. Se estima que esta propuesta podría reducir en gran medida los costos de almacenaje externo, debido a que supone un aumento de capacidad de procesar pedidos en un 42,5%, equivalente a 145 liberadas, 43 más que hoy.

ABSTRACT

The main objective of this work is to make a diagnosis and an initial proposal to the Distribution Center (DC) of the productive company, so as to understand what the bottlenecks are and what are the main issues to attack in order to obtain improvements. To achieve this diagnosis it is necessary to recognize the state of the DC in a face-to-face manner, make recognition of the processes and obtain time parameters to analyze them later.

The research problems are associated with the operations in the center due to the high overtime costs, delays of dispatches and collapse in the storehouses. By this way emerges the master plan to project the operation in 20 years, which includes this study as an initial kick.

In Chapter 3 the methodology used can be revised, and in Chapter 4 the reader is provided with the fundamental concepts associated to this research, in terms of logistics, the supply chain and the design for the improvement of Distribution Centers. Chapter 5 develops the diagnosis of the company, considering the parameters to be measured such as time, purchase orders, boxes, dispatches, receptions, inter alia. This diagnosis allows understanding that the aisle operators are a critical resource, and that the processes to improve in the first instance are those concerning picking and dispatch.

The research allows defining the current state satisfactorily, obtaining results that actually reflect the behavior of the DC. It is concluded that there are possibilities to improve the operation of the DC aiming at the aforementioned critical resources and processes, and for this purpose it is proposed a scenario in which it is estimated the use of two less aisle operators, costing the direct investment in materials of two tablets. It is estimated that this proposal could greatly reduce the costs of external storage, because it implies an increase in the capacity to process orders by 42.5%, equivalent to 145 releases, 43 more than today.

GLOSARIO

Orden de compra (OC): corresponde al pedido realizado por un cliente. Se compone de una o más líneas.

Línea: corresponde a un SKU y su respectiva cantidad solicitada. Se visualiza en la OC y en la OT.

Orden de trabajo (OT): corresponde a un conjunto de líneas de una misma OC designadas a un pasillero.

SKU: Stock.keeping unit, por sus siglas en inglés. Corresponde al código identificador de cada producto.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN | 11 |
| CAPÍTULO 2. OBJETIVOS..... | 12 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL..... | 12 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA..... | 13 |
| 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 13 |
| 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 13 |
| 3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN..... | 13 |
| 3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 13 |
| 3.5 METODOLOGÍA..... | 13 |
| CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO | 15 |
| 4.1 CENTROS DE DISTRIBUCIÓN..... | 15 |
| 4.1.1 Logística y cadena de suministros | 15 |
| 4.1.2 Gestión de almacenes..... | 17 |
| 4.2 MEJORES PRÁCTICAS..... | 22 |
| 4.2.1 Recepción | 23 |
| 4.2.2 Acomodo | 24 |
| 4.2.3 Almacenamiento | 25 |
| 4.2.4 Preparación de pedidos..... | 26 |
| 4.2.4.1 Preparación sobre pallet..... | 26 |
| 4.2.4.2 Preparación desde un pallet..... | 27 |
| 4.2.4.3 Carga directa | 29 |
| 4.2.4.4 Preparación de unidades sueltas | 29 |
| 4.2.5 Despacho | 31 |
| 4.2.5.1 Optimización de recipientes de carga..... | 31 |
| 4.2.5.2 Carga de contenedores y aprovechamiento de los espacios vacíos..... | 31 |
| 4.2.5.3 Verificación del peso..... | 31 |
| 4.2.5.4 Carga directa automatizada | 31 |
| 4.2.5.5 Manejo de puertas de la zona de despacho | 31 |

| | |
|---|----|
| 4.3 SIMULACIÓN PARA EL DISEÑO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DEL ALMACÉN | 32 |
| CAPÍTULO 5. DESARROLLO | 34 |
| 5.1 RECONOCIMIENTO, DESCRIPCIÓN Y BPMN..... | 34 |
| 5.2 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS..... | 37 |
| 5.2.1 Picking..... | 37 |
| 5.2.1.1 Bodega de productos inflamables | 37 |
| 5.2.1.2 Bodega de productos peligrosos | 40 |
| 5.2.2 Traslado..... | 41 |
| 5.2.3 Revisión..... | 42 |
| 5.2.4 Carga..... | 44 |
| 5.2.5 Descarga..... | 44 |
| 5.2.6 Entrada y Salida..... | 45 |
| 5.3 DISEÑAR Y ANALIZAR EL MODELO | 46 |
| 5.4 PROPUESTA..... | 51 |
| CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 58 |
| CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS..... | 60 |
| CAPÍTULO 8. ANEXOS..... | 62 |
| ANEXO A..... | 62 |
| ANEXO B | 66 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 Relación entre cantidad de cajas y tiempo de picking | 39 |
| Gráfico 2 Cantidad de cajas versus tiempo de picking | 41 |
| Gráfico 3 Relación del tiempo de la ventana con la cantidad de OC | 43 |
| Gráfico 4 Histograma de clases de caja en bodega de misceláneos | 45 |
| Gráfico 5 Histograma de clases de caja en bodega de inflamables | 46 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Se ilustran los 5 procesos para el flujo continuo. Fuente:..... | 17 |
| Figura 2 Procesos de la gestión de almacenes Fuente: | 18 |
| Figura 3 Almacenamiento selectivo Fuente: | 20 |
| Figura 4 Almacenamiento dinámico Fuente:..... | 21 |
| Figura 5 Operador moviendo carga con una transpaleta. Fuente:..... | 27 |
| Figura 6 Cinta transportadora Fuente: | 28 |
| Figura 7 BPMN del sistema de CD de la empresa. Fuente: elaboración propia. | 36 |
| Figura 8 BPMN del modelo propuesto. | 53 |
| Figura 9 Recepción de mercadería | 62 |
| Figura 10 Picking y traslado de OT..... | 62 |
| Figura 11 Revisión, ventana y carga | 63 |
| Figura 12 Modelo propuesto diseñado en arena. | 66 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Resumen de los resultados en bodega de inflamables | 38 |
| Tabla 2 Comparación de T con picking. | 38 |
| Tabla 3 Resumen de los resultados de la bodega de misceláneos..... | 40 |
| Tabla 4 Comparación de T con picking | 40 |
| Tabla 5 Resumen de los resultados del traslado | 42 |
| Tabla 6 Resumen de los resultados de la revisión..... | 42 |
| Tabla 7 Resumen de los resultados de la ventana | 43 |
| Tabla 8 Resumen de los resultados de carga | 44 |
| Tabla 9 Resumen de los resultados de descarga..... | 44 |
| Tabla 10 Resumen de información del detalle de llegada de mercadería | 46 |
| Tabla 11 Cantidad de OT y pallets promedio por día..... | 47 |
| Tabla 12 Tiempo promedio de procesamiento de las OT y de los pallets..... | 47 |
| Tabla 13 Proyección de la ocupación de la bodega de misceláneos. | 48 |
| Tabla 14 Proyección de la ocupación de la bodega de inflamables. | 48 |
| Tabla 15 Tiempo total promedio de procesamiento de la entidad. | 49 |
| Tabla 16 Tiempo de espera promedio por entidad. | 50 |
| Tabla 17 Utilización programada de los recursos..... | 50 |
| Tabla 18 Utilización instantánea de los recursos..... | 51 |
| Tabla 19 Cantidad de OT y pallets por día..... | 54 |
| Tabla 20 Tiempo total promedio de las OT y pallets por día | 54 |
| Tabla 21 Tiempo total promedio por proceso..... | 55 |
| Tabla 22 Tiempo total promedio de espera por entidad..... | 55 |
| Tabla 23 Utilización programada de los recursos..... | 56 |
| Tabla 24 Utilización instantánea de los recursos | 56 |
| Tabla 25 Detalle de procesos del modelo | 64 |
| Tabla 26 Resumen de recursos | 64 |
| Tabla 27 Horario de recursos..... | 65 |
| Tabla 28 Detalle de procesos modelo propuesto | 66 |
| Tabla 29 Set de recursos | 67 |
| Tabla 30 Horario asignado a cada recurso. | 67 |

CAPÍTULO 1. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

Hace algunos años que la empresa Demaria S.A. viene experimentando alzas en los costos de operación en su centro de distribución y en arriendos de bodegas externas. La gerencia de operaciones preocupada por la situación tomó cartas en el asunto y comenzó a desarrollar un plan integral denominado Máster Plan. Este plan pretende solucionar los problemas actuales en el CD y planificar según el crecimiento a 20 años plazo, sin embargo aún no sabe cómo atacar la problemática, pues se necesita más detalle. Conociendo los detalles de la operación en el CD se puede analizar y tomar decisiones que se acerquen más a un mejor resultado, surgiendo la necesidad de realizar la presente investigación que tenga como resultado un diagnóstico de la situación actual del CD, así como la generación de propuesta iniciales.

De forma empírica y observacional, se puede ver el notorio colapso de las dos bodegas del CD, una utilizada para productos terminados inflamables, y la otra para productos terminados no inflamables. El colapso es a tal punto que la primera tarea en la mañana es despejar los pasillos de la bodega de no inflamables de los pallets que no alcanzaron ubicación en los racks.

En consecuencia de la ineficiencia del CD, el exceso de horas extra ha traído no solo problemas de costos, sino que también el personal operativo muestra su cansancio cada vez que puede hacerlo notar.

Para desarrollar esta investigación hace falta reconocer y diferenciar cada proceso desarrollado en el CD, definiendo el comienzo y el fin de cada uno. Una vez entendido el conjunto de procesos se hace necesario saber dónde se encuentran los cuellos de botella. Bajo estas dos necesidades se dice que se requiere un levantamiento de procesos y un levantamiento de datos, procedimientos que hasta el desarrollo de este trabajo, no habían sido llevados a cabo anteriormente.

Según Frazelle (2007), para tomar cualquier acción dentro del almacén es imperante reconocer el estado en el que opera, los procesos asociados, el flujo del producto, y todo lo que tenga relación con los recursos más importantes: recursos humanos, recursos de espacios y recursos tecnológicos. Esto respalda la necesidad de levantar un diagnóstico en el CD.

En definitiva, esta investigación responde a la pregunta de cómo está funcionando el CD de la empresa, reconocer sus principales falencias e integrar un diagnóstico integral que permita proponer planes de mejora.

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta investigación es realizar un diagnóstico de la situación actual del centro de distribución de la empresa Demaria S.A., realizando un modelo de simulación de la situación actual del CD en la empresa y posteriormente identificar oportunidades para integrar planes de mejora. Esta memoria expone la resolución de la investigación a diferentes niveles, utilizando el modelo BPMN en Bizagi Modeler para la descripción por medio de un diagrama de flujo, y Arena para la simulación con utilización de recursos reales disponibles en el CD.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para conseguir el objetivo general se han de cumplir los siguientes objetivos específicos y se han de completar en el mismo orden expuesto.

- Reconocer los diferentes procesos relacionados con el CD de la empresa.
- Describir los procesos reconocidos mediante BPM.
- Obtención de parámetros.
- Diseñar el modelo en el programa Arena con los resultados del análisis.
- Obtener resultados y proponer planes de mejora.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio desarrolla como tipo de investigación aquella denominada investigación aplicada dado que su propósito de fondo es lograr entender el funcionamiento del CD para evaluar posteriormente situaciones de mejora. En este tipo de investigación se hace fundamental el plasmar la realidad de manera objetiva según criterios de investigación.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio tiene como estrategia investigativa la de campo, que se define como “el análisis sistemático de los problemas con el propósito de describirlos, explicar sus causas y efectos, entender su naturaleza y factores constituyentes o predecir su ocurrencia” según la universidad pedagógica libertador (UPEL, 2003).

3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio pretende plasmar la situación actual del centro de distribución, por lo que la investigación debe ser descriptiva. Además se requiere entender cuáles son las principales causas de los problemas logísticos, esto significa que la investigación tiene además un carácter explicativo.

3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación se basará en la recolección de datos provenientes directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular variable alguna dentro del sistema. Se utilizan técnicas como la observación directa y la entrevista.

3.5 METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este estudio ha sido diseñada por el autor, y se describe a continuación:

1. Elaboración del marco teórico y estado del arte

Se investiga y describen los aspectos más generales relacionados con logística, cadena de suministros y diseño de centros de distribución, con el objeto de tener una base teórica para el desarrollo del trabajo.

2. Reconocer los diferentes procesos relacionados con el C.D. de la empresa

Se recorre las instalaciones del C.D. de la empresa, observando la operación hasta tener un conocimiento claro de cómo son los procesos.

3. Describir los procesos reconocidos

Una vez reconocidos los procesos se redacta un escrito que describe los distintos procesos y su interacción. Se visita la operación misma para resolver detalles con los expertos operadores.

4. Desarrollar el modelo BPMN

Una vez desarrolladas las descripciones en textos se modela un diagrama BPMN en Bizagi Modeler, siendo validado por la gerencia de operaciones.

5. Obtener y analizar los parámetros

Se definen los procesos más importantes, de los cuales se obtienen los parámetros necesarios.

6. Analizar los datos

Con los parámetros obtenidos se procede a analizar con herramientas proporcionadas por Excel, a fin de encontrar la capacidad de los procesos seleccionados para poder diseñarlos en la simulación.

7. Diseñar el modelo en el programa de simulación arena

Se realiza un diseño específico, donde se inserta cada proceso relevante para el modelo que explique utilización de recursos limitados, incluyendo en su comportamiento diferentes parámetros, entre ellos la velocidad de los procesos, los recursos disponibles en el CD, los horarios de trabajo, etc.

8. Análisis de escenarios, obtención de resultados y propuestas de mejora

Completado el diseño, se programan y analizan escenarios alternativos con el fin de lograr propuestas de mejora.

CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO

Este capítulo consta de tres subcapítulos, que en conjunto podrán dar una base y dotar al lector de los fundamentos necesarios para comprender completamente el presente estudio. El primero trata de clasificar y ordenar los conceptos referentes al estudio, el segundo muestra cómo se realizan las principales operaciones a nivel mundial y el tercero hace referencia a la simulación para el diseño de centros de distribución y mejoramiento de los procesos del almacén. Estos tres capítulos están basados principalmente en el libro “Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial” de E. Frazelle (2007).

4.1 CENTROS DE DISTRIBUCIÓN

Para entender cómo funciona un almacén y cuáles son los conceptos que se deben manejar, a continuación se detalla en diferentes secciones todo lo referente a los centros de distribución.

4.1.1 Logística y cadena de suministros

Según el diccionario de la lengua española (2007) logística es el “conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución”. Originalmente la logística era lo que hoy se denomina cadena de suministros, sin embargo hoy bien se acepta que es parte de esta y que requiere gestión.

Según Ronald H. Ballou, profesor de Operaciones en la universidad de Weatherhead School of Management, dice que la definición entregada por el consejo de dirección logística en 1962 es adecuada: “la logística es la parte del proceso de la cadena de suministro que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficiente y efectivo de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes”.

Esta definición destaca que los flujos del producto y del servicio deben de gestionarse desde que este es materia prima hasta que ha sido consumido, guardando las diferencias entre producto y servicio. Así mismo esta definición hace referencia a la logística como un proceso que enmarca las actividades encargadas de hacer que el producto o servicio esté en el lugar indicado en el momento adecuado. Bajo este criterio, la logística tendría cabida dentro de la cadena de suministros (SC, por sus siglas en inglés), siendo ya no un sinónimo de SC, si no que formando parte de esta.

Otros objetivos de la logística son:

- Evitar la escasez de productos
- Distribuir un producto en el tiempo mínimo posible

- Reducir el costo del transporte
- Almacenar el mínimo de productos en tiempo y en cantidad

La cadena de suministros, o también conocida como la administración de la cadena de suministros (SCM, por sus siglas en inglés), es un concepto del tiempo contemporáneo que hace énfasis en las relaciones que hay entre las funciones de las área de marketing, logística y producción en una empresa, y la interacción entre empresas diferentes que definen un canal de flujo del producto. Las oportunidades de mejora de costo o servicio al cliente se logran gestionando sobre los actores de los canales del flujo del producto o servicio. Según John T. Mentzer, profesor de Marketing y Logísticas de la Universidad de Tennessee, y otros autores “La administración de la cadena de suministro se define como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio y de las tácticas a través de estas funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de las empresas que participan en la cadena de suministro con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la cadena de suministro como un todo” (Ballou, 2004)

El doctor Eduard H.Frazelle (2007) y ”President and CEO at RightChain” dice que para que el flujo del producto sea continuo han de intervenir cinco procesos:

- 1.- Servicio al cliente: este proceso se encarga de determinar las necesidades que tiene el cliente respecto del servicio logístico, del cumplimiento de los plazos de entrega, de la calidad del producto a entregar, del nivel de servicio y del servicio post venta.
- 2.- Gerencia o administración de inventarios: es aquí donde se planifica y gestiona los stocks de productos, se definen los niveles de stock, se determina el número de productos y los puntos de almacenamiento, y se definen las estrategias de recepción y envío de productos.
- 3.- Suministro o compras y/o manufactura: aquí corresponde a la producción y abastecimiento de productos transportables y almacenables, desarrollando los planes respectivos.
- 4.- Transportes: en este proceso se define el modo y el medio de transporte, se planifica el transporte, se consolidan cargas, se definen rutas y se tarifa el transporte.
- 5.- Almacenamiento: aquí se debe determinar el espacio necesario en una ventana de tiempo, se debe dimensionar y configurar los espacios de la bodega y de las zonas de carga y descarga. También se debe configurar y ubicar los productos dentro de la bodega, y gestionar la operación de los productos dentro de la bodega.



Figura 1: Se ilustran los 5 procesos para el flujo continuo.

Fuente: Logistics Resources

Además de estos procesos, actualmente se está considerando otros procesos que requieren de alta atención, entre ellos la logística inversa. La logística inversa tiene relación con la gestión de las devoluciones de productos y envases de los clientes y con una gestión responsable medioambientalmente hablando.

4.1.2 Gestión de almacenes

Como decía Frazelle (2007), el almacenamiento es un gran proceso en dónde se debe intervenir para que el flujo del producto sea continuo. El almacenamiento se puede dividir en diferentes operaciones con actividades en común. Estas operaciones son:

- Recepción
- Pre empaque
- Acomodo
- Almacenamiento
- Preparación de pedidos
- Empaque y/o marcado de precios
- Calificación y/o recolección
- Embalaje o despacho

Se puede ver en la figura 2 más claramente el proceso completo, considerando las operaciones más comunes:

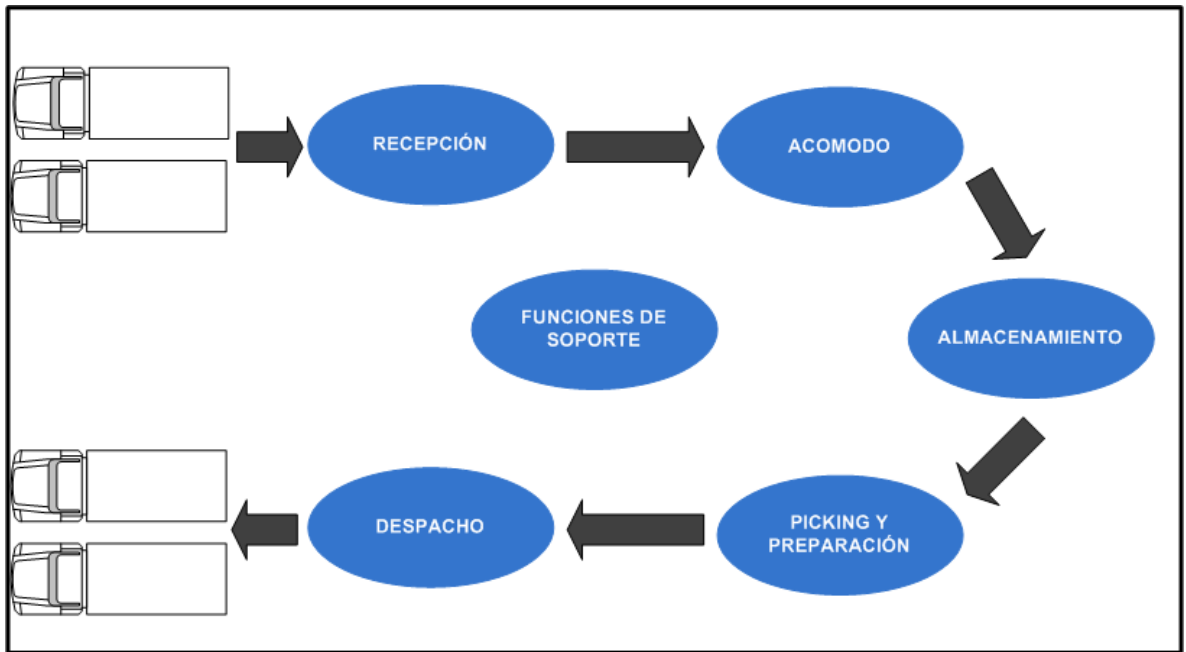


Figura 2 Procesos de la gestión de almacenes
Fuente: Pontificia universidad católica del Perú.

Estas operaciones se definen en las siguientes líneas, según Frazelle (2007):

4.1.2.1 Recepción

Es el conjunto de actividades que han de recibir de manera ordenada los productos, asegurar la cantidad y calidad de estos, y distribuirlos para su correcto almacenamiento.

4.1.2.2 Pre empaque

Esta es una actividad que se realiza en el almacén cuando los productos a granel son recibidos. Estos se empaquetan individualmente en cantidades comercializables, o bien se deja preparado para componer un kit con otro producto. Notar que algunos almacenes no realizan esta actividad por las características de sus productos.

4.1.2.3 Acomodo

Consiste en acomodar la mercadería en almacenamiento, considerando el manejo de materiales, la verificación del sitio y las actividades de ubicación del producto.

4.1.2.4 Almacenamiento

Se refiere a guardar físicamente los productos en la bodega, siendo el método de almacenamiento dependiente de la cantidad de elementos dentro de ella y de las características específicas del producto.

4.1.2.4.1 Estrategias de asignación

La ubicación de los productos dentro de la bodega no es cosa fácil. Para ello se establecen estrategias que permitan optimizar variables manipulables como el tiempo del picking o la distancia recorrida para dicho proceso. Existen algoritmos que permiten establecer una estrategia, a continuación se presentará el método húngaro según Wayne Winston en su libro Investigación de Operaciones: aplicaciones y algoritmos, para encontrar la ubicación óptima de cada producto.

Paso 1: Encontrar el elemento mínimo en cada renglón de la matriz de costos $m \times m$. Construya una nueva matriz restando de cada costo, el costo mínimo en su renglón. Para esta nueva matriz, determine el costo mínimo en cada columna. Construya una nueva matriz (llamada la matriz de costos reducida) restando de cada costo el costo mínimo en su columna.

Paso 2: Trace el número mínimo de líneas (horizontales, verticales o ambas) que son necesarias para cubrir todos los ceros en la matriz reducida. Si se requieren m líneas, entonces está disponible una solución óptima entre los ceros cubiertos en la matriz. Si son necesarias menos de m líneas, entonces proceda al paso 3.

Paso 3: Determine el elemento no cero más pequeño (llámelo K) en la matriz de costos reducida que no cubren las líneas trazadas en el paso 2. Ahora reste k de cada elemento no cubierto de la matriz de costos reducida y agregue k a cada elemento cubierto por dos líneas. Vuelva al paso 2.

Algunas observaciones:

1. Para resolver un problema de asignación en el que el objetivo es maximizar la función objetivo, multiplique la matriz de utilidades por -1 y resuelva el problema como uno de minimización.

2. Si el número de renglones o columnas en la matriz de costos no es igual, entonces el problema de asignación está desequilibrado. El método húngaro podría producir una solución incorrecta si no está equilibrado el problema. Así, cualquier problema de asignación debe estar equilibrado (por la suma de uno o más puntos ficticios) antes de resolverlo por el método húngaro.

3. En un problema grande, es posible que se dificulte hallar el número mínimo de líneas necesario. Se puede demostrar que si se requieren j líneas, entonces sólo se puede asignar j “tareas” a los costos cero en la matriz actual. Esto explica por qué termina el algoritmo cuando se necesitan líneas.

4.1.2.4.2 Tipos de almacenamiento

Según Frazelle existen varios tipos de almacenamiento que pueden ser utilizados según las necesidades de cada almacén. A continuación se presentan los tipos de almacenamiento más conocidos:

- Racking: el almacenamiento se realiza en racks, utilizando de manera más eficiente el espacio, aunque dificulta el picking y lo encarece.
- Por zonas: según algún criterio definido por la gerencia los productos se agrupan, recogen, almacenan y despachan juntos.
- Aleatorio: se guarda aleatoriamente los lotes de productos según el tamaño y el espacio disponible en el momento de ejecutar la acción. Naturalmente este tipo de almacenamiento dificulta el picking, más aun sin los pedidos son de gran tamaño.
- Por estacionalidad: esto significa que los productos de mayor rotación se deben encontrar en los lugares donde el picking se haga más fácil.
- Selectivo: hoy en día es el tipo de almacenamiento más usado. Se trata de libre acceso a cada posición del rack, lo que implica tener una gran cantidad de pasillos, tal como ilustra la figura 3.



Figura 3 Almacenamiento selectivo

Fuente: Arrendar Bodega.

- Acumulativos: este tipo de almacenamiento permite optimizar el espacio disponible en la bodega, minimizando el número de pasillos, acumulando la cantidad de pallets por rack. Es ideal para bodegas con productos del mismo tipo en altos
- Dinámicos: el almacenamiento dinámico es similar al acumulativo salvo una leve inclinación en un lado del rack para aprovechar la fuerza del peso, permitiendo que los racks avancen por los rodillos instalados en rack, conforme el peso les permita. La figura 4 ilustra la situación de un almacén dinámico.

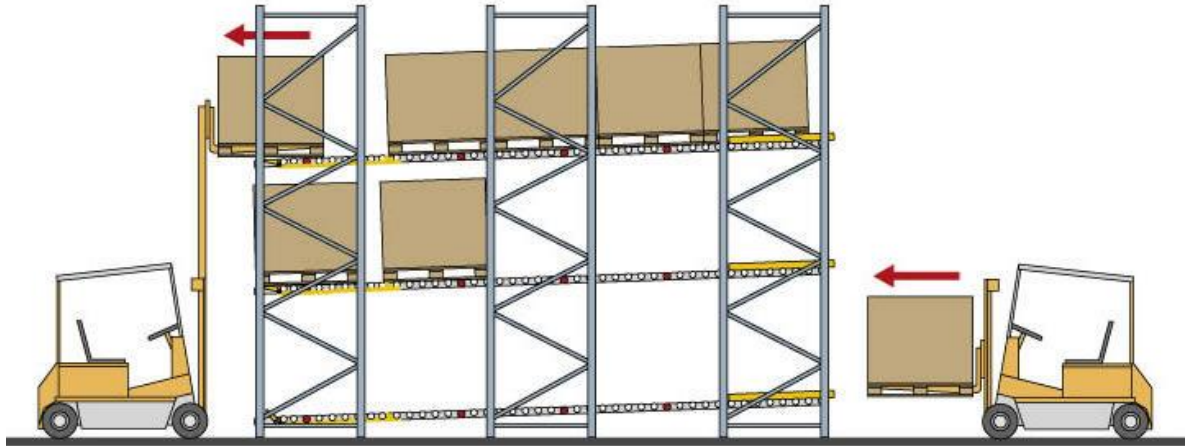


Figura 4 Almacenamiento dinámico

Fuente: Direct Industry

4.1.2.5 Picking y preparación de los pedidos

Esta tarea consiste en recoger los productos del almacén y conformar los diferentes pedidos. Es responsabilidad de esta tarea completar los pedidos, empaclarlos, preparar los documentos y reunir los pedidos antes de despacharlos.

Según Raymond A. Kulweic en su libro Material Handling dice que hay diferentes tipos de Picking, describiéndolos como sigue:

- Discreto: en este tipo de picking el operador va recogiendo cada producto de un pedido por vez.
- Por zonas: en el lugar de la preparación de los pedidos se hacen grupos de estos, habiendo en cada zona un operario atendiendo múltiples.
- En batch: cada operador se encarga de varios pedidos a la vez, para ello recoge producto por producto.

- En cluster: cada operador se encarga de un grupo de pedidos, recogiendo todos los productos de un tipo para todo el grupo.
- Por oleadas: tiene el mismo concepto que el discreto pero presenta la ventaja de realizar diferentes grupos de pedidos en cada oleada, mientras que el discreto es solo un pedido.
- Zona batch: cada zona de picking tiene asignado un operador que prepara un producto o más de uno.
- Zona por oleadas: cada operador asignado a cada zona recoge todos los productos asignados de todos los pedidos asignado, uno por uno y de forma programada.
- Zona batch por oleadas: cada zona tiene un operador asignado, quien prepara todos los productos de su área según la programación.

4.1.2.6 Empaque y/o marcado de precios

Esta tarea es similar a la del pre empaque, salvo el momento en que se realiza. Empacar después de preparar los pedidos permite mayor flexibilidad de la disposición del inventario físico, en el sentido de que el producto está disponible para ser utilizado en cualquier configuración que se le requiera. Por el lado del precio, se podrá asignar el valor real de venta, mientras que en el pre empaque podría cambiar en la ventana de tiempo que el producto permanezca en inventario.

4.1.2.7 Clasificación y/o recolección

La clasificación de los lotes de los productos en cada pedido y su acumulación en pedidos ha de realizarse solo cuando el pedido contenga más de un producto y la acumulación de los productos no se realice al mismo tiempo que la preparación.

4.1.2.8 Embalaje y despacho

El despacho consta de cargar los pedidos correspondientes a cada vehículo de carga después de haberlos revisado por última vez verificando la cantidad de pedidos y validando que correspondan al vehículo. También se realiza en esta actividad la acumulación de los pedidos de cada vehículo asignado a cierta ruta, la preparación de los documentos asociados cada pedido, vehículo y ruta. También es aquí donde se debe empaquetar la mercadería en algún recipiente adecuado cargarlos en los diferentes vehículos.

4.2 MEJORES PRÁCTICAS

Frazelle también define en su libro las mejores prácticas a nivel mundial en los capítulos del 4 al 9, siendo la base de este apartado.

Frazelle pregunta ¿Cuál es la productividad más alta alcanzable en un almacén? Se ha visto almacenes capaces de procesar más de 2000 líneas por hora-hombre (HH), pero ¿será ese número el máximo alcanzable?. Claramente no. En Japón por ejemplo, existen instalaciones en las que ningún humano interviene en el proceso de preparación de cajas desde la recepción hasta el despacho. Así también, en Alemania existen operaciones con tal nivel de automatización, que incluso en pallets con productos diferentes no tienen intervención humana. Estos dos ejemplos constatan que la productividad podría ser infinita, dado que se mide la productividad en producción versus HH, y HH es nula. ¿Pero tiene sentido aplicar la automatización en todos los CD? Se debe tener en cuenta que lograr una automatización como la mencionada anteriormente que permita una productividad “infinita”, tiene un costo tan alto que probablemente haga declinar la idea en la gerencia.

Más que lograr un almacén automatizado, se debe buscar la eliminación de la necesidad del almacén minimizando el despacho, aprovechando las oportunidades de hacer cross docking. Naturalmente lograr esto requiere de mucho esfuerzo, sincronización y sinergia, por lo que si no se puede lograr estos objetivos deben considerarse otras prácticas que permitan simplificar y agilizar las operaciones involucradas. A continuación se podrá ver las mejores prácticas separadas por operaciones, según Frazelle (2007).

4.2.1 Recepción

La recepción es una operación que de ser hacerse correctamente podría ordenar y facilitar las operaciones a posterior. Si esta se hace inapropiadamente, altamente probable las operaciones posteriores se dificulten debido a los productos no serán manipulados de la mejor forma. Existen principios de recepción a nivel mundial, los que buscan agilizar la operación, simplificar el flujo de materiales en ella, y minimizar el trabajo. Esto se logra disminuyendo los tiempos asociados a la manipulación, previniendo accidentes, y eliminando los errores.

Algunas de las prácticas de recepción se presentan en las líneas de abajo:

- Despacho directo: se dice que la mejor forma de optimizar la recepción es no realizarla. ¿Cómo? Sí, evitar el CD enviando los productos directamente a los clientes significa no tener que descargar, acomodar, almacenar, etc. Cualquier despacho directo justificable por razones de composición del pedido, volumen del pedido, complejidad de los productos, o alguna otra particular, debe considerarse.
- Cross-Docking: si no se puede realizar un despacho directo, se recomienda preferir un cross-docking. Esto consiste en coordinar la llegada de los productos desde los proveedores y clasificarlos inmediatamente en sus pedidos, siendo estos despachados enseguida. Se ahorra

la inspección de la recepción, el acomodo, almacenamiento, reabastecimiento del producto en la zona de preparación de pedidos y la consolidación del pedido.

- Programación de la recepción: un programa de recepción es utilizado para planificar los procesos siguientes de forma realizarlos eficientemente. La mejor programación permitiría realizar un cross-docking permanente, pero esto requiere tecnología como sistemas información.
- Pre recepción: si no se puede realizar un programa de recepción se recomienda obtener la información de la carga en camino para preparar los espacios necesarios para su recepción, acomodo y almacenamiento.
- Preparación para la recepción: consiste en aprovechar los productos recién recibidos, considerando las conveniencias del pedido en particular.

4.2.2 Acomodo

El acomodo es la acción de acomodar el producto tras ser recibido, pudiendo acomodarse de diferentes formas. A continuación se describen algunas de estas formas.

- Acomodo directo: consiste en tomar el producto desde el vehículo y dejarlo inmediatamente en su lugar dentro del almacén. Esto puede hacerse no sólo con los productos cuyas limitaciones de rotación (como el ciclo de vida) le permitan. Las operaciones más avanzadas del mundo tienen sistemas de acomodo directo automatizado, por ejemplo con bandas transportadoras o muelles móviles.
- Acomodo dirigido: se trata de un acomodo regido por el criterio de optimización del uso del espacio dentro de un almacén, de la rotación de cada producto y de la productividad del almacén. Esto se puede resolver con sistemas de administración de almacenes (WMS, por su siglas en inglés)
- Acomodo por lote y por secuencia: esta forma de acomodo se basa en que los productos deben ser clasificados al momento de ser llevado a la zona de acomodo, de forma de facilitar el almacenamiento posterior. El criterio de clasificación depende de la carga del vehículo y de la disposición de los espacios en la bodega.
- Acomodo combinado y movimiento continuo: pretende optimizar el uso de las grúas monta cargas, de forma que al momento de ingresar a la bodega acarree un producto y lo almacene, a continuación saque de la bodega un producto y lo lleve a la zona de despacho. Esta forma se limita al diseño de la planta del CD, pues depende de manera determinante en la conveniencia de su aplicación.

4.2.3 Almacenamiento

El almacenamiento a nivel industrial se mueve en pallets de diferentes formas, pero universales. Tal es el punto que hoy existen sistemas de almacenamiento de pallets que consideran las herramientas y equipos utilizados en el almacenamiento del pallet con mercadería dentro de una ubicación en la bodega. El sistema de almacenamiento se elige bajo un criterio de optimización de la densidad del almacén, siendo limitado por el inventario almacenado y por la rotación de los productos.

Los principales sistemas de almacenamiento serán descritos a continuación, según Frazelle (2007).

- Arrume de pallets: significa apilar un pallet con carga estibado sobre otro, tantas veces como el peso, la seguridad de la carga, la facilidad de la estiba, las condiciones de los pallets, las condiciones de carga en el piso, el clima, el equipo, la presión de carga, y el nivel del techo permitan. Este sistema afecta el orden de salida del producto, pues siempre saldrá primero el último en ser ubicado, por lo que si se requiere un orden diferente a este en el despacho, este sistema es inviable.
- Marcos de estiba para pallets: los marcos de estiba son marcos portátiles unidos a pallets y permiten al usuario aumentar la cantidad de cargas en altura. Estos marcos son usados normalmente cuando hay picos de corta duración en el inventario, aprovechando los espacios inutilizados. Presenta una importante ventaja que estos marcos son desmontables, pues reduce el espacio requerido.
- Estantería de profundidad simple: es una estructura metálica que permite el almacenamiento de un pallet de profundidad y de tantas de altura como permitan la altura de la bodega y las restricciones respectivas de esta.
- Estantería de profundidad doble: es la misma estructura que en la de profundidad simple, pero con dos pallets de profundidad. Las diferencias radican en que en este tipo de estantería resultan menos pasillos y se presenta el efecto panal (quedan espacios libres inutilizables dado la disposición de los productos dentro de la bodega).
- Estantería drive-in: consiste en una estantería con profundidad de hasta 10 pallets y de altura hasta 5. Se recomienda su uso solo para productos de baja rotación y cuyo ciclo de vida sea largo, dado que su manipulación es UEPS (último en entrar, primero en salir).
- Estantería drive-thru: es una estantería drive in con acceso desde ambos lados.
- Estantería pallet flow: es una estantería drive-thru, con la particularidad que a lo profundo, en sus travesaños presenta polines o una banda transportadora, permitiendo que al sacar un pallet por un lado, los pallets se muevan en conjunto reubicando el espacio disponible al otro

extremo de la estantería. Este sistema permite una manipulación PEPS (primero en entrar, primero en salir).

- Estante tipo push back: este tipo de almacenamiento permite una manipulación del tipo UEPS, y tiene características de un pallet flow, pero con la diferencia que se tiene acceso solo por un lado. El sistema consiste en que el pallet entrante al estante puede empujar por medio de su peso y de la fuerza del vehículo transportado a los demás pallets en el estante, y al sacar un pallet se sacará siempre el que esté por el pasillo, es decir, el último en entrar.
- Estante móvil de pallets: es un estante de tarima simple que en sus bases tiene rueda, lo que permite moverle. Esto permite utilizar el espacio de los pasillos mientras no estén en uso, y sacarlo cuando sea necesario.

4.2.4 Preparación de pedidos

La preparación de pedidos se puede clasificar en tres tipos, una en la que el operador va poniendo caja por caja en un pallet, y este lo lleva consigo por todo el recorrido hasta completarlo. Otro tipo es en el que las cajas son enviadas por cinta transportadora hasta la zona de despacho y una vez allí puesta en los pallets. El tercer tipo es que las cajas se despachan sin pallets. A continuación una revisión de las mejores prácticas de esta operación. Además existe la preparación de pedidos de cajas sueltas, las que pueden contemplar que los productos se muevan hacia el operador, el operador hacia el producto o que se haga de forma automática.

4.2.4.1 Preparación sobre pallet

Existen muchas formas de hacer la preparación de un pedido sobre un pallet, y en las siguientes líneas el lector podrá revisar las más usadas:

- Preparación con transpaleta: una transpaleta es una herramienta que permite al operador mover pallets con carga pesada. En la Figura 5 se puede ver una transpaleta. El uso de esta herramienta es muy popular debido a su bajo costo, u utilidad y su simplicidad.



Figura 5 Operador moviendo carga con una transpaleta.

Fuente: Benza.

- Trenes de pallets: un tren de pallet es un carro con capacidad de varios pallet, que es transportado por un vehículo motorizado. Esto permite que se preparen varios pedidos a la vez en el mismo recorrido.
- Preparación con monta carga: un monta carga permite sostener el pallet a la altura que el operador desee, permitiéndole una mayor comodidad y un menor esfuerzo al momento de mover las cajas del pedido.
- Order pickers: o equipos de preparación de pedidos. Es una herramienta que permite al operador preparar pedidos a la altura que él desee. Se utiliza principalmente para productos de baja rotación y almacenamiento de alta densidad, debido a que la movilidad de este equipo es muy lento.
- Sistemas de almacenamiento y extracción de final de pasillo AS/RS: es una forma de hacer la selección a nivel de producto a nivel de pallet. Este sistema es automático y permite guardar un pallet de forma automática y extraer de la misma manera. Dada su complejidad, sus costos no permiten que cualquier empresa implemente este sistema. Tiene ventajas particulares como que el operador que prepara el pedido no necesita caminar, lo que aumenta notoriamente la productividad.
- Preparación con robots: es una forma de preparación poco utilizada, pero eficiente. Consiste en un robot que recorre los pasillos buscando los productos del pedido, tomándolos y poniéndolos en el pallet que lleva para eso.

4.2.4.2 Preparación desde un pallet

En general, la preparación desde un pallet requiere de sistemas de preparación y colocación en la cinta transportadora, dispensación automática, y preparación por niveles.

- Preparación y colocación en la cinta transportadora: a lo largo del pasillo se dispone de una cinta transportadora en la que el operador pondrá los productos que se requieran. El operador tiene libertad para transitar por un lado de la banda. Generalmente estas cintas tienen incorporado un lector de códigos, los que son puestos por el operador al momento de incorporarlo a la cinta y permiten asociar el producto con un pedido.



Figura 6 Cinta transportadora

Fuente: DMWH.

- Dispensación automática: los dispensadores automáticos permiten que el acomodo y la extracción de carga sea totalmente automática. Tienen un complejo sistema de bandas transportadoras, una de alimentación y otra telescópica, por las que se mueve la carga ya sea para el acomodo o la preparación. La principal ventaja de este sistema es que se elimina por completo al operador humano y tiene una velocidad de 500 cajas por hora en promedio, pero su costo es sumamente elevado, cercano a los quinientos mil dólares.
- Preparación por niveles: (o por capas) consiste en la extracción de una capa completa de un pallet. Existen al menos 3 formas de realizar esta actividad: succión por vacío de la capa superior, extracción por los cuatro lados y extracción por el borde frontal de la capa superior. Todo esto de manera automática permite una velocidad de hasta 1000 cajas por hora, pero tiene una complejidad muy alta y un fuerte acoplamiento y costo muy elevado. Se recomienda sólo si hay clientes que piden en hartos volúmenes, y si el costo de mano de obra es muy alto.

Una vez preparados los pedidos, las cajas se deben colocar en los pallets. Esto puede hacerse de forma manual, mecánica o automática. Lo más común es hacerlo de forma manual, su costo y factibilidad técnica lo hacen por lo general la mejor opción. Hacerlo mecánicamente aumenta la velocidad de la colocación de las cajas en los pallets, pero tiene algunas limitaciones como el tamaño de las cajas a usar y el costo muy por

sobre el manual. Automatizar el proceso por medio de robots permite manejar varios pallets a la vez, pero la velocidad de la actividad no es tan alta.

4.2.4.3 Carga directa

Existen bultos que no requieren de pallets para su transporte. En estos casos es posible usar cintas transportadoras directamente hasta el vehículo, optimizando el proceso.

4.2.4.4 Preparación de unidades sueltas

Se puede realizar de tres formas: el operador se mueve hacia los productos, los productos se mueven hacia el operador de manera mecánica por un sistema AS/RS, que se ubica en una zona de preparación de pedidos, o bien se puede hacer de forma automática, de forma de ir llenando las cajas con los productos sin intervención humana. Las diferencias entre estas formas se notan en los sistemas de almacenamiento y acomodo, y de extracción.

a) Operador hacia producto

Los sistemas de almacenamiento más populares de la estrategia operador hacia producto los define Frazelle en su libro, y son los estantes tipo bandeja, gavetas modulares y el flow rack.

- El estante tipo bandeja requiere una baja inversión, pero tiene limitaciones al momento de trabajar por los recursos de espacio y mano de obra adicional que se requerirán. Esto se explica porque cada una de las bandejas metálicas tiene espacio sin utilizar, lo que a la larga genera complicaciones.
- Los gaveteros modulares permiten el almacenamiento de variados productos en pequeña áreas, funcionando como una surte de cajones que se abre hacia el pasillo. Esta característica es su principal ventaja, dado que la densidad que podría terminar incluso en tener espacio disponible dentro del almacén para desarrollar más instalaciones o zonas de trabajo.
- El flow rack trabaja con el mismo concepto del pallet flow, adaptado a un estante de tipo bandeja. Esto se aplica principalmente a productos de alta rotación.

Para el sistema de extracción de productos dentro del marco de operador hacia producto se han desarrollado algunas estrategias como la preparación en carros, preparación por cajas, “hombre a bordo” y la preparación robotizada.

- La preparación en carro es conveniente cuando los productos son pequeños como tuercas, o cajas de remedios. Por medio de sus divisiones facilita la preparación, selección y recolección de múltiples productos y múltiples pedidos.
- Preparación por cajas: incorpora el uso de una cinta transportadora en la que se va moviendo el recipiente como el pallet y se le van incorporando las cajas. Con esta metodología la preparación es de varios pedidos y un solo producto.
- “Hombre a bordo”: es un sistema en el que el operador abandona el nivel del suelo y se adapta a los espacios del almacén por medio de equipos como un montacargas o un sistema AS/RS. Con esta metodología un operador puede preparar uno o varios pedidos en simultáneo, dependiendo de la capacidad del equipo en uso. El uso de esta metodología se basa principalmente en que la altura deja de ser un problema y permite aumentar el uso real de almacenamiento.
- Preparación robotizada: existen robots diseñados para recoger los productos mientras recorre el almacén por medio de rieles energizados. Muy pocos CD justifican su uso, dado su alto costo y pocas ventajas comparativas.

b) Producto hacia operador

Los sistemas de almacenamiento de categoría mundial para la estrategia de producto hacia operador son principalmente dos: carruseles y los sistemas automatizados de acomodo y extracción de mini cargas. Una estrategia de producto hacia operador se justifica cuando los costos de mano de obra son altos, entonces con esta estrategia se aminorará el tiempo del recurso operador debido a la eliminación de la necesidad de moverse de su puesto.

- Carruseles: son equipos mecánicos en los que los productos van girando tal cual lo hace un carrusel. Si son carruseles horizontales, los operadores van recogiendo los productos desde sus posiciones fijas entre carruseles. La asignación de pedidos productos puede ser múltiple. Los carruseles verticales funcionan bajo el mismo concepto pero su giro es en sentido vertical, lo que permite tener el producto siempre a la altura de la cintura del operado, cosa que hace que el procesos sea más rápido que el carrusel horizontal.
- Sistemas automatizados de acomodo y extracción de mini cargas: la ventaja de esta máquina es que su desplazamiento es tanto vertical como horizontal, esto permite aprovechar ambos lados de un pasillo y alternar entre una posición y otra.

c) Máquinas dispensadoras de productos

Hay sistemas automatizados que dispensan productos que funcionan de manera similar a los clásicos dispensadores de artículos de pequeñas dimensiones. Se acumulan verticalmente ajustando las dimensiones del sistema según los productos y a medida que se requieren, las máquinas dispensan en la cinta transportadora que los llevará a una zona de acumulación. La alimentación de productos al sistema es manual, pero altamente recomendable en industrias cuyos productos sean pequeños y uniformes.

4.2.5 Despacho

A nivel mundial se aplican inversamente los principios de recepción y de despacho, pero tiene aristas diferentes que serán revisadas en este marco teórico: optimización de recipientes de carga, carga de contenedores y aprovechamiento de los espacios vacíos, verificación del peso, carga automatizada y el manejo de puertas de la zona de despacho.

4.2.5.1 Optimización de recipientes de carga

La optimización de los recipientes de carga se logra analizando y entendiendo la forma de los productos que se trabajan en el almacén. Se debe considerar el recipiente debe ser de fácil estiba, apilable cuando esté sin uso y de fácil seguimiento. También deben ser reutilizables, retornables y reparables.

4.2.5.2 Carga de contenedores y aprovechamiento de los espacios vacíos

Se debe distribuir los pedidos y el contenido de este dentro de cada vehículo considerando parámetros como el volumen, el peso y el orden de descarga.

4.2.5.3 Verificación del peso

Se debe verificar el peso de la carga y comparar con la capacidad de los vehículos para mejorar el uso de los recursos.

4.2.5.4 Carga directa automatizada

La carga directa permite ahorrar recursos de espacio y tiempo, pues elimina la espera. Para esto se puede usar monta carga, transpaleta, carretilla, etc., pero existe en el mercado mundial la automatización de esto por medio de la extensión y movilidad de las cintas transportadoras que permitirán transportar hasta la puerta del camión los productos de los pedidos.

4.2.5.5 Manejo de puertas de la zona de despacho

Consiste en manejar inteligentemente la disposición de las puertas de entrada y salida de productos. A nivel industrial se prefiere ubicar a los vehículos que traen mercadería en las puertas

más centrales, mientras que a los vehículos que llevarán carga se recomienda ubicarlos en las puertas más cercanas a los pedidos que llevará.

4.3 SIMULACIÓN PARA EL DISEÑO DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DEL ALMACÉN

El capítulo 11 del libro de Frazelle explica en detalle esta sección, la que es base para este apartado.

La simulación consiste en una serie de modelos que representan la operación de un sistema real. En el presente estudio, esta herramienta es utilizada para diseñar y rediseñar centros de distribución, determinando ciertas brechas de recursos, el comportamiento en el tiempo y la productividad.

Un modelo puede explicar el comportamiento de un proceso de forma matemática por medio de relaciones obtenidas del análisis de algunos datos reales. Dada la complejidad de un CD es que para la simulación se utilizan herramientas computacionales que permiten visualizar todos los modelos en simultáneo, pudiendo ser modificados.

Uno de los grandes conceptos introducidos en los modelos de simulación es la variabilidad en los procesos y las limitaciones de los recursos como espacio, operarios, maquinaria, etc. Se admite que la variabilidad es inherente a cada proceso y las razones son múltiples.

Para desarrollar un modelo de procesos de cualquier centro de distribución se recomienda considerar los siguientes procesos:

- Recepción
- Acomodo
- Almacenamiento
- Preparación
- Despacho

Las actividades para el desarrollo de un proyecto de simulación son 8 y se describen a continuación.

- a) Definir el objetivo o el problema a solucionar

Un proyecto de simulación puede ser utilizado para múltiples propósitos. Es necesario definir esto antes de cualquier cosa para evitar confusiones y malos resultados. Los objetivos pueden

clasificarse en tres tipos de objetivos: mejoramiento de procesos, innovación de diseño y reingeniería de procesos.

b) Recolección de datos

Se dice que es el proceso más difícil por lo que significa tener los datos representativos de la realidad: un error en los datos y todo el proyecto fallaría. Los datos han de clasificarse según los procesos a los que correspondan y son analizados. Tras analizar los datos, al programa simulador se ingresan entre otros datos la variabilidad y las limitaciones importantes acorde al proyecto.

c) Programación de modelos mediante paquetes de simulación

A nivel mundial hay muchos programas destinados a la simulación. En esta actividad corresponde el desarrollo del modelo en algún programa.

d) Pruebas piloto para validación

Una vez desarrollada la programación se debe revisar y comparar con alguna referencia para definir si el modelo en revisión corresponde a lo que se pretende modelar. Si el modelo no cumple con lo buscado, entonces debe modificarse hasta que cumpla.

e) Diseño de experimentos

Ya validado el modelo se procede a realizarle modificaciones, con la intención de encontrar configuraciones que permitan optimizar el modelo real. En esta actividad corresponde diseñar alternativas de modificación al modelo actual.

f) Ejecución de experimentos

Cuando se haya seleccionado algún diseño de la actividad anterior se procederá a ejecutarlo, realizando las modificaciones en el programa para evaluar su impacto.

g) Elección de una alternativa

De todas las opciones posibles encontradas, incluyendo la situación actual, se debe seleccionar una según el criterio definido por la gerencia.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

El primer paso para esta investigación corresponde al reconocimiento de los procesos dentro del CD de la empresa. Una vez hecho el reconocimiento, habiendo recorrido las instalaciones personalmente, se hace una descripción de los procesos en términos de su funcionamiento individual y también en conjunto. Terminada la descripción se procede a desarrollar un modelo de BPMN que permite visualizar la operación del CD. En conjunto a la gerencia de operaciones se define los procesos más relevantes para sus intenciones. Ocurrido ello se procede a medir los datos de la recepción de los productos terminados, la preparación de los pedidos y el despacho de estos. Estos datos han de ser analizados para luego modelarlo en Arena. Los resultados del modelo se analizan para generar planes de mejora.

5.1 RECONOCIMIENTO, DESCRIPCIÓN Y BPMN

Para reconocer los procesos que existen en el C.D. de la empresa es que se ha recorrido múltiples veces el C.D. mientras opera. En estos recorridos se pudo identificar muchos procesos, y para clasificarlos se ha decidido diferenciar la operación en niveles, según la complejidad que se requiera analizar. En general se puede decir que el jefe de despacho recibe las órdenes de compras (OC), las que son transformadas en órdenes de trabajo (OT). Estas OT son repartidas entre los pasilleros, quienes tienen la misión de realizar el picking. Hecho ello, las grúas deben tomar el pallet con la OT preparada y trasladarla a la zona de despacho, donde un despachador revisará cada OT, y definirá si está o no completa. De no estarlo, busca al pasillero responsable y le comunica la falla, y este deberá completar la OT y trasladar con una transpaleta manual la mercadería faltante a la zona de despacho; si está completa, entonces la grúa procede a cargar el camión de despacho. Por otro lado y en paralelo, la recepción se desarrolla por medio de un recepcionista que revisa la carga que ha llegado, definiendo si la carga está completa o no. Si no está completa, la carga se recibe y se da aviso de las diferencias. Si está completo, entonces sólo se recibe. Cuando la carga ha sido recibida, las grúas deben ordenar por códigos la mercadería, y posteriormente almacenarla en la bodega que corresponda. Existen dos bodegas, una para productos inflamables, y otra para productos peligrosos (misceláneos).

Dentro del reconocimiento se ha podido ver que existen dos horarios de trabajo. El primero será llamado 8 AM, y comienza a las 8:15 am, a las 10 tiene un recreo de 15 minutos, a las 12:15 se tiene 45 minutos de almuerzo, y luego se sigue trabajando hasta las 18:15. El segundo horario será llamado 10 AM, comenzando a las 10:00 am, a las 12:15 se tiene 45 minutos de almuerzo y luego se trabaja hasta las 18, con un recreo de 15 minutos. Terminado el recreo se trabaja hasta las 20:00.

Es importante notar que de estos horarios se cumple la entrada pero no la salida, esto debido a que el trabajo no ha sido terminado a la hora del cierre, forzando horas extras.

En cuanto a los recursos disponibles, se cuenta con 4 grúas, 9 pasilleros, 2 despachadores, un jefe de despacho y un recepcionista.

De las grúas se tiene una para los movimientos internos de la bodega de inflamables, otra para los movimientos internos de la bodega de misceláneos, y dos grúas de recepción. La grúa de movimientos internos de la bodega de inflamables se dedica a los movimientos dentro de la bodega, al traslado de las OT terminadas allí y al almacenamiento de la carga recibida correspondiente a dicha bodega. Importante saber que no realiza carga de vehículos de despacho. La grúa de movimientos internos de la bodega de misceláneos se dedica también a trasladar las OT que han preparado los pasilleros, y también ayuda en la descarga, carga y almacenamiento. Las grúas de descarga se dedican también al traslado de la OT preparadas, al almacenamiento de la carga recibida y a la carga de los pedidos. Es importante saber que a la bodega de productos inflamables no puede ingresar otra grúa más que la correspondiente a esa bodega, debido a las restricciones técnicas que implica el almacenamiento de productos de esas características.

Existen 9 pasilleros, entre los cuales existe un supervisor que además de preparar sus OT asignadas, se dedica a dar soporte a los demás pasilleros. El jefe de despacho es el encargado de toda la línea que compromete al despacho, y dentro de este estudio su principal función es repartir las OC en OT a los pasilleros. Los despachadores son dos, y tiene como misión revisar que los pedidos estén completos, sin sobrantes ni faltantes, para lo que van revisando cada OT que llega la zona de despacho, gestionando la completación de la OT si el caso lo amerita. El recepcionista está encargado de verificar si la carga que trae el transportista corresponde a lo que figura en la guía de despacho.

Este sistema queda modelado en BPMN en la figura 7 de abajo:

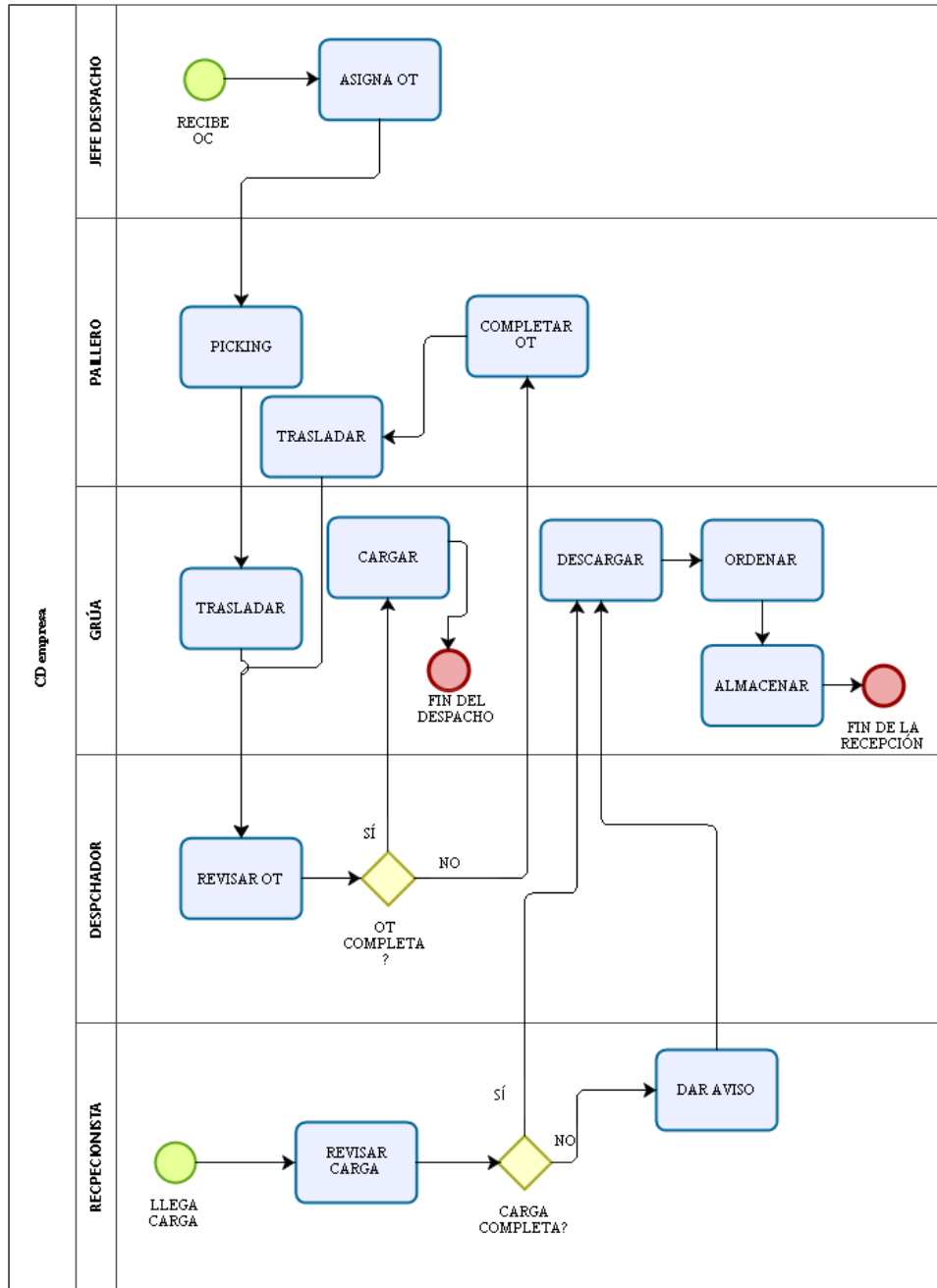


Figura 7 BPMN del sistema de CD de la empresa.

Fuente: elaboración propia.

5.2 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS

En vista de la descripción anterior, se define como procesos claves del despacho al picking realizado por los pasilleros, el traslado realizado por las grúas, la revisión hecha por los despachadores, la carga realizada por las grúas. En cuanto a la recepción es clave la descarga realizada por las grúas. Los parámetros a medir se mencionan a continuación:

- Picking: tiempo y cantidad de cajas. Este proceso ha sido medido en dos formas: cuánto demora el pasillero en su OT, denominado tiempo T, y cuánto demora en específicamente la colocación de las cajas de una línea en el pallet, llamado tiempo de picking. Esto dado que se pierde mucho tiempo en buscar el producto, caminar hasta el producto, ordenar y limpiar el lugar donde está el producto. Además este proceso ha sido realizado de manera independiente para cada bodega.
- Traslado: tiempo por OT. Se mide cuánto tiempo demora una grúa en trasladar una OT desde la bodega en la que se encuentra hasta la zona de despacho
- Revisión: tiempo por OT. Se mide cuánto tiempo demora un despachador en revisar una OT.
- Carga: tiempo por vehículo cargado. Se mide cuánto tiempo se demora una ruta en ser cargada.
- Descarga: tiempo por vehículo descargado. Se mide cuánto tiempo se demora un vehículo en ser descargado.

Cada uno de estos procesos fue seguido y registrado en 45 oportunidades. Además se requiere conocer cuántas OC son procesadas en un día laboral, y cuántos pallets son recibidos en cada bodega para determinar la capacidad disponible. A continuación se presentarán y analizarán los parámetros.

5.2.1 Picking

Se debe recordar que este proceso se realiza en dos bodegas, una de productos peligrosos (misceláneos) y otra de productos inflamables. De esta última se presume que la operación es más veloz, por lo que se revisarán de forma independiente.

5.2.1.1 Bodega de productos inflamables

En la bodega de misceláneos se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 1 Resumen de los resultados en bodega de inflamables

| Observación | T[<i>min</i>] | Picking[<i>min</i>] | Cajas |
|-------------|-----------------|-----------------------|-------|
| Total | 315 | 161 | 1.289 |
| Promedio | 16 | 8 | 64 |
| Desviación | 24 | 19 | 103 |

Fuente: elaboración propia

Estos valores corresponden a 20 observaciones diferentes. El tiempo T es el tiempo que demora el pasillero desde que va recoger el pallet en la transpaleta manual, pasando por la búsqueda de cada línea de productos, caminando en cada intento de encontrarlo, solicitando que la grúa baje el pallet si es que está en altura, ordenando y limpiando la zona si es que está desordenada y sucia, considerando adicionalmente el tiempo de picking. El tiempo de picking es específicamente el tiempo que el pasillero demora en tomar y colocar cada caja de una línea en el pallet de la OT en preparación. Se puede notar que la desviación es mayor que el promedio, esto se debe principalmente a diferencias abruptas en relaciones de tiempo-caja existente en algunas mediciones, por ejemplo, una observación registra el dato de 10 cajas en 53 segundos, otra observación registra 8 cajas en 22 segundos, y una tercera observación registra 3 cajas en 22 segundos. Se podrá dar cuenta que el comportamiento es inexplicable matemáticamente y se debe a que en algunas observaciones el pasillero presentó más dificultades que en otras en la manipulación de las cajas debido principalmente a las diferencias de tamaños de las cajas de los distintos productos, llegando algunas incluso a ser el doble, triple y más grandes que otras.

También se puede decir que el tiempo de picking de una caja, en promedio es de 7,5 segundos, mientras que su tiempo T sería de 14,6 segundos.

Si se compara el valor de ambos tiempos, línea por línea, se obtiene que:

Tabla 2 Comparación de T con picking.

| Observación | Diferencia [<i>min</i>] | Eficiencia |
|-------------|---------------------------|------------|
| Total | 154 | 39 % |

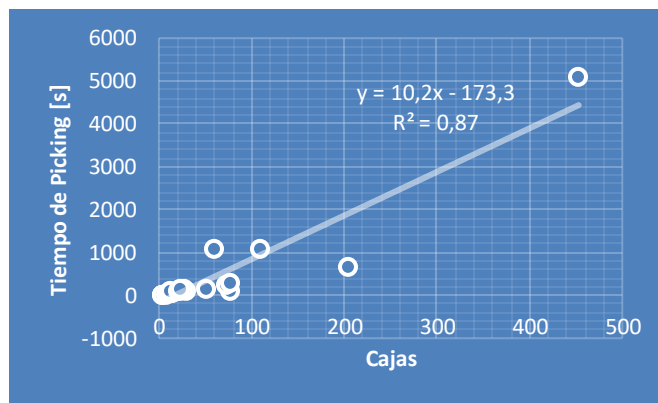
Fuente: elaboración propia

La tabla 2 indica que un pasillero, después de preparar 20 OT en un tiempo total de 366 minutos (6,2 horas), ha utilizado 154 minutos (2,6 horas) de este en buscar productos caminando más

de lo necesario, limpiando y ordenando la zona, esperando que la grúa baje el pallet del producto buscado. Entiéndase por eficiencia total al promedio de la razón entre el tiempo de picking y el tiempo T de cada línea, es decir, cuánto tiempo del total, en %, ha sido utilizado para la acción específica de tomar las cajas y dejarlas en el pallet correspondiente. Para este caso corresponde a un 39%, vale decir, se pierde 61% del tiempo en acciones como buscar la posición en la que se encuentra el producto que toca recoger, en caminar más de lo necesario por desconcentración del pasillero o en ordenar y limpiar el lugar donde se realizará el picking. La búsqueda se da principalmente por la forma en que se almacenan los productos, con un sistema caótico y aleatorio, teniendo por criterio que el acomodo e haga ubicando juntos la mayor cantidad posible de productos iguales, independientemente de si hay o no ubicaciones con el mismo producto actualmente en uso. Esto deriva en una suerte de rotación de posiciones a medida que se liberan y ocupan las ubicaciones de la bodega, generando el conflicto de búsqueda del producto.

También se puede verificar de los datos registrados que existe aproximadamente una relación lineal entre el tiempo de picking y la cantidad de cajas:

Gráfico 1 Relación entre cantidad de cajas y tiempo de picking



Fuente: elaboración propia

La ecuación 1 obtenida del gráfico 1 tiene un desfase de $\frac{173.3}{10.2} = 17$ cajas, y esto debido a que la dispersión de los datos es muy alta. De todas formas esta ecuación puede explicar la relación de forma lineal entre la cantidad de cajas preparadas y el tiempo que se demora en el picking, teniendo una correlación del 87%.

$$y = 10,2x - 173,3 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde "y" es el tiempo de picking en segundos y "x" la cantidad de cajas.

5.2.1.2 Bodega de productos peligrosos

En la bodega de productos peligrosos se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3 Resumen de los resultados de la bodega de misceláneos.

| Observación | T[<i>min</i>] | Picking[<i>min</i>] | Cajas |
|-------------|-----------------|-----------------------|-------|
| Total | 583 | 298 | 2.535 |
| Promedio | 23 | 12 | 101 |
| Desviación | 21 | 16 | 121 |

Fuente: elaboración propia

Estos valores corresponden a 25 observaciones diferentes. Adicionalmente se obtiene que el tiempo total empleado en la preparación de una caja es de 13,8 segundos, mientras que su puesta en pallet demora en promedio 7,1 segundos. Al igual que en la bodega de inflamables la desviación es cercana al promedio, y la explicación es la misma que en la bodega de misceláneos: las diferencias de tamaños en las cajas de diferentes productos.

Comparando el tiempo T con el tiempo efectivo de picking se puede obtener la siguiente tabla:

Tabla 4 Comparación de T con picking

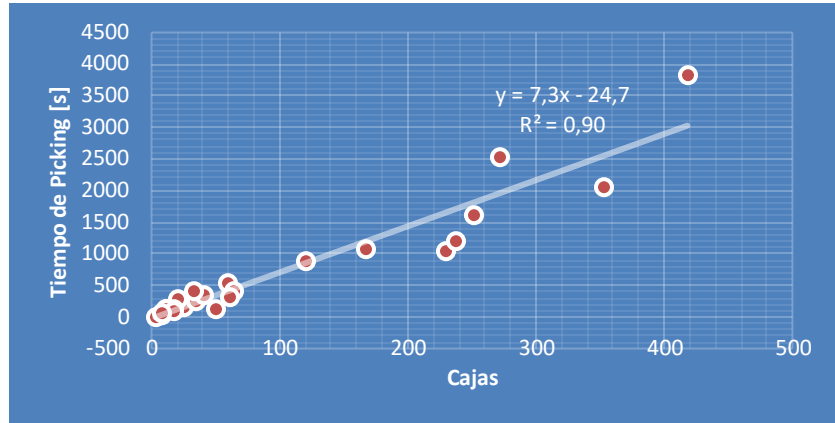
| Observación | Diferencia [<i>min</i>] | Eficiencia |
|-------------|---------------------------|------------|
| Total | 284 | 42% |

Fuente: elaboración propia

De las tablas 3 y 4 se traducen a que un pasillero tras 583 minutos (9,7 horas) dentro de la bodega, 284 (4,7 horas) las ha utilizado para operaciones diferentes al obteniendo eficiencia de 42% en promedio por línea.

Al igual que en la otra bodega, la relación que existe entre la cantidad de cajas y el tiempo empleado en su preparación es aproximadamente lineal:

Gráfico 2 Cantidad de cajas versus tiempo de picking



Fuente: elaboración propia

La ecuación 2 presente en el gráfico 2 muestra que hay un desfase de $\frac{24.7}{7.3} = 3.4$ cajas, y la cantidad de cajas puede explicar en un 90% al tiempo de picking.

$$y = 7.3x - 24.7 \text{ Ecuación 2}$$

En términos comparativos entre bodegas, primeramente se puede decir que el tamaño de las OT en la bodega de misceláneos es aproximadamente 1.57 veces más grande:

$$\frac{2.535}{1.289} \times \frac{20}{25} = 1.57 \text{ Ecuación 3}$$

Donde el primer factor corresponde a la proporción de cajas preparadas en la bodega de misceláneos respecto a la de inflamables, y el segundo factor muestra la proporción en cantidad de observaciones.

Sin ir más lejos, se puede ver que en ambos casos el tiempo T de una caja es cercano a los 14 segundos, y el tiempo de picking de una caja es cercano a los 7 segundos, y la eficiencia en las dos bodegas es cercana al 40%. Con esta información se puede decir que la preparación de los pedidos queda determinado por la cantidad de cajas y no por la bodega en la que se opera.

5.2.2 Traslado

El traslado de las OT hasta su zona de despacho correspondiente es realizado por todas la grúas disponibles. Se mide desde que la grúa selecciona una OT, la traslada y regresa la bodega. En la tabla 5.5 se presentan los resultados obtenidos para el traslado de 45 OT:

Tabla 5 Resumen de los resultados del traslado

| Observación | Traslado[<i>min</i>] |
|-------------|------------------------|
| Total | 182 |
| Promedio | 4 |
| Desviación | 1 |

Fuente: elaboración propia

Se puede ver que el traslado de 45 OT ha tomado 182 minutos, y en promedio se demora 4 minutos, teniendo una desviación estándar de 1 minuto. Esto complementado con la información de que las desviaciones estándar de cajas son de 121 para la bodega de misceláneos y 103 para de inflamables, se puede entender que el tiempo de traslado no depende de las cajas contenidas en la OT, sino más bien a los obstáculos que se presentan en el camino, como los son otras grúas, camiones, pasilleros, pallets, basura, entre otros.

5.2.3 Revisión

La revisión de las OT trasladadas la realizan dos despachadores, y consiste en verificar que la OT trasladada se encuentre tal como en la OC. A continuación en la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos para la revisión de 45 OT:

Tabla 6 Resumen de los resultados de la revisión

| Observación | Revisión[<i>min</i>] |
|-------------|------------------------|
| Total | 149 |
| Promedio | 3 |
| Desviación | 2 |

Fuente: elaboración propia

Se puede ver que el total de tiempo en revisión de las 45 OT es de 149 minutos (2,5 horas), lo que significa un promedio de 3 minutos por OT, con una desviación estándar de 2 minutos. Esta desviación se debe a que el tiempo que demora la revisión depende en parte de la cantidad de cajas y en parte de la cantidad productos diferentes en el pallet. También existen demoras cuando una OT no está completa.

Durante este proceso se genera un problema de grandes proporciones, y está relacionado con el tiempo que demora en completarse una ruta de entrega. Sucede que una ruta está compuesta por una o varias OC, que a su vez se compone por una o varias OT, por lo tanto una ruta no estará

disponible para ser cargada si no se ha revisado hasta la última OT de la ruta. Sería lógico pensar entonces, que la preparación de las OT tengan el mismo orden que en el que serán despachados. Sin embargo, hoy no existe un criterio definido para otorgar un orden de preparación (sólo se le da urgencia de despacho a los clientes más importantes). Por ejemplo, la primera OT de una ruta pudo haber sido preparada y trasladada a las 8:30, empero la ruta podría completarse a las 17:00. A continuación, en la tabla 7 se muestran los resultados de los parámetros de esta ventana:

Tabla 7 Resumen de los resultados de la ventana

| Observación | Ventana[h] | OC | OT |
|-------------|------------|-----|-------|
| Total | 120 | 325 | 1.195 |
| Promedio | 2,7 | 7 | 25 |
| Desviación | 1,2 | 4 | 10 |

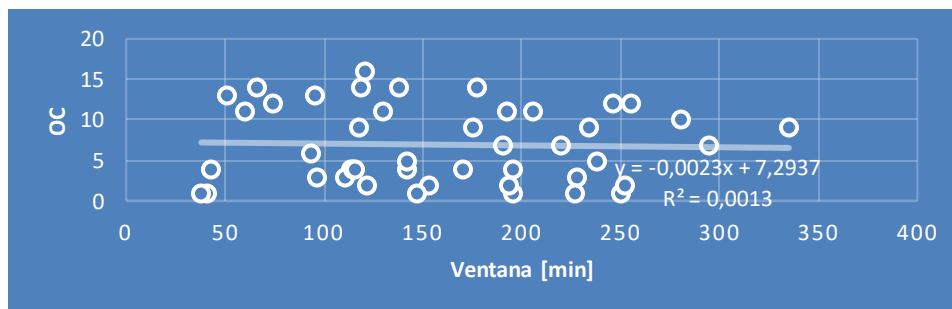
Fuente: elaboración propia

Se puede ver que de un total de 45 rutas seguidas la ventana se ha extendido en 120 horas, con un promedio de 2,7 horas por ruta preparada, y una desviación estándar de 1,2 horas.

El gráfico 3 muestra que la relación entre la duración de la ventana y la cantidad de OC no están relacionados linealmente, y eso tiene sentido dado que una ruta podría tener menos pedidos que otra, pero los pedidos pueden ser mucho más grandes.

En cuanto a la relación del tiempo de la ventana con la cantidad de OT, se puede decir que tiene un comportamiento similar, y que también tiene sentido, pues hay pedidos con muchas OT o pocas OT. Esto significa que los motivos de esta ventana son principalmente de planificación, lo cual ha sido validado con el subgerente de logística.

Gráfico 3 Relación del tiempo de la ventana con la cantidad de OC.



Fuente: elaboración propia

5.2.4 Carga

El proceso de carga se realiza cuando una ruta ha sido autorizada por un despachador, previa revisión. Pueden realizar esta operación las grúas de descarga y la grúa de la bodega de misceláneos. La grúa de la bodega de inflamables no se utiliza para este proceso debido a que es una máquina muy específica y costosa y se prefiere optimizar su vida útil.

A continuación se presentan los resultados del proceso de carga:

Tabla 8 Resumen de los resultados de carga

| Observación | Carga[min] |
|-------------|------------|
| Total | 80 |
| Promedio | 1,8 |
| Desviación | 0,6 |

Fuente: elaboración propia

Se puede apreciar que un total de 45 observaciones, el tiempo total ha sido de 80 minutos, con un promedio de 1,8 minutos por pallet con una desviación de 0,6 minutos. Las principales dificultades que se observaron de este proceso son el caos que se genera al cargar todas las rutas al mismo tiempo, la dificultad de acomodar los pallets en los vehículos más ajustados y en el obstaculizado espacio disponible para transitar.

5.2.5 Descarga

El proceso de descarga se realiza cuando el camión con mercadería ya ha sido revisado por el recepcionista y este ha autorizado la recepción de la mercadería. El tiempo es medido desde que la grúa toma un pallet, lo descarga y acomoda en la zona disponible para ello fuera de cada bodega, y regresa al camión. Para este proceso se dispone de dos grúas, denominadas grúas de descarga, y el resultado se muestra a continuación.

Tabla 9 Resumen de los resultados de descarga

| Observación | Descarga[min] |
|-------------|---------------|
| Total | 98 |
| Promedio | 2,2 |
| Desviación | 1,0 |

Fuente: elaboración propia

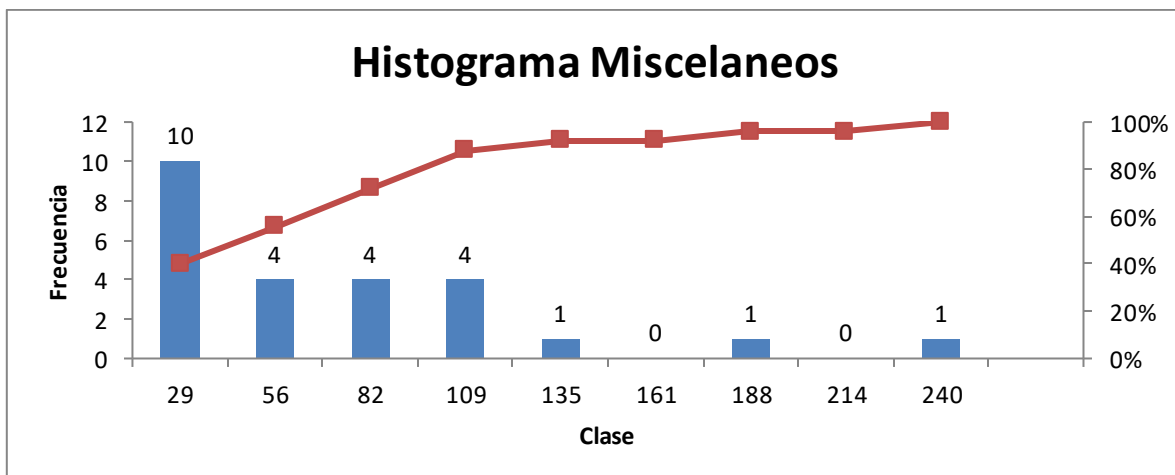
Se puede notar que en la descarga de 45 pallets el tiempo ha sido de 98 minutos, con un promedio de 2,2 minutos por cada pallet, y con una desviación de un minuto. Las dificultades presentes en este proceso son la forma en que llega la mercadería dentro del camión, a veces viene el mismo producto en posiciones diferentes del camión, lo que dificulta el acomodo ordenado, generando movimientos innecesarios.

5.2.6 Entrada y Salida

Para el correcto funcionamiento del modelo a simular es que se debe saber cuántas OC se procesan en un día y cuántas corresponden a cuál bodega, y cuántos productos son recibidos en cada bodega. Esto mediante la manipulación de bases de datos con registros confidenciales proporcionados por la empresa.

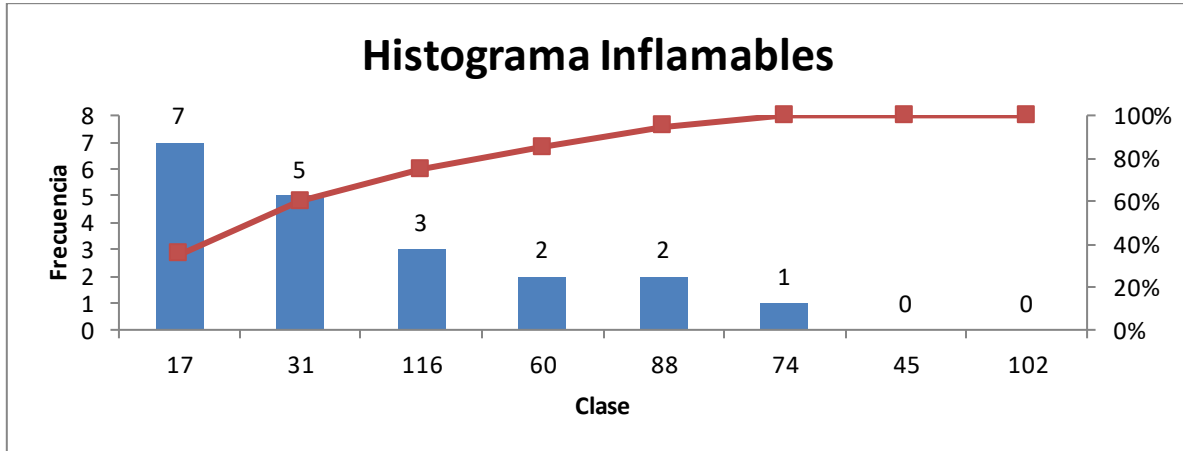
Ya se ha visto que la carga laboral no es proporcional en cada OC, por lo que se ha adoptado la intención de generar un estándar en la carga sosteniendo que una OT debe estar compuesta por 110 cajas. En las observaciones de picking se pudo constatar mediante un análisis con histograma, que la mayor cantidad de cajas se encontraba en el rango de 100-120 cajas, por lo que 110 cajas por OT satisfacen los requerimientos. En los gráficos 5.4 y 5.5 se puede observar que la mayor cantidad de cajas preparadas por los pasilleros es preparada en cantidades cercanas 109 para misceláneos, y de 116 para inflamables. En definitiva se apunta a generar las OT con una cantidad de cajas que hoy los pasilleros manejan y trabajan, y que reflejan además gran parte de su trabajo.

Gráfico 4 Histograma clases de caja en bodega de misceláneos



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5 Histograma de clases de caja en bodega de inflamables



Fuente: elaboración propia.

Analizando las bases de datos se logra definir que durante el 2016 se trabajó en 244 días, procesando 5.006.535 cajas en despacho, equivalente a 45.514 OT. Esto implica que son 187 OT diarias, y si el promedio de OC procesadas en un día es de 62, entonces una OC debe relacionarse con 3 OT en promedio. Adicionalmente se deduce que el 33% de las OC corresponden a productos inflamables y el 67% a peligrosos. También se pudo saber que 33.700 pallets completos de productos terminados fueron recibidos durante ese año. En promedio estos pallets traían 220 cajas. Diariamente llega mercadería por 4 razones: devoluciones, importaciones, traspasos entre bodegas, y desde la planta productora. La siguiente tabla resume esta información:

Tabla 10 Resumen de información del detalle de llegada de mercadería

| Llegadas | Devolución | Importación | Traspaso | Planta |
|-----------------|------------|-------------|----------|--------|
| Veces por día | 3 | 0,33 | 1 | 5 |
| Pallets por vez | 2 | 32 | 14 | 19 |

Fuente: elaboración propia

Naturalmente el valor 0,33 significa que las importaciones son recibidas cada 3 días, es decir, una vez a la semana aproximadamente. En promedio se reciben 115 pallets diarios.

5.3 DISEÑAR Y ANALIZAR EL MODELO

El modelo de simulación debe reflejar la operación con la mayor similitud posible con la información recolectada, de forma de poder entender cómo funcionan los procesos respecto de los recursos disponibles. Es por esto que se usa un programa de simulación como Arena, que permite

de manera simple relacionar las operaciones con los recursos. En el anexo A podrá encontrar el modelo en el cuál fue ingresada la información descrita durante el capítulo 5 del presente estudio.

El modelo fue corrido 244 veces, simulando el año 2016, y se obtuvo un promedio de 203 OT procesadas por corrida, y un promedio de 112 pallets recibidos al día. Ambos valores son acordes a la realidad expuesta en el apartado anterior y se muestran en la tabla 11. En promedio una OT está 10,6 horas en procesos hasta ser despachada, mientras que un pallet demora 1,82 horas en promedio en ser almacenado como muestra la tabla 12. La variabilidad en todo el análisis no ha sido expuesta (pero si considerada) debido a que los valores de todos los casos mínimos.

Tabla 11 Cantidad de OT y pallets promedio por día.

| Number In | Average |
|-----------|---------|
| OT | 202.64 |
| PALLET | 111.65 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12 Tiempo promedio de procesamiento de las OT y de los pallets.

| Total Time | Average |
|------------|---------|
| OT | 10.6244 |
| PALLET | 1.8292 |

Fuente: elaboración propia.

Con la información obtenida de la tabla 11 se puede realizar una proyección de ocupación de las bodegas, con la intención de saber la capacidad que se requerirá en los próximos años. Se sabe que se reciben 112 pallets diarios, y que se despachan 203 OT al día. Además, una posición dentro de las bodegas almacena un pallet con 220 cajas y una OT de 110 cajas equivale a 0,5 pallets. Entonces el despacho de 203 OT equivale a la liberación de 33 posiciones diarias en la bodega de inflamables y 68 en la de misceláneos, mientras que se reciben 37 y 75 respectivamente. En las tablas 13 y 14 se puede ver la proyección a 5 años de la ocupación con un crecimiento de un 7% por año, definido por el área de planificación de la demanda en conjunto a la gerencia de ventas.

La capacidad de almacenamiento de la bodega de misceláneos es de 2.283 posiciones, lo que significa que si el inventario inicial es 0, durante los primeros meses del segundo año ya tendrían

problemas de almacenamiento. Esto se condice con la utilización de bodegas externas, y se explica con la utilización actual de la bodega que no baja del 80%.

Tabla 13 Proyección de la ocupación de la bodega de misceláneos.

| AÑO | OT | Posiciones liberadas | Pallets recibidos | Almacenado | Acumulado |
|-----|--------|----------------------|-------------------|------------|-----------|
| 1 | 49.532 | 16.593 | 18.310 | 1.717 | 1.717 |
| 2 | 52.999 | 17.754 | 19.591 | 1.837 | 3.554 |
| 3 | 60.948 | 18.996 | 20.962 | 1.966 | 5.520 |
| 4 | 70.090 | 20.325 | 22.429 | 2.104 | 7.624 |
| 5 | 80.603 | 21.747 | 23.999 | 2.252 | 9.876 |

Fuente: elaboración propia.

La capacidad de almacenamiento de la bodega de inflamables es de 1.748 posiciones, por lo tanto durante el primer y segundo año, en teoría no debiese haber problemas, sin embargo en la práctica ya se están usando bodegas externas para los productos acumulados. Estos se debe a que la proyección considera en como inventario inicial 0, lo que en la realidad es completamente diferente, pues su ocupación oscila entre el 70% y el 100%.

Tabla 14 Proyección de la ocupación de la bodega de inflamables.

| AÑO | OT | Posiciones liberadas | Pallets recibidos | Almacenado | Acumulado |
|-----|--------|----------------------|-------------------|------------|-----------|
| 1 | 49.532 | 8.173 | 9.018 | 845 | 845 |
| 2 | 52.999 | 8.744 | 9.649 | 905 | 1.750 |
| 3 | 60.948 | 9.356 | 10.324 | 968 | 2.718 |
| 4 | 70.090 | 10.010 | 11.046 | 1.036 | 3.754 |
| 5 | 80.603 | 10.710 | 11.819 | 1.109 | 4.863 |

Fuente: elaboración propia.

Sin duda esto es un problema que la empresa debiese abordar, pues el uso de bodegas externas es una de las fugas de capital más importantes.

El tiempo que cada proceso se demora por entidad se puede apreciar en la tabla 15:

Tabla 15 Tiempo total promedio de procesamiento de la entidad.

| Total Time Per Entity | Average |
|-----------------------|------------|
| CARGA RUTA1 | 0.1408 |
| CARGA RUTA2 | 0.4521 |
| CARGA RUTA3 | 0.2831 |
| CARGA RUTA4 | 0.4491 |
| CARGA RUTA5 | 0.4038 |
| CARGA RUTA6 | 0.02547095 |
| DESCARGA | 1.6515 |
| INFLAMABLE | 0.1090 |
| MISCELANEO | 0.2096 |
| PICKING | 6.8382 |
| REVISION RUTA1 | 0.4802 |
| REVISION RUTA2 | 0.2390 |
| REVISION RUTA3 | 0.1509 |
| REVISION RUTA4 | 0.2184 |
| REVISION RUTA5 | 0.4417 |
| REVISION RUTA6 | 0.01596873 |
| TRASLADAR | 0.5743 |
| VENTANA1 | 0.3335 |
| VENTANA2 | 1.0011 |
| VENTANA3 | 1.0019 |
| VENTANA4 | 0.9195 |
| VENTANA5 | 0.7089 |
| VENTANA6 | 0.02848473 |

Fuente: elaboración propia.

Se puede apreciar que los procesos más demorosos son en primer lugar el picking con 6,82 horas en procesar una OT, esto se explica principalmente por el tiempo que debe esperar una OT para empezar a ser preparada, como muestra la tabla 16. En segundo lugar la descarga con 1,65 horas, tiempo que se explica por la acumulación de trabajo en la cola del proceso, vale decir que si un pallet se demoró 2 minutos en ser descargado debió esperar en promedio 1,61 horas su turno como muestra la tabla 16. En tercer lugar ventanas con valores cercanos a 1 hora por OT, y que son el reflejo de la espera que tiene una ruta para ser cargada debido a la no planificación del despacho.

Tabla 16 Tiempo de espera promedio por entidad.

| Wait Time Per Entity | Average |
|----------------------|------------|
| CARGA RUTA1 | 0.05684366 |
| CARGA RUTA2 | 0.2858 |
| CARGA RUTA3 | 0.1168 |
| CARGA RUTA4 | 0.2195 |
| CARGA RUTA5 | 0.1699 |
| CARGA RUTA6 | 0.01336120 |
| DESCARGA | 1.6180 |
| INFLAMABLE | 0.05922734 |
| MISCELANEO | 0.1594 |
| PICKING | 6.3373 |
| REVISION RUTA1 | 0.4291 |
| REVISION RUTA2 | 0.1878 |
| REVISION RUTA3 | 0.0997 |
| REVISION RUTA4 | 0.1720 |
| REVISION RUTA5 | 0.4054 |
| REVISION RUTA6 | 0.01452773 |
| TRASLADAR | 0.5076 |

Fuente: elaboración propia

En la siguiente tabla se puede apreciar la utilización programada de cada recurso que se tiene en el modelo:

Tabla 17 Utilización programada de los recursos.

| Scheduled Utilization | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|-----------------------|---------|------------|-----------------|-----------------|
| DESPACHADOR | 0.4633 | 0,00 | 0.3581 | 0.5573 |
| DESPACHADOR2 | 0.4633 | 0,00 | 0.3466 | 0.5596 |
| GRUA INFLAMABLE | 0.7249 | 0,01 | 0.5836 | 0.8322 |
| GRUA MISCELANEO | 0.7536 | 0,01 | 0.6326 | 0.8535 |
| GRUA1 | 0.4711 | 0,01 | 0.2619 | 0.6383 |
| GRUA2 | 0.5850 | 0,01 | 0.3867 | 0.7948 |
| PASILLERO10 | 0.9474 | 0,01 | 0.7298 | 1.1625 |
| PASILLERO2 | 0.9634 | 0,01 | 0.7908 | 1.1040 |
| PASILLERO3 | 0.9622 | 0,01 | 0.7959 | 1.1186 |
| PASILLERO4 | 0.9655 | 0,01 | 0.8079 | 1.1548 |
| PASILLERO5 | 0.9647 | 0,01 | 0.8090 | 1.1114 |
| PASILLERO6 | 0.9498 | 0,01 | 0.7212 | 1.1422 |
| PASILLERO7 | 0.9448 | 0,01 | 0.6960 | 1.0944 |
| PASILLERO8 | 0.9470 | 0,01 | 0.7390 | 1.1529 |
| PASILLERO9 | 0.9491 | 0,01 | 0.7301 | 1.1465 |

Fuente: elaboración propia.

Se puede ver que los pasilleros son un recurso crítico en este modelo, ya que su promedio de utilización programada es del 95% en promedio, y todos los pasilleros han tenido que trabajar hasta un 16% más de lo estimado. Esto ocurre en la realidad, pues hay días que la carga de trabajo obliga a cerrar las operaciones del CD incluso después de las 12 de la noche, e implican un gran costo en horas extras.

Sin embargo, en la tabla 18 se puede apreciar que la eficiencia de los pasilleros oscila entre el 62% y el 78%. El tiempo que se pierde por buscar, caminar, ordenar y limpiar está considerado dentro de ese valor, por lo que la eficiencia de los pasilleros puede mejorar sin modificar el procedimiento de picking, es decir, gestionando la planificación del trabajo.

Tabla 18 Utilización instantánea de los recursos.

| Instantaneous Utilization | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---------------------------|---------|------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|
| DESPACHADOR | 0.3174 | < 0,00 | 0.2477 | 0.3774 | 0.00 | 1.0000 |
| DESPACHADOR2 | 0.3174 | < 0,00 | 0.2463 | 0.3854 | 0.00 | 1.0000 |
| GRUA INFLAMABLE | 0.6277 | < 0,01 | 0.4958 | 0.7243 | 0.00 | 1.0000 |
| GRUA MISCELANEO | 0.6518 | < 0,00 | 0.5311 | 0.7368 | 0.00 | 1.0000 |
| GRUA1 | 0.4086 | < 0,01 | 0.2218 | 0.5639 | 0.00 | 1.0000 |
| GRUA2 | 0.4020 | < 0,01 | 0.2521 | 0.5587 | 0.00 | 1.0000 |
| PASILLERO10 | 0.6228 | < 0,00 | 0.4993 | 0.6895 | 0.00 | 1.0000 |
| PASILLERO2 | 0.7808 | < 0,01 | 0.6532 | 0.8642 | 0.00 | 1.0000 |
| PASILLERO3 | 0.7806 | < 0,01 | 0.6761 | 0.8584 | 0.00 | 1.0000 |
| PASILLERO4 | 0.7815 | < 0,01 | 0.6634 | 0.8662 | 0.00 | 1.0000 |
| PASILLERO5 | 0.7815 | < 0,01 | 0.6545 | 0.8694 | 0.00 | 1.0000 |
| PASILLERO6 | 0.6225 | < 0,00 | 0.4849 | 0.7028 | 0.00 | 1.0000 |
| PASILLERO7 | 0.6218 | < 0,00 | 0.4855 | 0.7130 | 0.00 | 1.0000 |
| PASILLERO8 | 0.6221 | < 0,00 | 0.5041 | 0.7055 | 0.00 | 1.0000 |
| PASILLERO9 | 0.6222 | < 0,00 | 0.5018 | 0.7047 | 0.00 | 1.0000 |

Fuente: elaboración propia.

De todas formas, si se decide almacenar con alguna metodología que permita saber al menos las posiciones de los productos durante el día, entonces el tiempo de búsqueda y caminatas innecesarias se reducirían considerablemente, haciendo que la utilización instantánea del pasillero se reduzca, o mejor dicho haciéndolo más eficiente.

5.4 PROPUESTA

Debido a que los cuellos de botellas se generan en el picking y en el despacho, se ha decidido diseñar un modelo que compruebe y a su vez sirva de propuesta. La estrategia que permite a priori generar mejoras con la inversión de sólo dos tablets, es la de consolidación. En este caso se propone que se reciban las órdenes de trabajo a las 8:15 y 14:15, correspondiente a la carga programada por el planificador logístico. Se llamará a estas como horas corte. Entonces, después de cada hora corte el jefe de despacho deberá entregar el plan de trabajo en una planilla a cada grúa. Esta planilla

contendrá los productos y cantidades que deben trasladar desde los racks hasta la zona de consolidación. En la zona de consolidación, a las 10 AM todos los pasilleros disponibles deberán realizar el picking, dejando cada OT terminada en una zona de OT terminada, las que serán trasladadas a la zona de despacho para su revisión y posterior carga.

Para que la planificación de la consolidación sea eficiente y tenga sentido, se requiere abrir un proceso que permita conocer la ubicación de cada producto justo antes de comenzar la consolidación. Este proceso se llamará reconocimiento de productos, y demora en promedio 30 minutos por bodega. Lo realizará un pasillero, y anotará en un tablet la información de forma ordenada y precisa y la enviará al planificador. El reconocimiento debe hacerse en cada bodega de manera independiente y en paralelo, por lo que se requiere de dos pasilleros.

Esta mejora permite eliminar el tiempo de búsqueda que hace cada pasillero, y también el asociado a caminar demás, a ordenar y limpiar la zona, a esperar que la grúa bajé un pallet, etc. Se debe notar el tiempo promedio de preparación de una OT es de 12 minutos, y la eficiencia promedio del picking es de 40%, lo implica que una OT está en 30 minutos recién lista para el traslado. Se estima junto a la gerencia que el tiempo desperdiciado en picking se explica en al menos un 80% por la búsqueda de los productos y asociados, equivalente a 14,4 minutos. Por lo tanto, la eficiencia del picking subiría un 44% permitiendo que una OT esté lista para su traslado en 15,6 minutos promedio.

El planificador debe asignar horarios de despacho para cada día, y hacer las gestiones necesarias para que el transporte cumpla el horario. Esto facilitaría la programación completa de la operación, dejando en claro las prioridades al momento de realizar cualquier proceso y logrando un despacho de manera temprana, evitando la ventana que hoy existe para realizar la carga, y disolviendo el problema de acumulación de trabajo al final del día.

La planificación eliminaría la ventana que se genera hoy después de tener una ruta lista para la carga equivalente a 1 hora en promedio. De esta forma la estrategia de consolidación y dos tablets permitiría optimizar dos procesos sólo con planificar el trabajo.

Esta propuesta no plantea cambios en la recepción de productos, pero cabe mencionar que sería muy conveniente generar un plan de recepción, pues permitiría en un tiempo ordenar la bodega de forma de eliminar el proceso de reconocimiento de productos.

A continuación se muestra el modelo BPMN de la propuesta. En el anexo b podrá revisar el modelo simulado en Arena:

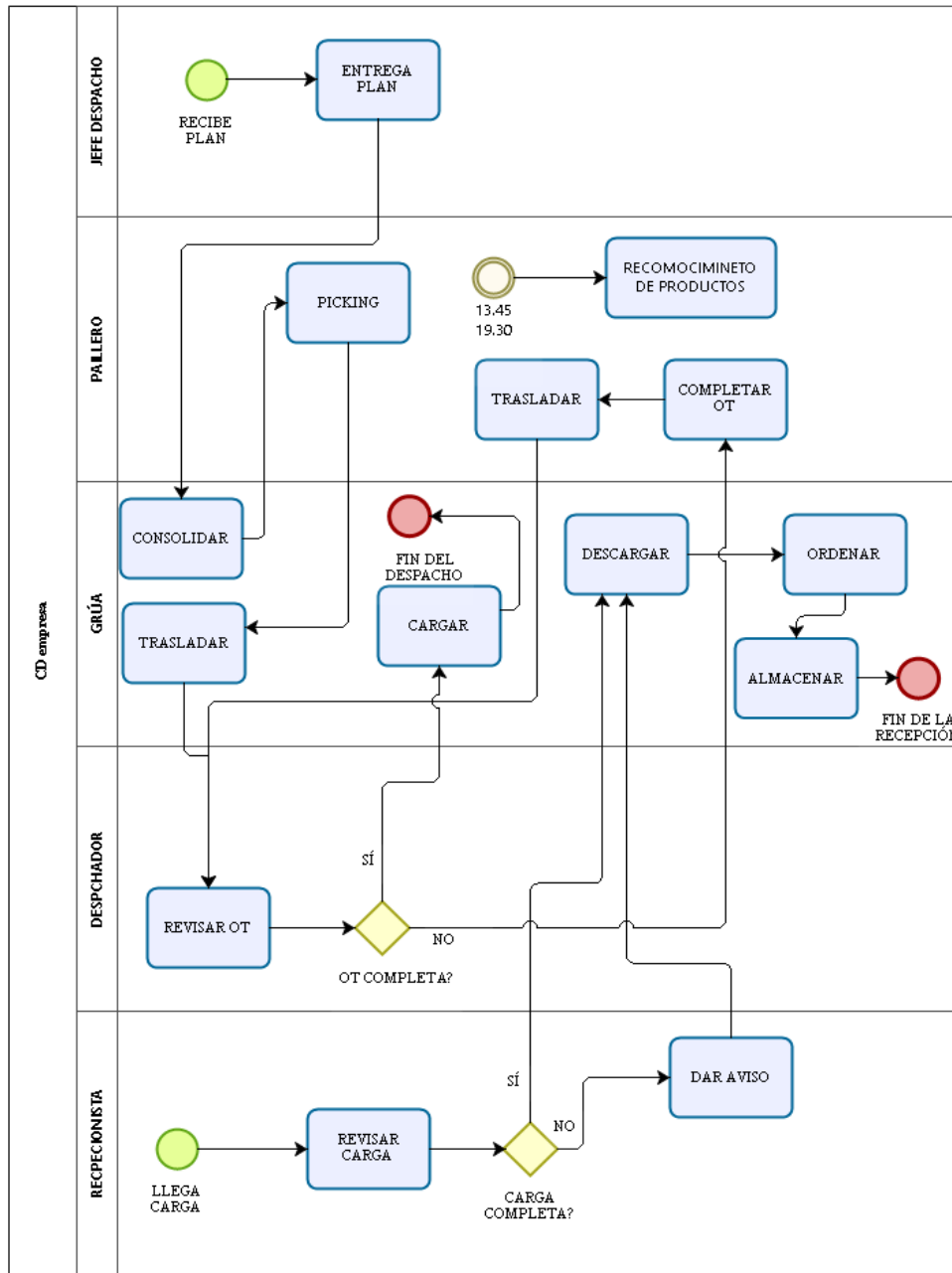


Figura 8 BPMN del modelo propuesto.

Fuente: elaboración propia.

Para esta propuesta se ha corrido 244 veces el modelo, de forma de obtener resultados comparables con el modelo base. Además el modelo presenta las siguientes consideraciones:

- El horario de 10 AM es modificado por 9 AM, manteniendo el horario de recreo y almuerzo, entrando y saliendo una hora antes. Esto permitirá dar una ventana de tiempo a la grúas para realizar la consolidación de la mañana de forma libre.
- La cantidad de pasilleros baja de 9 a 7. Debido a la mejora, la cantidad de pasilleros para este modelo se estima de 7.
- El trabajo se reparte en dos tandas, a las 8:15 y a las 12:45. En el primer horario se pretende optimizar la consolidación, dejando libre a las grúas para realizar la consolidación sin tener obstáculos de pasilleros, permitiendo a la vez que se pueda recibir mercadería sin inconvenientes. En la segunda tanda se considera que la consolidación y el picking se realizan en paralelo.

En las siguientes tablas se puede ver los resultados del modelo propuesto diseñado en arena, junto a sus análisis correspondientes.

Tabla 19 Cantidad de OT y pallets por día

| Number Out | Average |
|------------|---------|
| OT | 184.68 |
| PALLET | 109.00 |

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de 185 OT está dentro de lo real, acercándose al 187 registrado durante el 2016, y el valor de 109 pallets es similar al del modelo original (tabla 11).

Tabla 20 Tiempo total promedio de las OT y pallets por día

| Total Time | Average |
|------------|---------|
| OT | 6.0689 |
| PALLET | 1.8309 |

Fuente: elaboración propia.

Comparando con la tabla 12, se puede ver que el tiempo total promedio que una OT demora en estar lista para el despacho baja de 10,6 horas a 6,1 horas, es decir, 4,5 horas. Esto significa que

una ruta efectivamente podría despacharse en 4,5 horas menos, estimando que la capacidad de operación del C.D. aumentaría en un 42,5%, pudiendo procesar entonces 290 OT al día con los mismos recursos que el modelo original.

El tiempo que se realiza cada proceso se muestra a continuación:

Tabla 21 Tiempo total promedio por proceso

| Total Time Per Entity | Average |
|-----------------------|---------|
| CARGAR | 1.3443 |
| CONSOLIDAR | 1.1400 |
| DESCARGA | 0.2678 |
| INFLAMABLE | 0.9500 |
| MISCELANEO | 1.8685 |
| PICKING | 1.9602 |
| REVISAR | 0.1967 |
| TRASLADAR | 1.4278 |

Fuente: elaboración propia.

Dado que la preparación es enfocada en despachar una ruta primero, el proceso de carga ya no se divide en 6 rutas, si no que se convierte un solo proceso de cargar. Se puede notar un incremento del tiempo en el guardado de la mercadería en la bodega de misceláneos. A su vez el picking disminuye al 28,8%.

Los procesos de guardar en misceláneos y trasladar ven incrementada su cuota de tiempo total promedio en procesar un OT debido al incremento de su cola de espera como se puede notar en la tabla 22:

Tabla 22 Tiempo total promedio de espera por entidad.

| Wait Time Per Entity | Average |
|----------------------|---------|
| CARGAR | 1.3109 |
| CONSOLIDAR | 1.0901 |
| DESCARGA | 0.2343 |
| INFLAMABLE | 0.8999 |
| MISCELANEO | 1.8184 |
| PICKING | 1.6936 |
| REVISAR | 0.1455 |
| TRASLADAR | 1.3611 |

Fuente: elaboración propia.

El tiempo en cola del proceso de almacenar en misceláneo se dispara debido a que la grúa de dicha bodega tiene funciones de carga, descarga, almacenar y trasladar.

Tabla 23 Utilización programada de los recursos

| Scheduled Utilization | Average |
|-----------------------|---------|
| DESPACHADOR | 0.5062 |
| DESPACHADOR2 | 0.5040 |
| GRUA INFLAMABLE | 0.5193 |
| GRUA MISCELANEO | 1.0005 |
| GRUA1 | 0.9873 |
| GRUA2 | 0.9869 |
| PASILLERO1 | 0.7651 |
| PASILLERO2 | 0.7658 |
| PASILLERO3 | 0.7646 |
| PASILLERO4 | 0.7649 |
| PASILLERO5 | 0.7660 |
| PASILLERO6 | 0.7662 |
| PASILLERO7 | 0.7645 |

Fuente: elaboración propia.

Se puede ver que los recursos de grúa son los más propensos a extender su horario de trabajo, convirtiéndose en el nuevo recurso crítico y volcando el foco a optimizar los procesos relacionados con las grúas. Además la cantidad de pasilleros se ha reducido a 7, aumentando su utilización programada.

Tabla 24 Utilización instantánea de los recursos

| Instantaneous Utilization | Average |
|---------------------------|---------|
| DESPACHADOR | 0.3922 |
| DESPACHADOR2 | 0.3905 |
| GRUA INFLAMABLE | 0.4564 |
| GRUA MISCELANEO | 0.8743 |
| GRUA1 | 0.8628 |
| GRUA2 | 0.8624 |
| PASILLERO1 | 0.5829 |
| PASILLERO2 | 0.5828 |
| PASILLERO3 | 0.5820 |
| PASILLERO4 | 0.5830 |
| PASILLERO5 | 0.5822 |
| PASILLERO6 | 0.5831 |
| PASILLERO7 | 0.5823 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 24 se puede ver la utilización instantánea de los recursos, donde se puede constatar que la utilización de los pasilleros disminuye y que la utilización de las grúas aumenta, dejando en claro que de adoptar la propuesta, el nuevo foco debiese ser el recurso de grúas.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo el análisis expuesto en el apartado 5, se puede decir los procesos en los que se generan los cuellos de botellas son principalmente dos: el picking y la descarga. El picking presenta un tiempo promedio de 6,83 horas por OT y la descarga 1,65, pero en ambos casos es la espera lo que explica su alto tiempo. En conclusión el problema puede resolverse generando una planificación del trabajo de forma que todas las OT que se están preparando correspondan a la ruta más próxima al despacho. Esto no requiere de más recursos, sólo necesita planificación, de forma que los procesos se seguirán realizando con la misma velocidad actual, pero el tiempo de espera se reduciría. No obstante, eso no es suficiente como para eliminar las horas extras por lo que se puede decir que es necesario intervenir en los procesos.

Otra observación se puede hacer en vista de la propuesta: se vislumbra una notoria mejoría en término de utilización de los recursos como disminuir de 9 a 7 pasilleros, o aumentar significativamente la utilización de las grúas. Por lo demás la planificación eliminaría pérdidas de tiempo generadas por el desorden y caos que existe hoy, mejorando el tiempo promedio en el que una OT estaría despachada en 4,5 horas, afirmando con ello que las rutas a despachar pueden más rápidamente. Para poder aplicar esta propuesta se hace necesario adquirir dos tablets para quienes hagan el reconocimiento de productos en las bodegas, y desarrollar una forma de planificación que permita sostener un criterio en pos del pronto despacho. Adicionalmente se puede decir de la propuesta que una vez implementada, lo más probable es que el nuevo cuello de botella esté generado por los procesos relacionados con las grúas, recomendando entonces hacer un estudio al respecto.

En términos de costo-beneficio se puede decir existen los costos monetarios correspondientes a dos tablets, aproximadamente \$70.000 pesos chilenos. También se debe considerar que la implementación de un nuevo procedimiento puede traer complicaciones que terminen en costos económicos. En términos de beneficios, en los recursos, se estima que dos pasilleros serían prescindibles, equivalente a dos sueldos de \$310.000, es decir \$620.000 pesos chilenos al mes. Adicionalmente se debe incluir en los beneficios lo correspondiente a la nueva capacidad de operación, correspondiente a un 42,5% más, equivalente a procesar 290 OT, lo que implicaría a su vez una ayuda al problema de ocupación de las bodegas, pues en el día se liberarían 145 posiciones, 43 más que en el modelo original.

También se recomienda generar un plan de recepción de la mercadería acorde al plan de producción y a al plan de ventas, de forma de poder mantener una organización ordenada dentro de los almacenes. Esto ayudaría a mejorar la eficiencia del proceso de picking eliminando las pérdidas de tiempo asociadas, llegando a eliminar el proceso de reconocimiento propuesto.

En el marco de ocupación de bodegas, se recomienda analizar la construcción de nuevas bodegas, acorde a la proyección de almacenamiento, reduciendo el costo de bodegas externas y optimizando los recursos económicos.

Para quién realice un estudio similar, se le recomienda reconocer en terreno la operación, pues entrega información que permite interpretar algunos resultados del análisis. Además se recomienda investigar si existen bases de datos con información relevante acorde a la investigación.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación

Carranza, O. (2004). *Logística: mejores prácticas en Latinoamérica*. México: Editorial Thomson.

Frazelle, E. (2007). *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*. Bogotá: Editorial Norma.

Council of supply chain management professionals. (2013). *Supply chain management Terms and Glossary*.

Milla, G. & Silva, M. (2013). *Plan de mejora del almacén y planificación de las rutas de transporte de una distribuidora de productos de consumo masivo*. Pontífice Universidad Católica del Perú.

Cortés, J. (2010). *Plan de mejora del almacén de repuestos de fábrica de yeso*. Universidad Carlos III de Madrid.

Guaita, W. (2008). *Desarrollo de un modelo de simulación para ensayar políticas operacionales en cadenas de suministros de PYMES transformadoras*. Universidad Politécnica de Madrid.

Peña, E. & Forero, E. (2012). *Modelo de simulación del procesos de almacenamiento y distribución en la bodega de la distribuidora de papel de la empresa Muebles & Accesorios S.A., para el mejoramiento de su sistema de inventarios*. Universidad Libre de Colombia.

Paéz, T. (2013). *Propuesta de un plan de mejora para el almacén de materia de la empresa Stanhome Panamericana con la finalidad de aumentar la confiabilidad de la información de inventario*. Universidad José Antonio Páez

UPEL. (2002). *Manual de trabajos de especialización y maestría y tesis doctorales*. Venezuela: Editorial FEDUPEL.

López, F. (2011). *Optimización del sistema de almacenamiento y despacho de la bodega de producto terminado en la empresa papelera internacional S.A*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Horvat, M. (2012). *An approach to order picking optimization in warehouses*. University of Ljubljana.

Winston, W. (2005). *Investigación de operaciones y algoritmos*. México. Editorial Thompson.

Bisquerra, R. (1989). *Métodos de investigación educativa: Guía práctica*. Barcelona. CEAC

Arrendar Bodega. (2015). Recuperado de: <http://www.arrendarbodega.com/wp-content/uploads/2015/06/rack-2.png>

Benza. (2011). Recuperado de: <http://transpaletalogistica.es/images/transpaletas/almacen/transpaleta-almacen-logistica-benza.jpg>

DMW&H. (2013). Recuperado de: <http://www.dmwandh.com/wp-content/uploads/2013/02/powered-roller1.jpg>

CAPÍTULO 8. ANEXOS

ANEXO A

El modelo se mostrará en tres figuras, sin embargo se debe saber que es un conjunto interrelacionado.

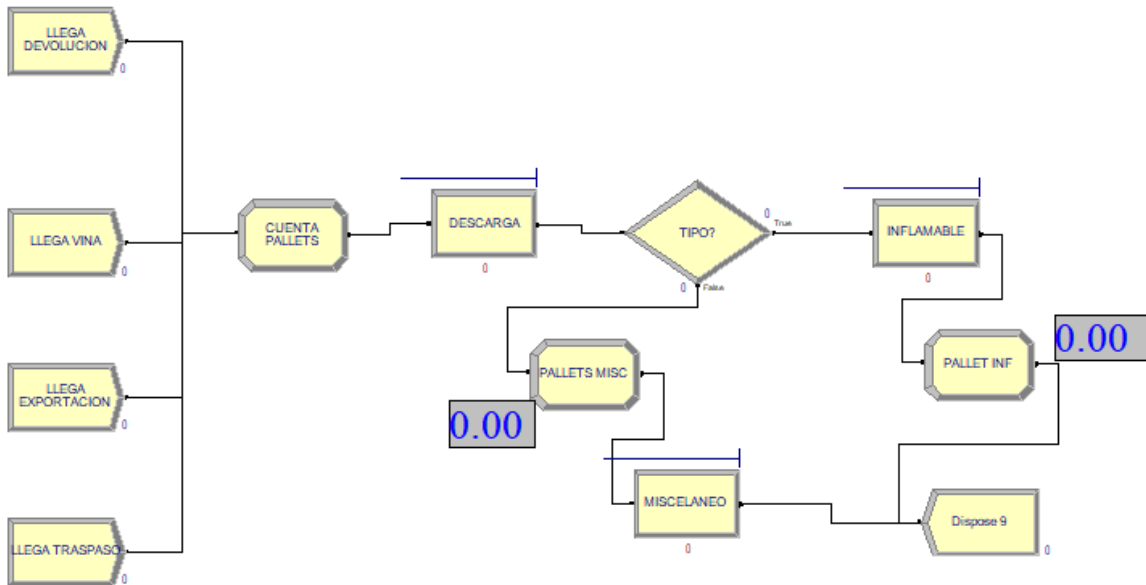


Figura 9 Recepción de mercadería

Fuente: elaboración propia

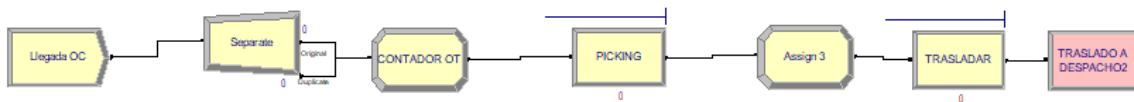


Figura 10 Picking y traslado de OT

Fuente: elaboración propia

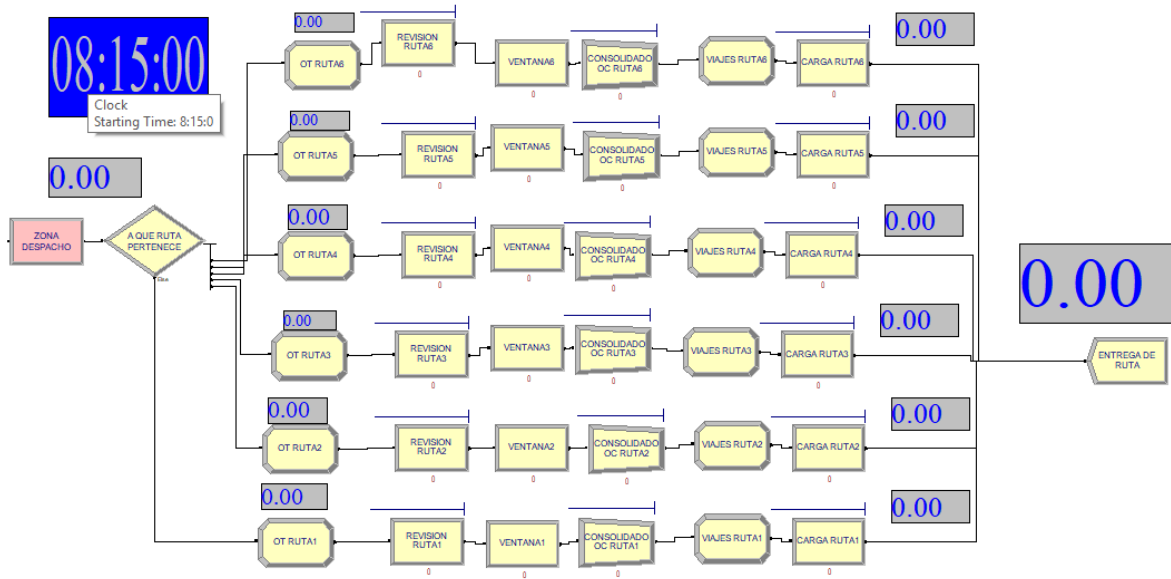


Figura 11 Revisión, ventana y carga

Fuente: elaboración propia

El detalle de los procesos se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 25 Detalle de procesos del modelo

| Process - Basic Process | | | | | | |
|-------------------------|----------------|---------|---------|-------|---------|---------|
| | Name | Units | Minimum | Value | Maximum | Std Dev |
| 1 | PICKING | Minutes | 10 | 30 | 40 | 10 |
| 2 | TRASLADAR | Minutes | 1 | 4 | 4 | 1 |
| 3 | REVISION RUTA1 | Minutes | 1 | 3 | 3 | 2 |
| 4 | CARGA RUTA1 | Minutes | 2 | 5 | 5 | 2 |
| 5 | REVISION RUTA2 | Minutes | 1 | 3 | 3 | 2 |
| 6 | CARGA RUTA2 | Minutes | 5 | 10 | 10 | 3 |
| 7 | REVISION RUTA3 | Minutes | 1 | 3 | 3 | 2 |
| 8 | CARGA RUTA3 | Minutes | 5 | 10 | 15 | 1 |
| 9 | REVISION RUTA4 | Minutes | 1 | 3 | 3 | 2 |
| 10 | CARGA RUTA4 | Minutes | 10 | 15 | 20 | 3 |
| 11 | REVISION RUTA5 | Minutes | 1 | 3 | 3 | 2 |
| 12 | CARGA RUTA5 | Minutes | 15 | 20 | 25 | 5 |
| 13 | REVISION RUTA6 | Minutes | 1 | 3 | 3 | 2 |
| 14 | CARGA RUTA6 | Minutes | 20 | 25 | 30 | 5 |
| 15 | DESCARGA | Minutes | 1 | 2 | 3 | 1 |
| 16 | INFLAMABLE | Minutes | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 17 | MISCELANEO | Minutes | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 18 | VENTANA1 | Minutes | 15 | 20 | 25 | 2 |
| 19 | VENTANA2 | Hours | .5 | 1 | 1.5 | 2 |
| 20 | VENTANA3 | Hours | .5 | 1 | 1.5 | 2 |
| 21 | VENTANA4 | Hours | .5 | 1 | 1.5 | 2 |
| 22 | VENTANA5 | Hours | .5 | 1 | 1.5 | 2 |
| 23 | VENTANA6 | Hours | .5 | 1 | 1.5 | 2 |

Fuente: elaboración propia

Los recursos utilizados en este modelo se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 26 Resumen de recursos

| Set - Basic Process | | | |
|---------------------|-----------------|----------|---------|
| | Name | Type | Members |
| 1 | PASILLEROS | Resource | 9 rows |
| 2 | GRUAS BODEGA | Resource | 2 rows |
| 3 | DESPACHADORES | Resource | 2 rows |
| 4 | GRUAS CARGA | Resource | 3 rows |
| 5 | GRUAS RECPECION | Resource | 2 rows |

Fuente: elaboración propia.

El horario asignado a cada recurso se muestra a continuación.

Tabla 27 Horario de recursos

| Resource - Basic Process | | |
|--------------------------|-----------------|------------------|
| | Name | Schedule Name |
| 1 ▶ | DESPACHADOR | PASILLEROS 10 AM |
| 2 | PASILLERO2 | PASILLEROS 8 AM |
| 3 | PASILLERO3 | PASILLEROS 8 AM |
| 4 | PASILLERO4 | PASILLEROS 8 AM |
| 5 | PASILLERO5 | PASILLEROS 8 AM |
| 6 | PASILLERO6 | PASILLEROS 10 AM |
| 7 | PASILLERO7 | PASILLEROS 10 AM |
| 8 | PASILLERO8 | PASILLEROS 10 AM |
| 9 | PASILLERO9 | PASILLEROS 10 AM |
| 10 | PASILLERO10 | PASILLEROS 10 AM |
| 11 | DESPACHADOR2 | PASILLEROS 10 AM |
| 12 | GRUA MISCELANEO | PASILLEROS 8 AM |
| 13 | GRUA INFLAMABLE | PASILLEROS 8 AM |
| 14 | GRUA1 | PASILLEROS 8 AM |
| 15 | GRUA2 | PASILLEROS 10 AM |

Fuente: elaboración propia.

ANEXO B

La figura 12 muestra el modelo propuesto diseñado en arena.

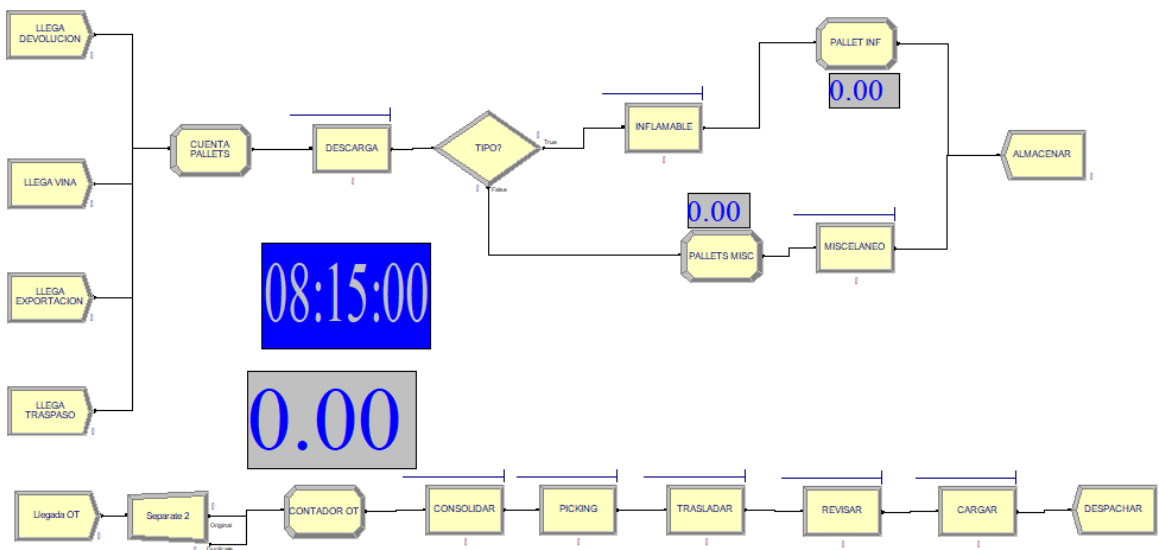


Figura 12 Modelo propuesto diseñado en arena.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28 Detalle de procesos modelo propuesto

| Process - Basic Process | | | | |
|-------------------------|------------|---------|-------|---------|
| | Name | Units | Value | Std Dev |
| 1 | DESCARGA | Minutes | 2 | 1 |
| 2 | INFLAMABLE | Minutes | 3 | 1 |
| 3 | MISCELANEO | Minutes | 3 | 1 |
| 4 | CONSOLIDAR | Minutes | 3 | 1 |
| 5 | PICKING | Minutes | 16 | 4 |
| 6 | REVISAR | Minutes | 3 | 2 |
| 7 | CARGAR | Minutes | 2 | 2 |
| 8 | TRASLADAR | Minutes | 4 | 1 |

Fuente: elaboración propia.

}

El set de recursos es mostrado a continuación:

Tabla 29 Set de recursos

| Set - Basic Process | | | |
|---------------------|------------------------|----------|---------|
| | Name | Type | Members |
| 1 | PASILLEROS | Resource | 7 rows |
| 2 | GRUAS BODEGA | Resource | 2 rows |
| 3 | DESPACHADORES | Resource | 2 rows |
| 4 | GRUAS CARGA Y TRASLADO | Resource | 3 rows |
| 5 | GRUAS RECPECION | Resource | 2 rows |
| 6 ▶ | GRUAS CONSOLIDACION | Resource | 4 rows |

Fuente: elaboración propia.

El horario asignado a cada recurso se muestra a continuación:

Tabla 30 Horario asignado a cada recurso.

| Resource - Basic Process | | |
|--------------------------|-----------------|---------------|
| | Name | Schedule Name |
| 1 | DESPACHADOR | 9AM |
| 2 | PASILLERO5 | 9AM |
| 3 | PASILLERO6 | 9AM |
| 4 | DESPACHADOR2 | 9AM |
| 5 | GRUA MISCELANEO | 8 AM |
| 6 | GRUA INFLAMABLE | 8 AM |
| 7 | GRUA1 | 8 AM |
| 8 | GRUA2 | 8 AM |
| 9 | PASILLERO4 | 9AM |
| 10 | PASILLERO3 | 9AM |
| 11 | PASILLERO2 | 9AM |
| 12 | PASILLERO1 | 9AM |
| 13 | PASILLERO7 | 9AM |

Fuente: elaboración propia.