



Modelo de simulación para el proceso de almacenaje en la bodega de Productos terminados de paneles Arauco S.A. Planta Trupán- Cholguán

Pablo Monsalves Neira - pmonsal@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Guía: Sr. Francisco Ramis Lanyon - framis@ubiobio.cl

RESUMEN

El proyecto surge en la bodega de productos terminados de la planta Trupán - Cholguán de Paneles Arauco S.A, en la búsqueda de una oportunidad de mejora. La bodega tiene una capacidad aproximada de 53500 m³, y en ella se almacenan productos terminados y productos en proceso, los que se generan en las dos líneas productivas de tableros y en las cuatro líneas productivas de valor agregado. Estos productos al ingresar a la bodega pasan por los procesos de recepción, almacenamiento, preparación de la carga y despacho, en donde su movimiento y traslado es realizado por cinco grúas horquilla.

Luego de realizar un levantamiento de la situación actual de la bodega, se determinó que su capacidad de respuesta ante las solicitudes de despacho de los productos se veía disminuida; y que uno de los factores principales que provoca esta situación es la actual distribución de los productos en los sectores de almacenamiento. Por lo cual las propuestas de mejora generadas se orientaron en este sentido.

En base a lo anterior, se realizó una caracterización de todos los productos que se almacenan en la bodega y se generó una primera propuesta, que consistió en realizar una clasificación de los productos en cinco familias, en base al destino que estos tienen al salir de la bodega. Las familias de productos creadas son Exportación, Molduras, Nacional, Sustrato Moldura-Laqueado (SML) y Sustrato Melamina-Ranurado (SMR). El fin de esta propuesta es que los productos se almacenen de manera diferenciada, asignando sectores específicos para cada familia, con lo cual se generarían potenciales mejoras en el manejo de los productos y por ende en la capacidad de respuesta de la bodega.

Considerando la propuesta de clasificación de los productos en familias, se generaron dos propuestas de layout para la bodega, y paralelamente se obtuvo una representación de la distribución actual de los productos. Estas tres alternativas de layout fueron evaluadas en un modelo de simulación, para determinar cual genera mejores resultados. Las principales medidas de desempeño del modelo fueron el tiempo promedio de operación de las grúas horquilla y la distancia total recorrida por las mismas. Luego de validar estadística y conceptualmente el modelo de simulación, se analizaron los valores generados por éste para las medidas de desempeño, y se concluyó que las dos alternativas de layout propuestas para la bodega, presentan categóricamente mejores resultados que el layout actual, debido a que conllevan una clara disminución en los tiempos de operación y en las distancias recorridas en todas las grúas horquilla. Con ello se comprobó la hipótesis inicial en donde se señaló que la forma en como actualmente se distribuyen los productos en la bodega conlleva a que su capacidad de respuesta se vea disminuida.

Finalmente se realizó un análisis y comparación de las dos alternativas de layout propuestas para la bodega, y se tomó la decisión de recomendar la primera, debido a que experimenta mayores porcentajes de ahorro en el tiempo de operación de las grúas preparación carga, despacho TAVA y despacho puerto, que son las que se relacionan directamente con la preparación de cargas, proceso que es considerado como el cuello botella de la bodega. De esta manera el generar una distribución de los productos basada en la alternativa 1 de layout, permite disminuir los tiempos de preparación de pedidos y con ello aumentar la capacidad de respuesta de la bodega ante las solicitudes de despacho y/o de traslado de productos a las áreas de valor agregado.

Palabras Claves: Almacenado, Clasificación, Disminución, Layout, Procesos, Tiempos.



INTRODUCCIÓN

Origen del Tema

El tema se origina en la bodega de productos terminados de Paneles Arauco planta Trupán-Cholguán de empresas ARAUCO y es propuesto por Paulo Vidal Panes, Ingeniero Civil Industrial y Jefe de Gestión Stock Logística de la planta. Surge de la necesidad de analizar la manera en que se está llevando a cabo actualmente el proceso de almacenaje en la bodega y de acuerdo a ello identificar potenciales oportunidades de mejora.

Justificación

La problemática que se presenta en la bodega consiste en el aumento de los tiempos de atención resultantes de la búsqueda, acceso y traslado, tanto de los productos terminados que deben ser despachados, como de los productos en proceso que son requeridos para ser enviados a las áreas de valor agregado. De esta manera se generan consecuencias directas en el nivel de servicio proporcionado por la bodega, pues muchas veces su capacidad de respuesta ante estos requerimientos se ve disminuida. Inicialmente se estima que el aumento en estos tiempos de atención se debe principalmente al grado de desorden en la ubicación de los productos, pues no existe un criterio que defina dónde estos últimos deben almacenarse. Por esta razón los operadores de grúa frecuentemente almacenan los productos en los espacios que a su criterio personal son mejores. Esto conlleva a que el proceso de preparación de cargas se transforme en una especie de cuello de botella, pues los productos de un mismo tipo se encuentran dispersos en todos los sectores de la bodega, con lo cual los tiempos de operación de las grúas que realizan las tareas de búsqueda, preparación y traslado de productos son considerablemente altos.

En este sentido resulta conveniente realizar un modelo de simulación que represente el proceso de almacenaje de la bodega y que permita comprobar la hipótesis de este estudio, que señala que la manera en como actualmente se distribuyen los productos es inadecuada y está lejos de ser eficiente, y que existen otras alternativas de distribución que sí pueden generar un mayor grado

de eficiencia en la operación de las grúas horquilla. La forma de comprobar esta hipótesis es evaluar en el modelo de simulación otras alternativas de layout, y verificar si efectivamente generan mejores resultados que el layout actual de la bodega, el que también será evaluado en el modelo.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo General

- Proponer alternativas de mejora para el proceso de almacenaje de la bodega de productos terminados de Paneles Arauco S.A.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las operaciones que se llevan a cabo en la bodega.
- Caracterizar los productos que se almacenan en la bodega.
- Definir criterios de almacenamiento de los productos.
- Diseñar alternativas de layout para la bodega.
- Evaluar alternativas de layout mediante un modelo de simulación.
- Sugerir propuestas de mejora para el proceso de almacenaje.

MATERIAL Y METODOS

Para la realización del proyecto se utilizó la metodología propuesta por los autores Law y Kelton para el desarrollo de estudios de simulación exitosos. Esta metodología consta de siete etapas y en cada una de ellas se estableció una serie de actividades para llevar a cabo el proyecto.

Etapa I: Formular y caracterizar la problemática en estudio

- Levantamiento de los procesos que se desarrollan en la bodega.
- Desarrollo de entrevistas con el personal que trabaja en la bodega.
- Identificación de problemas en la operación cotidiana de la bodega.
- Definir con encargado de bodega problemas de interés a ser resueltos.



- Definir el alcance y las medidas de desempeño del modelo de simulación.

Etapa II: Coleccionar información y construir el modelo conceptual

- Recolectar información de la estructura de la bodega y procedimientos operacionales.
- Obtener medidas de superficie de los distintos sectores de la bodega.
- Caracterizar los productos que se almacenan en bodega.
- Recolectar y procesar datos de producciones, despachos y stock de los productos.
- Recolectar datos para especificar los parámetros y distribuciones de probabilidad.
- Definir variables, relaciones y supuestos del modelo.
- Obtener una representación de la distribución actual de los productos en la bodega.
- Definir criterios de almacenado de los productos.
- Generar alternativas de layout para su posterior evaluación en la simulación.
- Recolectar datos del desempeño de la bodega para usar en la validación del modelo.

Etapa III: Validar el modelo conceptual

- En conjunto con personal de la bodega, realizar una revisión del modelo conceptual.
- Corregir errores u omisiones descubiertas en el modelo conceptual.

Etapa IV: Construir el modelo computacional

- Definir distribuciones de probabilidad del modelo mediante la aplicación Expertfit.
- Programar el modelo conceptual en el software Flexsim.

Etapa V: Validar el modelo programado

- Comparar los indicadores de desempeño generados por el modelo con los correspondientes indicadores obtenidos del sistema.
- Revisar los resultados del modelo con personal de la bodega para verificar su veracidad

Etapa VI: Diseñar, conducir y analizar experimentos en el modelo programado

- Estudiar largo de las corridas, número de réplicas independientes y período de calentamiento del modelo.
- Evaluar el layout actual y las alternativas de layout propuestas para bodega.
- Analizar resultados y verificar si se requiere experimentación adicional.

Etapa VII: Informar y documentar los resultados de la simulación

- Documentar todos los resultados y conclusiones del estudio.
- Informar los resultados del estudio de simulación y sugerir propuestas de mejora.

En base a esta metodología, inicialmente se realizó una caracterización de la operación de la bodega con el fin de comprender su funcionamiento y seleccionar las variables que requerían la recolección de datos para la construcción del modelo de simulación. Además se realizó una caracterización de los productos, en donde se estudió sus dimensiones, tasas de producción y despacho, sus fuentes de generación y su lugar de recepción en la bodega, con el fin de realizar algún tipo de clasificación de todos los productos, que permitiera diseñar una mejor distribución de los productos en la bodega.

Caracterización de la Operación de la Bodega

Unidad de Carga para el Manejo de los Productos

Los productos terminados se venden en forma de paquete, el que comúnmente es denominado lote. Un lote contiene una cantidad determinada de tableros de un mismo formato apilados verticalmente, conformando así una sola unidad de carga. Las dimensiones de cada lote son variables, dependiendo del tipo de producto que se trate.

Procesos de la Bodega

Se realizó un levantamiento de los procesos que se llevan a cabo en la bodega, el que permitió



describir cómo se desarrolla cada uno de ellos. En la figura 1 se observa un diagrama de flujo de la bodega, que sirvió como base para la programación del modelo de simulación y para la selección de las variables que requerían recolección de datos para especificar los parámetros y distribuciones de probabilidad de dicho modelo.

1) Recepción

Una vez que los productos terminan de ser procesados en las líneas productivas, se mantienen provisoriamente en espacios denominados prebodega, a la espera de que las grúas horquilla los trasladen a los espacios de almacenamiento disponibles en la bodega. Aquí el operador de grúa respectivo se encarga de recepcionar el lote con un capturador, generándose un traspaso de almacén en SAP.

2) Almacenamiento

En la bodega, los lotes se almacenan en piso, en zonas pintadas y demarcadas con letra y número, para facilitar su posterior identificación. En estas zonas, los lotes se agrupan uno encima del otro formando columnas, cuya agrupación se denomina comúnmente fillos. En un fillo hay varias columnas con productos, en donde pueden estar almacenados hasta 85 lotes. En la mayoría de los sectores hay una mezcla de todo tipo de productos, por ejemplo de productos terminados con productos en proceso, en donde la determinación de dónde ubicar cada producto que ingresa a la bodega queda a criterio de los operadores de grúa. En la figura 2 se observa la representación de dos fillos con lotes almacenados.

3) Preparación de la Carga

Consiste en el proceso de recolección de un número determinado de lotes solicitados para despacho, los que deben quedar disponible en el alero de carga en el momento en que llega el camión de despacho respectivo. La teoría señala que la preparación de cargas es el proceso que consume la mayor cantidad de tiempo y recursos. Esto fue corroborado en la práctica, pues se observó que es una tarea crítica y de la cual depende en gran medida que los productos se despachen en los tiempos comprometidos.

4) Despacho

Este proceso puede concebirse como la salida del producto de la bodega, con lo cual el espacio de almacenamiento que éste ocupaba queda disponible para almacenar otro producto. Se pueden distinguir principalmente dos tipos de salida, una que corresponde al despacho de los productos a clientes nacionales y a puerto, y otra que consiste en traslados internos de los productos en proceso hacia las áreas de valor agregado.

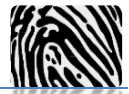
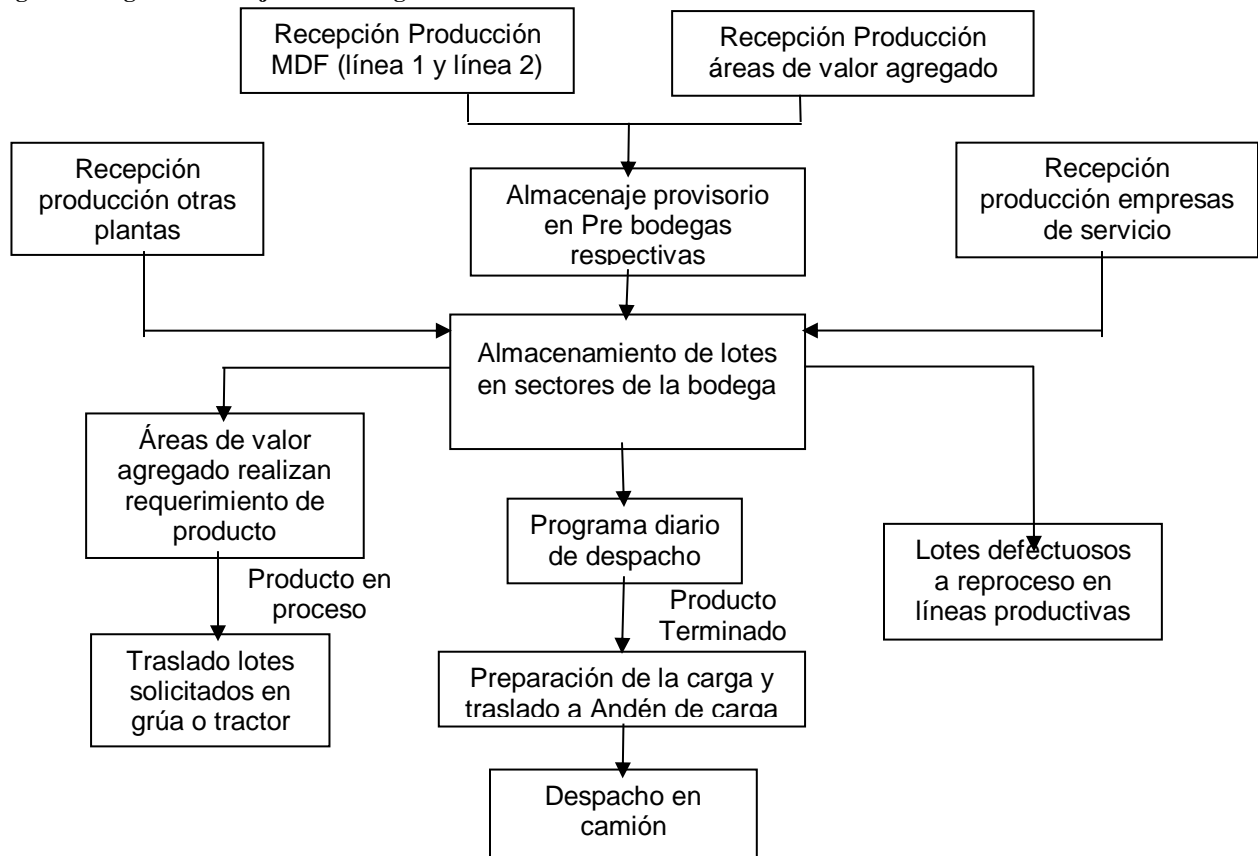
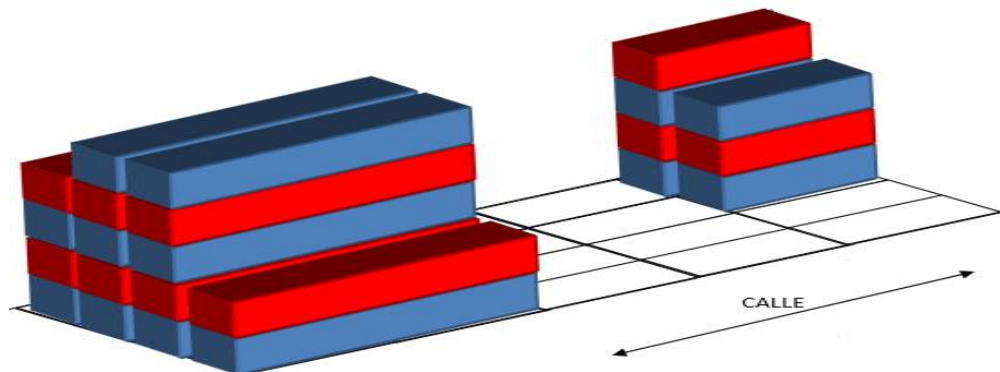


Figura 1 Diagrama de Flujo de la Bodega



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2 Filos de Almacenaje



Fuente: Elaboración Propia



Caracterización de los Productos

Clasificación de los Productos en Familias

En base a la información obtenida de la caracterización de los productos que ingresan a la bodega, se generó una propuesta consistente en clasificar dichos productos en familias. El criterio para realizar la clasificación es el destino final que tendrá el producto al salir de la bodega. La idea es generar una mejor distribución de los productos en la bodega, almacenando dichos productos de manera diferenciada, asignándole sectores determinados a cada familia. Los beneficios esperados son los siguientes:

- Evitar una mezcla de productos terminados con productos en proceso.
- Disminuir la dispersión de los productos en la bodega.
- Obtener un grado de eficiencia en los recorridos de las grúas horquilla.
- Aumentar el nivel de servicio de la bodega, mediante el aumento de su capacidad de respuesta ante las solicitudes de despacho y de traslado a las áreas de valor agregado.

La clasificación contempla un total de cinco familias, que son Exportación, Molduras, Nacional, Sustrato Moldura-Laqueado (SML) y Sustrato Melamina-Ranurado (SMR). Las primeras tres familias corresponden a producto terminado y las restantes dos corresponden a productos en proceso. Una vez definidas las familias de productos, se realizó un estudio histórico con la finalidad de poder saber cuál es el porcentaje de volumen por clasificación y así estimar los espacios de almacenamiento que necesitará cada clasificación propuesta. El rango de la muestra fue de un año, exactamente desde el mes de enero del 2013 hasta diciembre del mismo año. Los porcentajes de producción, despacho y stock para cada familia se observan en la tabla 1.

Tabla 1 Estadísticas de Stock por Familia

Clasificación	Producción (%)	Despachos (%)	Stocks (%)
Exportación	28,6	28,0	25,9
Molduras	25,2	24,5	23,0
Nacional	10,1	9,6	25,4
Sustrato Moldura/Laqueado	29,2	30,5	19,6
Sustrato Melamina/Ranurado	6,9	7,4	6,1

Fuente: Elaboración Propia

Al analizar los valores de la tabla 1, se observó que los porcentajes de producción y despacho eran prácticamente similares en cada una de las cinco familias, por lo cual la cantidad de volumen que representa el número de espacios (N° de fillos) asignados a cada una de ellas, podía determinarse por cualquiera de los dos indicadores.

Análisis de Formatos Consolidados

Este análisis tiene gran importancia, pues los distintos formatos de lotes representan las entidades del modelo de simulación. Como los productos que se almacenan en la bodega tienen una gran variedad de formatos, entendiéndose esto último como las medidas de largo, ancho y alto del lote, fue necesario realizar un análisis que permitiera verificar la existencia de formatos cuya generación no fuera regular en el tiempo ni tampoco significativa con respecto a la cantidad total producida, con el fin de excluirlos del modelo y trabajar así con una cantidad reducida de formatos de lotes.

En este sentido, se analizó y procesó toda la información correspondiente al año 2013 en cuanto a la producción generada en todas las líneas productivas, y se llegó a la conclusión que son pocos los formatos que se generan en grandes cantidades y de manera regular, por lo cual se tomó la decisión de considerar en el modelo solamente los formatos más significativos. En la tabla 2 se observan los formatos más significativos con su respectivo volumen y porcentaje de generación respecto del total.



Tabla 2 Formatos significativos que ingresan a Bodega

Formatos (Largo, Ancho, Alto, milímetros)	% Producción en Formatos	Volumen Formatos (m³)
2440 x 1220 x 1000	23,5	3,0
4880 x 1000 x 600	16,6	2,9
2440 x 1524 x 800	11,9	3,0
4880 x 1524 x 800	6,0	6,0
2440 x 1520 x 400	6,0	1,5
3660 x 1000 x 600	4,3	2,2
2440 x 1830 x 700	4,2	3,1
4880 x 1220 x 1000	3,8	6,0
2440 x 2135 x 500	3,2	2,6
2440 x 1524 x 500	2,9	1,9
2135 x 1000 x 700	2,5	1,5
3660 x 1524 x 800	2,4	4,5
2440 x 1000 x 700	1,9	1,7
5185 x 1000 x 700	1,8	3,6
4270 x 1000 x 700	0,9	3,0
5185 x 1220 x 1000	0,9	6,3
Otros (47)	6,9	-

Fuente: Elaboración Propia

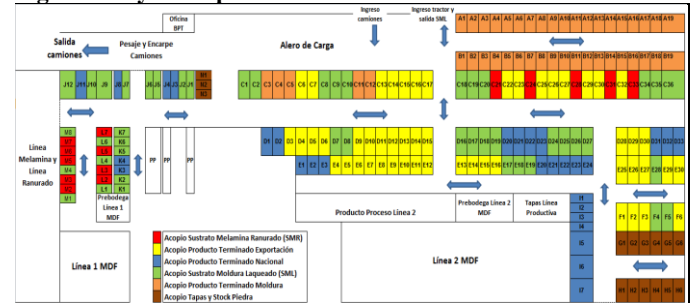
Alternativas de Layout para la Bodega

Layout Actual de la Bodega

Actualmente la bodega no cuenta con un layout que establezca una distribución clara y predefinida para el almacenamiento de los productos. Sin embargo durante el período de análisis, se observó que existen algunas zonas donde regularmente se acostumbra a almacenar un tipo específico de productos. En base a esto se definió un layout

representativo de la situación actual de la bodega, en el cual se refleja una mezcla de los productos en la mayoría de los sectores. En la figura 3 se observa una representación aproximada de la distribución actual de los productos en la bodega.

Figura 3 Layout Representativo Situación Actual



Fuente: Elaboración Propia

Propuesta 1 de Layout

El criterio de almacenado para el diseño de esta alternativa de layout es generar una distribución de los productos con un énfasis en la recogida y preparación de los pedidos. En base a este criterio se propone dividir la bodega en dos áreas; un área general de almacenamiento con una plena ocupación del espacio, y un área de picking, que contenga una cantidad fija de productos para satisfacer los requerimientos de la preparación de pedidos de un período corto, de por ejemplo una semana.

En el área general, se contempla que las familias de productos se almacenen de manera segregada, estableciendo zonas específicas para cada una de ellas. Mientras que en el área de picking habrá una pequeña representación de los productos con mayor índice de despacho en un período corto, de tal manera que los movimientos diarios se realicen dentro de un área de trabajo relativamente pequeña, lo que potencialmente otorgaría un grado de eficiencia en el recorrido de las grúas. Este procedimiento implica que se debe realizar una reposición periódica de productos desde el área general al área de picking. La distribución de los sectores asignados a cada familia se detalla en la tabla 3, mientras que en la figura 4 se observa gráficamente el layout propuesto como primera alternativa.

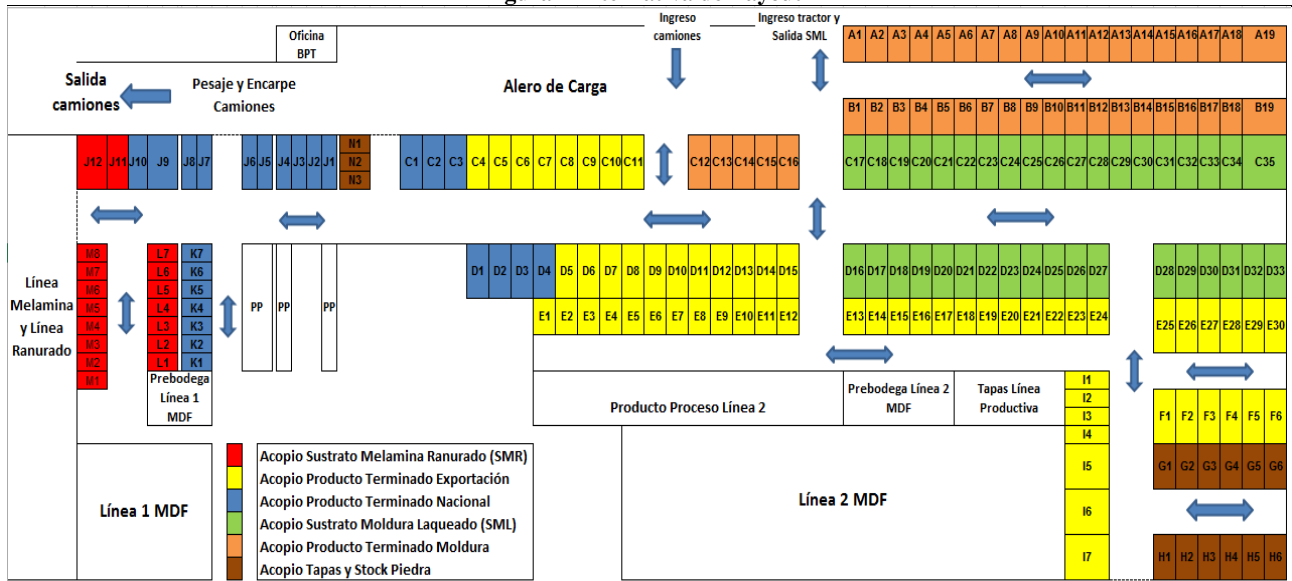


Tabla 3 Distribución de Sectores en bodega

Filos	Productos Asignados	Volumen Sector (m ³)
A1 al A19 - B1 al B19	Moldura	6500
C1 al C3	Área de Picking Nacional	1487
C4 al C11	Área de Picking Exportación	3428
C12 al C16	Área de Picking Moldura	2000
C17 al C20	Área de Picking SML	1760
D5 al D15 - E1 al E30 - F1 al F6 - I1 al I7	Exportación	13755
D16 al D33 - C26 al C35	SML	11978
J1 al J10 - K1 al K7 - D1 al D4	Nacional	5865
L1 al L7 - M1 al M8 - J11 y J12	SMR	3268
G1 al G6 - H1 al H6 - N1 al N3	Stock Piedra y Tapas	3358

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4 Alternativa de Layout 1



Fuente: Elaboración Propia

Propuesta 2 de Layout

El criterio de almacenado para el diseño de esta alternativa de layout es generar una distribución de los productos con un énfasis en la disminución de los tiempos en el proceso de almacenaje de los productos, de manera que este potencial ahorro de tiempo por parte de las grúas línea 1 de MDF, línea 2 de MDF y despacho TAVA relacionadas a este proceso, presten apoyo a las demás grúas en la preparación de pedidos. En base a este criterio los productos generados en cada línea productiva se deben almacenar en los fillos más cercanos a

éstas, así por ejemplo los lotes generados en la línea 2 de MDF se deben almacenar en los fillos más cercanos a esta línea productiva. Mientras que los productos provenientes de las líneas de moldura y laqueado, al ser recepcionados en el alero de carga, se deben almacenar en los fillos más cercanos a dicho sector. La distribución de los sectores de la bodega se detalla en la tabla 4, mientras que en la figura 5 se observa gráficamente el layout propuesto como segunda alternativa.

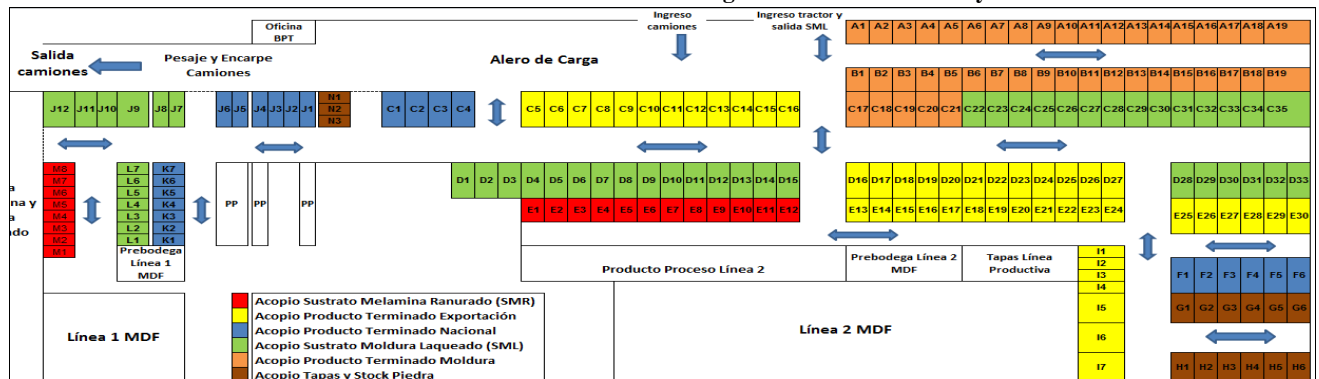


Tabla 4 Distribución de sectores en bodega

Filos	Productos Asignados	Volumen Sector (m ³)
A1 al A19 - B1 al B19 C17 al C21	Molduras	8516
M1 al M8	SMR (Línea 1 MDF, Línea Melamina)	1352
J7 al J12 - L1 al L7 - D1 al D15	SML (Línea 1 MDF)	7724
C5 al C16	Exportación (Línea 1 MDF, Línea Melamina, Línea Ranurado, Línea Laqueado)	5172
J1 al J6 - K1 al K7 - C1 al C4	Nacional (Línea 1 MDF, Línea Melamina, Línea Ranurado, Línea Laqueado)	5313
E1 al E12	SMR (Línea 2 MDF)	2287
E13 al E30 - D16 al D27 I1 al I7	Exportación (Línea 2 MDF)	9291
F1 al F6	Nacional (Línea 2 MDF)	2385
D28 al D33 - C22 al C35	SML (Línea 2 MDF)	8105

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5 Alternativa de Layout 2



Fuente: Elaboración Propia



ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Una vez validado conceptual y estadísticamente el modelo de simulación, se ejecutaron 10 corridas del mismo en la aplicación Experimenter de Flexsim, tanto para las dos alternativas de layout propuestas para la bodega como para el layout actual. Los resultados se muestran en función de las medidas de desempeño definidas para el modelo, que son Tiempo Promedio de Operación de Grúas Horquilla, Distancia

Total Recorrida por Grúas Horquilla y Porcentaje de Utilización de Grúas Horquilla.

Tiempo Promedio de Operación de Grúas Horquilla

Esta es la principal medida de desempeño y corresponde al tiempo promedio que tarda cada grúa horquilla en almacenar y/o trasladar un lote en los distintos procesos de la bodega. Los valores promedio de esta medida de desempeño resultante de las 10 réplicas se observan en la tabla 5:

Tabla 5 Comparación Tiempos Promedio de Operación Grúas Horquilla.

Grúas Horquilla	Modelo Situación Actual (Tiempo en Minutos)	Modelo Alternativa de Layout 1 (Tiempo en Minutos)	Modelo Alternativa de Layout 2 (Tiempo en Minutos)
Grúa Línea 1 MDF	3,6	2,9	2,6
Grúa Línea 2 MDF	4,4	3,7	3,5
Grúa Preparación Carga	2,6	2,0	2,2
Grúa Despacho TAVA	2,3	1,5	1,9
Grúa Despacho Puerto	1,1	0,7	0,9

Fuente: Elaboración Propia

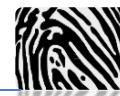
Al observar los resultados de los tiempos de operación por lote (en minutos) de cada grúa se puede inferir inicialmente que no es mucha la diferencia entre los tres modelos. Sin embargo si se considera que las grúas pueden

manipular y trasladar fácilmente 200 lotes diarios, ahora sí se aprecian diferencias significativas entre los modelos. En la tabla 6 se observan los tiempos resultantes de trasladar 200 lotes diarios.

Tabla 6 Comparación Tiempos Resultantes de Trasladar 200 lotes diarios

Grúas Horquilla	Modelo Situación Actual (Tiempo en Horas)	Modelo Alternativa de Layout 1 (Tiempo en Horas)	Modelo Alternativa de Layout 2 (Tiempo en Horas)
Grúa Línea 1 MDF	12,0	9,6	8,7
Grúa Línea 2 MDF	14,6	12,3	11,7
Grúa Preparación Carga	8,7	6,7	7,4
Grúa Despacho TAVA	7,7	5,0	6,3
Grúa Despacho Puerto	3,7	2,3	3,0

Fuente: Elaboración Propia



Al analizar los valores de la tabla 2 se puede observar que en los tres modelos se generan incluso diferencias en unidades de “horas” en cuanto al movimiento diario de 200 lotes por parte de las grúas horquilla. Claramente las dos propuestas de layout generan mejores resultados que el modelo que representa la

situación actual de distribución de los productos. Esta situación se da para la operación de todas las grúas horquilla. En la tabla 7 se observa el porcentaje de ahorro en tiempo para la operación de las grúas horquilla, que conllevan las propuestas de layout con respecto al layout actual.

Tabla 7 Porcentaje de Ahorro en Tiempo Alternativas de Layout

Grúas Horquilla	Modelo Alternativa 1 de Layout	Modelo Alternativa de Layout 2
Grúa Línea 1 MDF	20%	27%
Grúa Línea 2 MDF	15%	20%
Grúa Preparación Carga	23%	15%
Grúa Despacho TAVA	35%	17%
Grúa Despacho Puerto	36%	18%

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 7 se observa que la alternativa 1 de layout presenta un mayor ahorro en tiempo de operación que la alternativa 2, en las grúas preparación carga, despacho TAVA y despacho puerto. Mientras que la alternativa 2, presenta un mayor ahorro en tiempo de operación para las grúas línea 1 MDF y línea 2 MDF. Estos resultados corroboran los potenciales beneficios que se esperaban lograr mediante la generación de ambas propuestas de layout. Pues con la alternativa 1, se buscaba otorgarle mayor fluidez al proceso de preparación de cargas y despacho, mediante la definición de un área de picking y el almacenamiento de los productos cercanos a su zona de salida en la bodega. Mientras que con la segunda alternativa se pretendía otorgar mayor rapidez al proceso de almacenaje, ubicando los lotes en los sectores cercanos a donde son recibidos.

Distancia Total Recorrida por Grúas Horquilla

Esta medida de desempeño corresponde a la cantidad total de kilómetros recorridos por cada grúa horquilla, durante el tiempo que dura cada corrida de simulación, que en este caso es tres meses. En la tabla 8 se observan los valores promedio resultantes de la simulación, en donde se reafirma el hecho

que las alternativas de layout propuestas presentan mejores resultados que la situación actual de distribución de los productos en la bodega, pues los valores de kilómetros totales recorridos por las grúas horquilla son claramente menores en las dos propuestas de layout. En la tabla 9 se observan los porcentajes de ahorro en la distancia total recorrida por las grúas horquilla, para las dos propuestas de layout con respecto al layout actual de la bodega.



Tabla 8 Comparación Distancia Total Recorrida por Grúas Horquilla

Grúas Horquilla	Modelo Actual (Distancia en Kilómetros)	Situación (Distancia en Kilómetros)	Modelo Alternativa de Layout 1 (Distancia en Kilómetros)	Modelo Alternativa de Layout 2 (Distancia en Kilómetros)
Grúa Línea 1 MDF	6152		4826	3753
Grúa Línea 2 MDF	5708		3581	2755
Grúa Preparación Carga	9252		5670	7289
Grúa Despacho TAVA	9865		6823	9317
Grúa Despacho Puerto	7708		3849	5848

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9 Comparación Porcentaje de Ahorro en Distancia Total Recorrida

Grúas Horquilla	Modelo de Layout	Alternativa de Layout 2
Grúa Línea 1 MDF	22%	39%
Grúa Línea 2 MDF	37%	52%
Grúa Preparación Carga	39%	21%
Grúa Despacho TAVA	31%	6%
Grúa Despacho Puerto	50%	24%

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 9 se infiere que las grúas preparación carga, despacho TAVA y despacho puerto, que se relacionan con el proceso de preparación de cargas y de despacho, presentan un mayor porcentaje de ahorro de kilómetros recorridos en la alternativa 1 de layout, por sobre la alternativa 2. Sin embargo, las grúas línea 1 MDF y línea 2 MDF, que se relacionan con los procesos de recepción y almacenamiento de los lotes, presentan un mayor porcentaje de ahorro de kilómetros recorridos en la alternativa 2 de layout, por sobre la alternativa 1. Es importante señalar que en ambas alternativas de layout, este ahorro en los kilómetros recorridos por las grúas horquilla contribuye en una potencial disminución en los costos de combustible para la empresa, pues al recorrer diariamente una importante menor cantidad de kilómetros en relación a lo habitual, las grúas horquilla requieren de una menor cantidad de combustible para su operación.

Porcentaje de Utilización de Grúas Horquilla.

Corresponde al porcentaje de tiempo respecto del total de la simulación en que las grúas horquilla están realizando alguna tarea en la bodega. En la tabla 10 se observan los valores promedio resultantes, en donde se infiere que las propuestas de layout presentan un menor porcentaje de utilización de las grúas horquilla en relación al layout actual, esto quiere decir, que las grúas trasladan aproximadamente la misma cantidad de lotes en una menor cantidad de tiempo, y por lo tanto operan con un mayor grado de eficiencia.

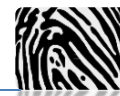


Tabla 10 Comparación Porcentaje de Utilización Grúas Horquilla

Grúas Horquilla	Modelo Situación Actual	Modelo Alternativa de Layout 1	Modelo Alternativa de Layout 2
Grúa Línea 1 MDF	44%	36%	37%
Grúa Línea 2 MDF	72%	61%	57%
Grúa Preparación Carga	72%	55%	61%
Grúa Despacho TAVA	67%	56%	66%
Grúa Despacho Puerto	60%	49%	49%

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

Al analizar los valores generados en las medidas de desempeño del modelo de simulación, luego de ejecutadas 10 réplicas de un período de tres meses cada una, se puede concluir categóricamente que las dos alternativas de layout propuestas para la bodega obtienen claramente mejores resultados que el layout actual. Estas mejoras en los resultados consisten principalmente en una disminución en los tiempos de traslado de lotes, y en las distancias totales recorridas por las grúas horquilla en los diferentes procesos por los que deben pasar los productos en la bodega. La razón por la cual se cree que se generan estas mejoras, es que se comprende que en una bodega se almacenan diferentes tipos de productos, los que tienen distintas tasas de producción y despacho, y además pueden ingresar o salir de la bodega por sectores distintos, como es el caso de la bodega en estudio. Esto sugiere que sea más conveniente clasificar los productos de acuerdo a algún criterio para luego definir sectores específicos de la bodega para cada clasificación. De esta forma, se evita que los productos de un mismo tipo se encuentren dispersos en áreas distantes, situación que actualmente se presenta en la bodega. Por lo tanto los resultados obtenidos comprueban la hipótesis inicial que señalaba que la manera en cómo se lleva a cabo actualmente el proceso de almacenaje de la bodega, no se realiza de manera eficiente, pues se demuestra que existen a lo menos dos alternativas de distribución de los productos

que permiten que dicho proceso se desarrolle de una manera más ordenada y eficiente.

Luego de corroborar que las dos propuestas de layout presentan mejores resultados que el layout actual, es posible realizar una comparación de ambas propuestas. Al analizar la primera medida de desempeño del modelo, se concluye que la alternativa 1 conlleva un ahorro promedio en tiempo de operación por grúa de un 25,8 por ciento, cifra mayor que la alternativa 2, la cual conlleva un ahorro promedio en tiempo de operación por grúa de un 19,4 por ciento. Mientras que al comparar las dos alternativas en base a la distancia total recorrida durante la simulación, se concluye que la primera propuesta de layout genera un ahorro de un 35,8 por ciento en el total de kilómetros recorridos, valor que es un 7,4 por ciento superior al ahorro generado por la segunda propuesta, el que corresponde a un 28,4 por ciento. Esto sugiere que resulta más conveniente aplicar la primera propuesta de layout por sobre la segunda. Sin embargo, para sugerir una alternativa por sobre la otra, es más correcto analizar el proceso crítico de la bodega, que es la preparación de cargas.

En este sentido, se recomienda a la empresa generar una distribución de los productos en el interior de la bodega de acuerdo a la alternativa 1 de layout, pues genera mayor eficiencia en la operación de las grúas que se relacionan con dicho proceso, aumentando así la capacidad de respuesta de la bodega ante las solicitudes de pedidos o de despacho. Esto se debe a que las grúas preparación carga y



despacho TAVA realizan la preparación de los pedidos en una zona exclusiva y acotada denominada área de picking ubicada al lado del andén de carga, minimizando los movimientos y el tiempo empleado para la preparación de pedidos. La otra razón que lleva a recomendar la primera alternativa de layout, es el mayor ahorro en las distancias recorridas, pues conlleva un 7,4 por ciento

más de disminución en relación a la alternativa 2. Esta ventaja se puede traducir en una disminución en los costos de combustible para la empresa, pues al recorrer diariamente una importante menor cantidad de kilómetros en relación a lo habitual, las grúas horquilla requieren de una menor cantidad de combustible para su operación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballou, Ronald H. 2004. "Logística: administración de la cadena de suministro". 5ª Edición México, Pearson Educación. 816 p.
- Banks J., Carson J.S., Nelson B.L, "Discrete-Event System Simulation", Prentice-Hall, New Jersey, 1996.
- Concha E., Pablo. 2005. "Verificación de Parámetros Operacionales para la Nueva Línea de Aserrío de CMPC Maderas S.A., Planta Mulchén Mediante el Uso de la Simulación", Memoria para la obtención de título de Ingeniero Civil Industrial. Concepción. Universidad del Bío-Bío. Departamento de Ingeniería Industrial.
- González F., Álvaro. 2012. "Propuesta de mejora al proceso de aserrado mediante herramientas de simulación, Aserraderos Arauco, Planta El Cruce", Memoria para la obtención de título de Ingeniero Civil Industrial. Concepción. Universidad del Bío-Bío. Departamento de Ingeniería Industrial.
- Lara E., Juan Pablo. 2010. "Propuesta de Modelo en la Gestión del Almacenamiento en la Bodega de Productos Terminados, Paneles Arauco S.A", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Concepción. Universidad del Bío-Bío. Departamento de Ingeniería Industrial.
- Law, Averill M., Kelton, W. David, "Simulation Modeling and Analysis", McGraw-Hill, New York, 2000.