

MODELO DE COSTOS LOGÍSTICOS PARA EL DISEÑO Y GESTIÓN DE ALMACENES EN FRIGORÍFICOS DE CICLO II.

Duarte, Mariano Oscar; Hick, Tomás Guillermo; Tucci, Víctor; Rodríguez, María Analía

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe
S3004EWB Santa Fe. r_analia@santafe-conicet.gov.ar

RESUMEN

Los costos logísticos en la industria frigorífica son significativos por diversos factores. Por un lado, la característica perecedera de los productos obliga a la utilización de almacenes frigoríficos cuyo costo de inversión es elevado como así también el manejo de materiales por el alto consumo energético. En el caso específico de los frigoríficos de ciclo II, existen múltiples alternativas de infraestructura, *layout* de almacenes y manejo de productos que hacen compleja la decisión de cómo diseñar y gestionar las cámaras para lograr costos mínimos. Como trabajo previo, se ha desarrollado un modelo que permite analizar la matriz de costos de la actividad de *picking* en frigoríficos de ciclo II [1]. En este trabajo, se incorporan todas las actividades del almacén y se consideran restricciones de diseño de modo de determinar la configuración de almacén más apropiada en función de los tipos de productos manejados (cortes con o sin hueso, cortes para cuota Hilton y destino de exportación, elaboración de hamburguesas, cortes Kosher, entre otras opciones). Al respecto, el modelo determina el requerimiento de espacio (dimensionamiento de las cámaras) y los costos asociados a la inversión y manejo de producto en función de las opciones de diseño que se seleccionen para los almacenes de enfriado y congelado, teniendo en cuenta aspectos técnico-económicos, ergonómicos y de seguridad. Esto permite el análisis de diversos escenarios y la selección de la mejor técnica de almacenaje en función de los costos y volúmenes involucrados. Finalmente se plantea una comparación entre tiempo en almacén y precios de venta, a fin de estimar el tiempo máximo en el que resulta conveniente mantener almacenado un determinado corte. Este análisis tiene en cuenta los costos incurridos diariamente por mantener el producto en el almacén contra la ganancia obtenida al venderlo, considerando un modelo de costeo completo normalizado.

Palabras Claves: Costo, Frigorífico, Modelo, Diseño, Logística.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad ha cobrado gran importancia el análisis de los costos logísticos dentro de las organizaciones, ya que los mismos impactan directamente en el precio final del producto. Dentro de estos costos se encuentran los relacionados a las actividades de almacén, los cuales en muchos casos representan un porcentaje importante del costo total del producto.

Teniendo en cuenta que la industria frigorífica resulta preponderante en nuestro país, y que muchos frigoríficos tienen contratos que forman parte de un compromiso nacional con países europeos, llamado Cuota Hilton, consideramos de importancia profundizar en el tema.

Existen trabajos relacionados que tratan acerca del diseño de almacenes y control de las actividades de picking y preparación de pedidos [2]. Mikel Mauleón [3], expone cuales son las variables a tener en cuenta y las mejores prácticas para el diseño de almacenes a nivel general.

El objetivo que se persigue es identificar las variables claves para el diseño óptimo de almacenes y aquellos elementos que generan los costos en las tareas de almacenaje, *picking* y preparación de pedidos en la industria frigorífica exportadora. Analizándolos detalladamente, se desarrolla un sistema de control, gestión y diseño junto a la conformación de la matriz de costos subyacente de modo de constituir una herramienta tendiente a la mejora de la competitividad de la empresa en el mercado.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA FRIGORÍFICA

2.1 Clasificación de frigoríficos

Las industrias frigoríficas pueden clasificarse según la actividad que realizan en [4]:

- Plantas Ciclo I: realizan faena y conservación en cámaras de frío.
- **Plantas Ciclo II:** reciben medias reses las cuales despostan y conservan o industrializan.
- Plantas Ciclo III o completo: realizan todas las actividades señaladas, faena, conservación en cámaras, despostado y más especialmente preparación de carnes elaboradas.

Dependiendo del mercado objetivo, según la Ley 22375 [5] se pueden clasificar en:

- **Frigoríficos TIPO A:** Los que están habilitados para la exportación (SENASA) que cumplen con máximas condiciones sanitarias. Aproximadamente el 30% de la faena se realiza en este tipo de establecimientos. También estos pueden destinar algo de su producción al mercado interno.
- Frigoríficos TIPO B: Los que están habilitados para el mercado interno con control nacional (SENASA), que pueden o no, eventualmente, exportar a mercados menos exigentes. Este circuito involucra aproximadamente al 50% de la faena.
- Frigoríficos TIPO C: Los que están habilitados para el mercado interno con control provincial, generalmente de menor tamaño y menor nivel sanitario.
- Mataderos o colgaderos: Los mataderos rurales, instalaciones más precarias donde el producto final es la media res, operando en circuitos locales y abasteciendo, en general, a las carnicerías de ciudades pequeñas o pueblos.

Se encararán los subsiguientes puntos del trabajo teniendo en cuenta únicamente instalaciones frigoríficas de Ciclo II – TIPO A.

2.2 Descripción del proceso productivo en frigoríficos ciclo II

El proceso productivo de la industria frigorífica de ciclo II comienza recibiendo medias reses provenientes de frigoríficos de ciclo I, las cuales son sometidas a un proceso de desposte y fraccionamiento en cortes específicos, los cuales son colocados en cajas según el mercado objetivo. Luego de armadas las cajas, se introducen en túneles de frío donde se los lleva a la temperatura final a la que se los va a almacenar pudiendo ser enfriados o congelados. El proceso se resume en la Figura N° 1.

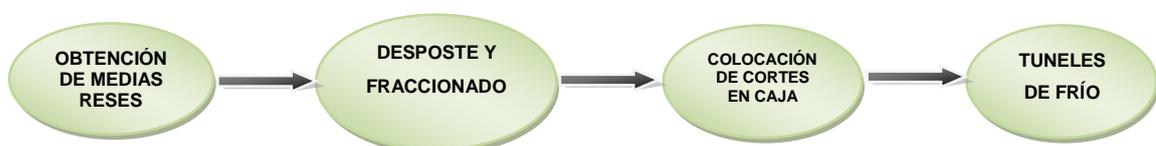


Figura 1 Diagrama proceso productivo Frigorífico Ciclo II

2.3 Forma de comercialización y destino del producto

La forma de comercialización en el tipo de industria seleccionada difiere de las demás ya que el destino del producto es por lo general la exportación (Chile, Italia, Brasil, Israel, Rusia, Alemania e Inglaterra principalmente), aunque en menor medida, se atiende la demanda interna de supermercados y restaurantes.

Los cortes se comercializan en cajas rectangulares con distintas medidas sin variar considerablemente. En este trabajo se adoptan como cajas de tipo estándar las que se muestra en la Figura N° 2.

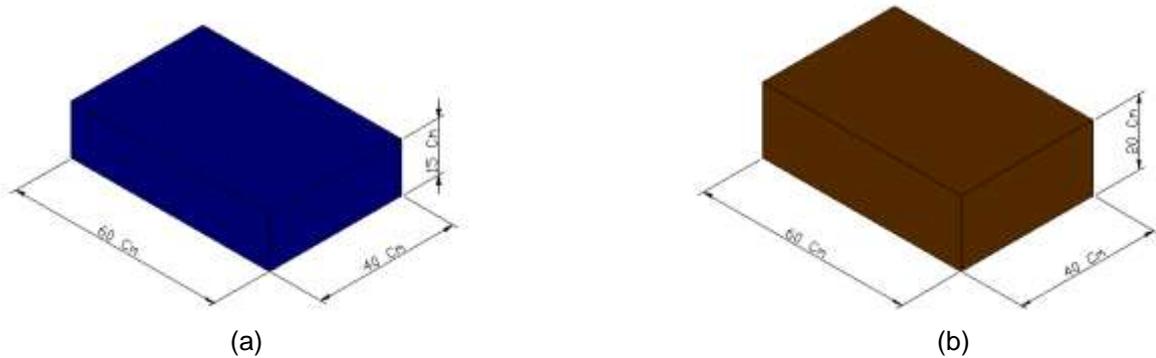


Figura 2 Cajas de comercialización de cortes vacunos

La caja (a) se utiliza para cortes especiales del cuarto trasero (Cuota Hilton ^[1]), todos los cortes sin hueso del cuarto trasero y delantero, en donde el número de cortes varía según el tamaño de los mismos, como así también para hamburguesas. El peso promedio de las cajas es de 22 kg. En las cajas del tipo (b) se almacenan el cuarto delantero completo cuando se comercializa Kosher ^[2], una pieza de cada corte, con un peso promedio de 33 (kg). También existe un tercer tipo de caja que no es motivo de nuestro estudio, utilizadas para almacenar cortes con hueso.

Los posibles cortes a obtener de una media res según el IPCVA [6] se encuentran ilustrados en la Figura N° 3.

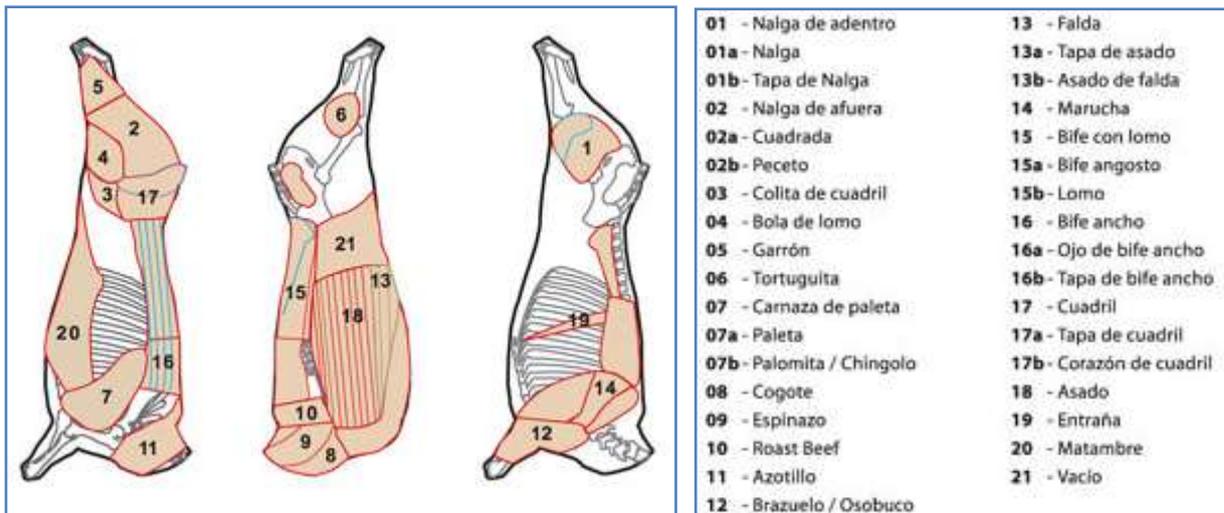


Figura 3 Cortes vacunos por media res.

[1]. La Cuota Hilton es un cupo de exportación de carne vacuna sin hueso de alta calidad y valor que la Unión Europea otorga a países productores y exportadores de carnes. Los cortes que integran la cuota son: Cortes enfriados deshuesados de Bife Angosto, Bife Ancho, Cuadril, Lomo, Nalga, Bola de Lomo, Cuadrada y Peceto.

[2]. Se denomina Kosher al conjunto de cortes que integran el cuarto delantero y que tienen como destino principal Israel.

3. ALMACENES

3.1 Descripción de los almacenes frigoríficos a nivel general

El almacén es uno de los eslabones que integran la cadena de suministro, encargado de enlazar la producción con el cliente final. Básicamente consta de dos actividades, depósito de producto final en la unidad de almacenamiento y la preparación de pedidos. La preparación de pedidos es una de las actividades de almacén que tiene como objetivo el armado de los envíos de productos terminados a los clientes. Dentro de esta actividad está incluida la tarea denominada picking, la cual consiste en la selección y el desplazamiento de los productos desde el sector donde se encuentran almacenados hasta la zona en la que se armarán los pedidos.

Los almacenes de la industria frigorífica tienen características especiales, se deben mantener a una temperatura de trabajo determinada, ya que los productos almacenados no pueden perder la cadena de frío. Es por ello que esta actividad representa un porcentaje importante en el costo final del producto, sin agregar valor al mismo, y de allí la importancia de minimizar los costos a través de un diseño óptimo.

3.2 Diseño del almacén y técnicas de picking

En cuanto al diseño de los almacenes con respecto a la actividad de picking es posible diferenciar dos grupos, aquellos en los cuales se destina un sector específico para realizar estas tareas y los que no cuentan con el mismo. La principal ventaja del primero es que se minimiza el recorrido a la hora de armar el pedido, teniendo en el área de picking o "pulmón de picking" los productos que se deben despachar a la brevedad.

En estos almacenes las unidades de producto de entrada pueden diferir a las de salida, ingresando en cajas y/o pallets y saliendo en pallets. Es por ello la importancia de la actividad de picking en el armado de pedidos.

Los productos se pueden almacenar en estanterías por caja, en pallet de un mismo producto o de manera mixta. Teniendo en cuenta las distintas configuraciones, se mencionan las técnicas de recolección de productos más habituales. Con respecto a las técnicas de picking a nivel más general existen aquellas en las cuales el producto se dirige hacia el trabajador y las que el trabajador se dirige hacia el producto. La primera de ellas se recomienda para altos niveles de actividad en el almacén, minimizando el tiempo necesario para el posicionamiento de los productos en el sector de picking.

Un factor importante dentro de los almacenes es la localización de los productos, esta es una decisión que se recomienda esté basada en equilibrar el nivel de rotación de cada artículo con el volumen de ingreso de los mismos al almacén. Esto nos permite tener un alcance rápido de los productos con mayor salida minimizando el recorrido en el armado de pedidos.

3.2.1 Diseño del almacén y técnicas de picking en frigoríficos de Ciclo II

En los frigoríficos de ciclo II, existen dos grupos bien diferenciados, almacenes de productos enfriados y almacenes de productos congelados, lo que genera una diferencia de resistencia mecánica entre las cajas de uno y otro, además de sus diferentes tamaños y pesos.

En el almacén de congelados se almacenan cortes con y sin hueso, hamburguesas, cortes Kosher y destinos de exportación, exceptuando la cuota Hilton. Las cajas de estos productos pueden estar contenidas directamente en estanterías (en industrias de bajo nivel de actividad) o en pallets, ya sea apilados sobre el suelo o en estanterías.

El almacén de enfriados se utiliza solamente para cuota Hilton, y presenta una limitación en cuanto al apilamiento de las cajas o pallets. Esto se debe a que las cajas sufren una deformación y riesgo de rotura luego de apilar una cierta cantidad de peso sobre ellas. Es por ello que el almacenado de estos productos se tiene que hacer en estanterías de cajas o en estanterías de pallet, eliminando la opción de apilar pallets sobre el piso.

Dada la diferencia de peso y tamaño existente entre los diversos cortes obtenidos por media res, la cantidad de cajas producidas de cada corte es diferente, por este motivo no es posible completar pallets con un único tipo de corte en forma rápida, lo que obliga que a la hora de almacenar se armen pallets mixtos que a futuro requerirán de mayor trabajo en las tareas de picking.

4. COMPONENTES DE COSTO DEL ALMACÉN

4.1 Recursos utilizados en las actividades de almacén

Las diferentes tareas que se llevan a cabo en los almacenes generan costos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de obtener el costo total de esta actividad. En la Figura N° 4 se observan clasificados en 6 categorías los generadores de costo presentes en los almacenes.

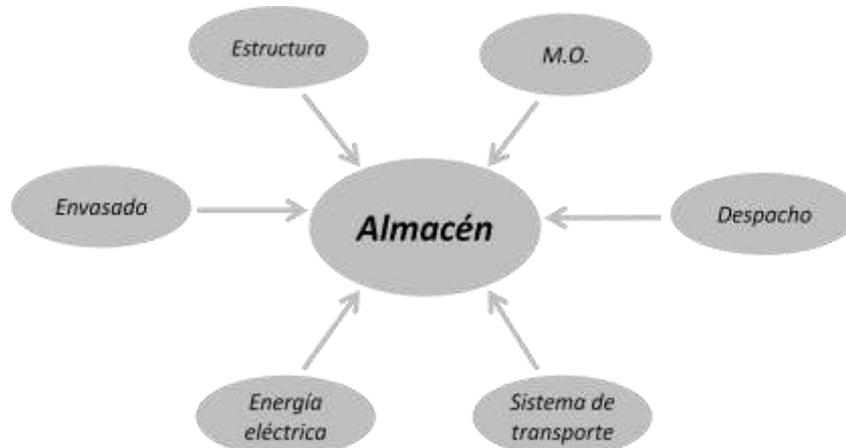


Figura 4 Recursos utilizados en las actividades de almacén.

A continuación se explica en detalle cada uno de los componentes del gráfico de la Figura N° 4:

Costo de estructura: dentro de este grupo se considera la amortización o alquiler del almacén, de las estanterías utilizadas y del sistema de gestión (elementos de computación, sistema de escaneo de codificación, sistema informático). También se consideran los pallets para almacenaje y manejo interno del almacén, estos pallets no se despachan con el pedido. Por último no se debe dejar de lado el costo correspondiente a los equipos e instalaciones de frío.

Costo de la mano de obra (M.O.): se consideran los sueldos de todos los empleados involucrados en tareas de almacén, siendo estos camareros (ya sea para recepción de cajas a la salida del túnel de congelación o para el picking) y administrativos. Los camareros son todos los empleados de almacén a excepción de los administrativos y pueden manipular cualquiera de los sistemas de transporte y los dispositivos para el control stock y gestión dentro del almacén. Los administrativos son empleados de oficina que controlan y envían las órdenes de pedido, la ubicación de las cajas en el almacén, los despachos programados y toda otra actividad relacionada a la administración del almacén. Los sueldos de los diferentes empleados se asignan a cada unidad de manipuleo (pallets o caja) según corresponda.

Costo de despacho: este componente del costo corresponde a los recursos utilizados para el armado del pedido (packing), estos son el material de embalaje y papel para etiquetado utilizados. Teniendo en cuenta la amortización de herramientas o máquinas que se utilicen para realizar esta actividad. Además se considera el costo de los pallets despachados en los pedidos.

Costo de sistemas de transporte: se incluyen aquí los costos de amortización y mantenimiento (preventivo) de los elementos utilizados en las tareas de almacén, pudiendo ser estos desde carretillas manuales hasta auto elevadores o en caso de maquinaria automática, cintas transportadoras o cualquier otro sistema con el que cuente la empresa.

Costos de energía eléctrica (E.E.): para asignar los costos de este recurso se consideran los costos de iluminación y el consumo de los equipos de frío. Además se tiene en cuenta el consumo de los elementos de transporte, sistema de gestión y maquinaria utilizada para el etiquetado.

Costos de envasado: es el costo de las cajas en las que se comercializa el producto terminado. Si bien el proceso de envasado se realiza fuera del almacén (antes de ingresar a los túneles de frío) se considera el costo de los mismos ya que es una característica fundamental y está presente en todos los productos que comercializa el tipo de frigorífico estudiado.

4.1.1 Clasificación en costos fijos y variables

Luego de identificar los recursos intervinientes en las actividades de almacén, se clasifican los costos generados por ellos, en costos fijos o variables, con el fin de seleccionar el sistema de costeo apropiado.

Costos Fijos:

- Amortizaciones o alquiler del local
- Sueldos de empleados.
- Amortizaciones de equipamiento y bienes de uso (sistemas informáticos, estanterías, sistemas de transporte, etc.)

Costos Variables:

- Etiquetaje y embalaje
- Energía eléctrica del local (iluminación y refrigeración)
- Energía eléctrica por uso de sistemas de transporte
- Pallets de despacho
- Envases
- Pallets de uso interno

4.2 Modelo de costeo

4.2.1 Justificación de la elección del modelo de costeo

Teniendo en cuenta la clasificación previa en costos fijos y variables, se elige el modelo completo para la determinación de los costos de almacén, en el cual el mismo se calcula teniendo en cuenta tanto costos variables como fijos. La decisión se fundamenta en que los costos fijos no son despreciables con respecto a los variables y por lo tanto un costeo variable no sería representativo del costo total de la actividad.

4.2.2 Ecuación general del costo de almacén

De la Figura N° 4 y la posterior explicación de los componentes de costo en la sección 4.1 se tiene que el costo total de almacén estará dado por:

$$C_{Total} = C_{Estr} + C_{MO} + C_{Desp.} + C_{Sist.Tran.} + C_{E.E.} + C_{Env.} = [\$] \quad (1)$$

Ahora bien, para llegar a obtener el costo unitario por caja (\$/Caja) que es la unidad de análisis objetivo, no basta con dividir el costo total obtenido de la Ec. (1) por la cantidad de cajas almacenadas en el periodo de tiempo considerado, si no que es necesario llevar cada componente de costo a una unidad equivalente a la unidad objetivo y luego realizar la suma de cada uno de ellos. Para esto se debe operar con cada uno de una manera particular.

4.2.3 Lógica de funcionamiento del modelo

En esta sección se explica cómo opera el modelo para obtener el costo por caja de cada uno de los componentes de costo del almacén.

El modelo está estructurado de la siguiente manera:

Para cada almacén se cuenta con tablas resumen que muestran la cantidad de cajas de cada corte que ingresan al mismo por día (esta cantidad varía, para un nivel de actividad dado, según la cantidad de cortes que entran por caja), el acumulado máximo de cajas (que se calcula conociendo la permanencia promedio en el almacén de cada corte) y la forma en que se van a almacenar (en estantería o en pallets). También cuentan con una tabla global, donde se muestran el total de cajas por día y acumulado de cada familia (sin individualizar los cortes de cada una). Las familias se forman según el tamaño de las cajas, ya que las del mismo tamaño ocuparan una superficie o volumen de almacén igual. Además se puede elegir si los cortes se venden en caja o se destinan a la producción de hamburguesas (en cuyo caso se obtienen los kilos de hamburguesas equivalentes) y también si las cajas que se almacenen en pallets se van a agrupar en pallets completos de un solo tipo de corte o en pallets mixtos.

Una vez conocida la cantidad de cajas que se deben almacenar y su forma de almacenaje, se pueden calcular la cantidad de módulos de estantería necesarios y la cantidad de pallets que serán llenados. Para ello se debe introducir al sistema las medidas (ancho, alto y profundidad) del modulo de estantería, la cantidad de estantes y el peso máximo que puede soportar cada uno. Con estos datos se obtiene la cantidad de módulos necesarios.

La cantidad de pallets a llenar se obtiene de la cantidad de cajas que caben por pallet de cada corte o familia de productos (se deben conocer las medidas del pallet). Conociendo la cantidad necesaria de estanterías, pallets y sus medidas se obtiene la superficie mínima necesaria para la zona de almacenaje y se lo hace con el criterio de distribución que mejor aprovecha la superficie, que consiste en ubicar las calles o pasillos en forma longitudinal del almacén.

De la superficie necesaria para cada tipo de almacenaje y la cantidad de cajas almacenadas se obtiene el primer indicador importante, la cantidad de cajas por metro cuadrado (cajas/m²). Con este valor se puede obtener fácilmente la cantidad de metros cuadrados que necesita cada caja para cada tipo de almacenamiento (m²/caja).

Con este último dato y calculando el costo del metro cuadrado de almacén se obtiene el costo por caja correspondiente a almacén. Para completar los costos de estructura falta asignar el costo de los pallets y estanterías y se hace conociendo el costo de las mismas y la cantidad de cajas que caben en cada una.

El costo de mano de obra se asigna de 2 maneras, por un lado, los sueldos de los empleados de recepción de cajas a la salida del túnel y los empleados de preparación de pedidos se dividen por el total del nivel de actividad ya que todas las cajas pasan por dichas áreas del almacén. Mientras que pueden haber empleados encargados de zonas del almacén en los que se depositen exclusivamente ciertas familias de cortes por lo que esos sueldos serán asignados a las cajas que componen esas familias solamente.

Para la amortización de los sistemas de transporte y de gestión se asignaran los costos con el mismo criterio que los sueldos.

El costo de despacho se asigna a las cajas dividiendo el costo total por pallet armado (considerando costos de materiales de embalaje y el de los pallets) por la cantidad de cajas que contienen.

El costo de envasado es un costo directo para cada familia de productos, por lo que simplemente al costo unitario por caja se le debe asignar el total del costo de una unidad de envasado (costo del cartón impreso).

Los costos de energía eléctrica se obtienen, una vez dimensionado el almacén, calculando la potencia frigorífica necesaria (y luego el consumo de los equipos de frío), el consumo de luminarias, consumos de los equipos de transporte y las horas de funcionamiento de cada uno de estos elementos. A estos costos se los asignara de dos maneras, los costos de sistemas de transporte serán asignados con el mismo criterio de asignación de los sueldos (en función del sector del almacén en la que se utilicen o familias involucradas) y a los costos de refrigeración y de iluminación se los dividirá por la cantidad de cajas manipuladas en el almacén.

A continuación se explica más detalladamente cómo se obtienen los costos de cada componente:

Costo unitario de estructura:

$$Cu_{Estr.} = \left[(Cm^2 \times S_{ij}) + \frac{Cm^2 \times A_{extra}}{Ncaj_{total}} + \frac{C_{est.}}{Ncaj_{est.}} + \frac{C_{pallet} \times N_{pallet}}{Ncaj_{pallet}} + \frac{C_{EqFr}}{Ncaj_{total}} + \sum_1^k \sum_1^i \frac{C_{CSGk}}{Ncaj_{SGi}} \right] \times \frac{D_i}{30} = \left[\frac{\$}{Caja} \right] \quad (2)$$

donde:

Cm²: Costo del m² de almacén por mes, en función del costo de amortización y la superficie total.

S_{ij}: Metros cuadrados por caja de la familia i en la forma de almacenaje j.

A_{extra}: Superficie del sector de recepción a la salida del túnel y del sector de preparación de pedidos.

Ncaj_{total}: Total de cajas manipuladas en el mes.

C_{est}: Costo mensual de una estantería, amortización.

Ncaj_{est}: Cantidad de cajas que puede almacenar una estantería, capacidad de la estantería.

C_{pallet}: Costo del pallet.

N_{pallet}: Cantidad de pallets que se reponen por mes para utilización interna.

Ncaj_{pallet}: Cantidad de cajas que se manipulan en pallets en el mes.

C_{EqFr}: Costo de amortización mensual de los equipos de frío.

D_i: Cantidad de días de permanencia del producto i.

C_{CSGk}: Costo de amortización mensual del componente k del sistema de gestión.

Ncaj_{SGi}: Cantidad de cajas en las que se utilizo el sistema de gestión i en el mes.

Costo de mano de obra:

$$Cu_{MO} = \frac{N_{ODi} \times S_{ODi}}{Ncaj_i} + \frac{N_{OI} \times S_{OI}}{Ncaj_{total}} = \left[\frac{\$}{Caja} \right] \quad (3)$$

donde:

N_{ODi}: Cantidad de operarios directos. Trabajan con familias de productos determinadas.

S_{ODi}: Sueldo de empleados directos en pesos por mes.

N_{OI}: Cantidad de operarios indirectos. Trabajan con todas las cajas que ingresan al almacén.

S_{OI}: Sueldo de empleados indirectos en pesos por mes.

Costo de energía eléctrica:

$$Cu_{E,E} = \left[\frac{Cons_{Ilm} \times HS_{Ilm} + Cons_{Fr} \times HS_{Fr}}{Ncaj_{total}} + \frac{Cons_{Eqi} \times HS_{Eqi}}{Ncaj_i} \right] \times C_{EE} = \left[\frac{\$}{Caja} \right] \quad (4)$$

donde:

Cons_{Ilm}: Consumo de luminarias del galpón de almacén en kwh por hora.

HS_{Ilm}: Horas que permanecieron encendidas las luminarias.

Cons_{Fr}: Consumo de equipos de frio del almacén en kwh por hora.

HS_{Fr}: Horas de funcionamiento de los equipos de frio.

Ncaj_{total}: Cantidad total de cajas manipuladas en el mes.

Cons_{Eqi}: Consumo de EE del equipo *i* (Carga de autoelevador, alimentación computadora, equipos de palletizado, etc.) en kwh por hora.

HS_{Eqi}: Horas de utilización del equipo *i*.

Ncaj_i: Cantidad de cajas manipuladas por el equipo *i*.

C_{EE}: Costo de de la energía eléctrica en pesos por kwh.

Costo de despacho:

$$Cu_{Desp} = \frac{C_{Eqpp}}{Ncaj_{total}} + \frac{C_{pallet} + C_{memb} + C_{etq}}{Ncaj_{pallet}} = \left[\frac{\$}{Caja} \right] \quad (5)$$

donde:

C_{Eqpp}: Costo de amortización mensual los equipos del sector de preparación de pedidos.

Ncaj_{total}: Cantidad total de cajas manipuladas en el mes.

C_{pallet}: Costo del pallet.

C_{memb}: Costo del material de embalaje por pallet completo.

C_{etq}: Costo del material de etiquetado por pallet completo.

Ncaj_{pallet}: Cantidad de cajas que se manipulan en pallets en el mes.

Costo de envasado:

$$Cu_{env} = C_{cci} = \left[\frac{\$}{Caja} \right] \quad (6)$$

donde:

C_{cci}: Costo de la caja de cartón de la medida correspondiente a la familia *i*.

Costo del sistema de transporte:

$$C_{tran} = \sum_1^i \frac{C_{CSTi}}{M_{ACSTi}} + \sum_1^i C_{m_{CSTi}} \quad (7)$$

donde:

C_{CSTi}: Costo de adquisición del componente *i* del sistema de transporte.

M_{ACSTi}: Cantidad de meses en los que se desea amortizar el componente *i* del sistema de transporte.

C_{m_{CSTi}}: Costo de mantenimiento preventivo del componente *i* del sistema de transporte.

4.2.4 Datos de entrada y alcance del modelo

Datos de entrada:

Los datos de entrada son la información con la que deberá contar el usuario del modelo para poder obtener los resultados buscados. Tanto para el diseño como para la gestión del almacén se deberá contar con:

- Producción diaria en cantidad de medias reses
- Cantidad de cortes por caja de cada producto (o kilos para hamburguesas)
- Dimensiones de pallets y de cajas de cada familia de productos.
- Cantidad de cajas por pallet de cada familia de productos.
- Dimensiones, cantidad de estantes y capacidad de las estanterías (peso máximo por estante).
- Días de permanencia en almacén de cada corte
- Dimensiones del almacén (largo y alto), el ancho lo calcula el sistema en función de la superficie necesaria.

- Para Hilton, porcentaje de venta a cada mercado (Inglaterra y Alemania)

- Costos de construcción por metro cuadrado (de paredes, piso y techo), costos de mano de obra de construcción y costos del terreno. O bien el costo total del almacén en caso que ya esté construido o el precio del alquiler si no es propio.
- Precios de estanterías, pallets, sistemas de transporte y todo los demás elementos de trabajo de en el almacén.
- Costo de la energía eléctrica en pesos por kwh.
- Sueldos de los empleados.
- Costo de equipos de frio seleccionado en función de la potencia frigorífica necesaria arrojada por el modelo.
- Costos de equipamiento y bienes de uso (sistemas informáticos, estanterías, sistemas de transporte, etc.) y el periodo de tiempo en que se desea amortizarlos.

Alcance del modelo:

El modelo puede ser usado tanto para diseño como para gestión de un almacén ya existente brindando la siguiente información:

- Superficie necesaria de almacén (utilizada).
- Se obtiene de forma detallada la cantidad de cajas de cada producto por día y máximo acumulado y la cantidad que se almacena en estantería y en pallets.
- Comparación del rendimiento en cajas/m² del almacén entre pallet y estantería (en cajas por metro cuadrado).
- Obtener los costos de almacenamiento por día por caja (de cada corte particular) según la forma de almacenaje, dependiendo del tamaño del almacén y del nivel de producción.
- Se puede decidir si almacenar los cortes en cajas o hacerlos hamburguesas según el tiempo de permanencia en el almacén.
- Según las medidas de la estantería utilizada, arroja que cantidad es necesaria para la acumulación de cajas. Además entrega la cantidad de cajas por estante, la cantidad de estanterías por fila y la cantidad de filas.
- Para almacenaje en pallets, arroja la cantidad de filas y la cantidad de pallets por fila teniendo en cuenta cuantos pallets en altura se almacenan. Con estos datos se obtiene la superficie necesaria para la cantidad de cajas dadas.
- Se puede obtener un detalle de los costos de frio, amortizaciones, mano de obra, estructura, sistema de transporte, mantenimiento; para cada corte almacenado.

Para el diseño de un nuevo almacén:

Arroja los mismos resultados especificados anteriormente dando la posibilidad de comparar estos para distintos tamaños y configuraciones del almacén. A partir de los cuales se puede decidir por la opción optima en cuanto a costos, tamaño o las variables de decisión más importantes.

5. APLICACIÓN DEL MODELO

5.1 Ejemplo de aplicación de sistema

5.1.1 Descripción de la situación

A modo de validar el modelo desarrollado, se lo aplica a un caso de estudio del cual se obtendrán resultados y se explicaran algunas de las herramientas con las que cuenta este modelo.

Consideraciones generales:

El frigorífico cuenta con 2 almacenes (uno para cortes congelados y otro para Hilton). La producción diaria es de 400 medias reses que se destinan a cuota Hilton (Inglaterra y Alemania), a Kosher, a cortes sin hueso y a hamburguesas. Estas cajas están almacenadas en pallets o estanterías según se expone en la Tabla 1. También se puede observar en esta tabla los días de permanencia de cada corte en el almacén y en función de eso la cantidad máxima acumulada. En función de dichas cantidades se obtiene un requerimiento de superficie de 1248 m² para el almacén de congelados y 270 m² para el almacén de enfriados. Definiendo una longitud de 40 y 20 metros respectivamente y una altura de 6 metros ambas cámaras, el sistema arroja un ancho mínimo de almacén necesario de 20,8 y 10,4 metros respectivamente.

VI Congreso de Ingeniería Industrial COINI 2013



Tabla 1 Resumen de producción a almacenar

N°	Corte	Almacenaje	Venta en caja	Cantidad de cortes en caja	Cantidad de cajas por día	Permanencia en almacén (días)	Acumulación de cajas
T01	BIFE DE VACIO	Estanteria	No	40	0	0	0
T02	BOLA DE LOMO	Pallet	Si	5	80,0	21	1680
T03	CARNAZA CUADRADA	Pallet	Si	5	80,0	21	1680
T04	COLITA DE CUADRIL	Estanteria	Si	22	18,2	21	381
T05	GARRON	Pallet	No	14	0	0	0
T06	NALGA DE ADENTRO CON TAPA	Pallet	Si	3	133,3	21	2800
T07	NALGA DE AFUERA	Pallet	Si	4	100,0	21	2100
T08	PECETO	Pallet	Si	12	33,3	21	700
T09	TAPA DE CUADRIL	Estanteria	Si	18	22,2	21	466
T10	TORTUGUITA	Pallet	No	14	0	0	0
T11	VACIO	Pallet	No	6	0	0	0
HB	HAMBURGUESA	Pallet	Si	-	518,0	7	3624
KO	KOSHER	Pallet	Si	-	400,0	7	2800
HI1	BIFE ANGOSTO	Pallet	Si	5	80,0	15	1200
HI2	CUADRIL	Pallet	Si	9	44,4	15	666
HI3	LOMO	Pallet	Si	13	30,7	15	461

Los cortes que no se venden en caja se destinan a la producción de hamburguesas (calculando la cantidad de kg equivalentes y la cantidad de cajas necesarias).

La Tabla 2 contiene las características dimensionales y rendimientos para cada familia de producto. Se puede observar superficie necesaria, cantidad de filas y rendimiento en cajas por metro cuadrado.

Tabla 2 Resumen de características dimensionales de almacenes.

Resumen de características dimensionales de almacén por familia de productos						
Corte	Rendimiento estanterías Caj/m2	Rendimiento Pallets Caj/m2	Superficie estantería m2	Superficie pallets m2	Cantidad filas estantería	Cantidad de filas pallets
CORTES SIN HUESO	8,26	18,53	76,32	400,40	2	3
KOSHER	0,00	13,46	0,00	140,40	0	1
HAMBURGUESAS	0,00	17,42	0,00	130,00	0	1
HILTON	0,00	27,98	0,00	166,40	0	2

La otra utilidad del modelo consiste en el análisis y detalle de los costos de operación del almacén para cada corte. Pudiendo hacer diferentes análisis que sirven como soporte para la toma de decisiones.

Uno de estos análisis puede ser la elección de la forma de almacenaje (pallet o estantería) y para eso se compara en la Figura N° 5 la influencia de cada componente de costo para el corte Bola de lomo en las dos formas de almacenaje posibles. Este corte pertenece a la familia CORTES SIN HUESO. Se observa que la mayor variación se presenta en los costos de estructura, siendo el doble para el caso de almacenamiento en estantería y debido al rendimiento en cajas por metros cuadrado de esta familia que se observa en la Tabla 2. Según esta información, es conveniente almacenar las cajas en pallets, pero existe la posibilidad de que los costos de mano de obra para cortes que necesiten ser manipulados con mayor frecuencia acarreen gastos de picking por el armado y desarmado de los pallets que no justifiquen esta forma de almacenaje.

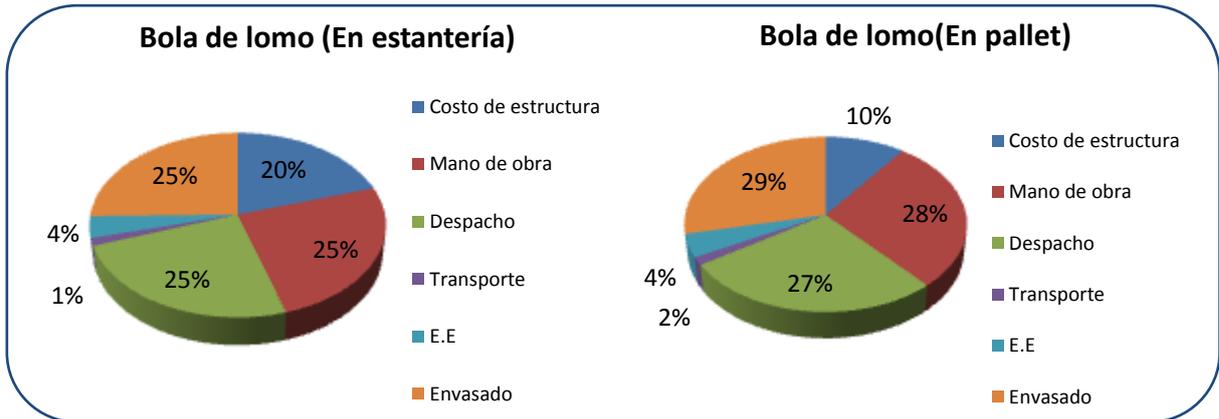


Figura 5 Comparación de componentes de costo según la forma de almacenaje.

El modelo permite también obtener los costos totales de estadía (según el tiempo total de permanencia) para cada corte y se observa en la Figura N° 6 que los cortes de una misma familia almacenados con la misma metodología, presentan el mismo costo para el caso evaluado (toda la familia tiene el mismo tiempo de estadía).

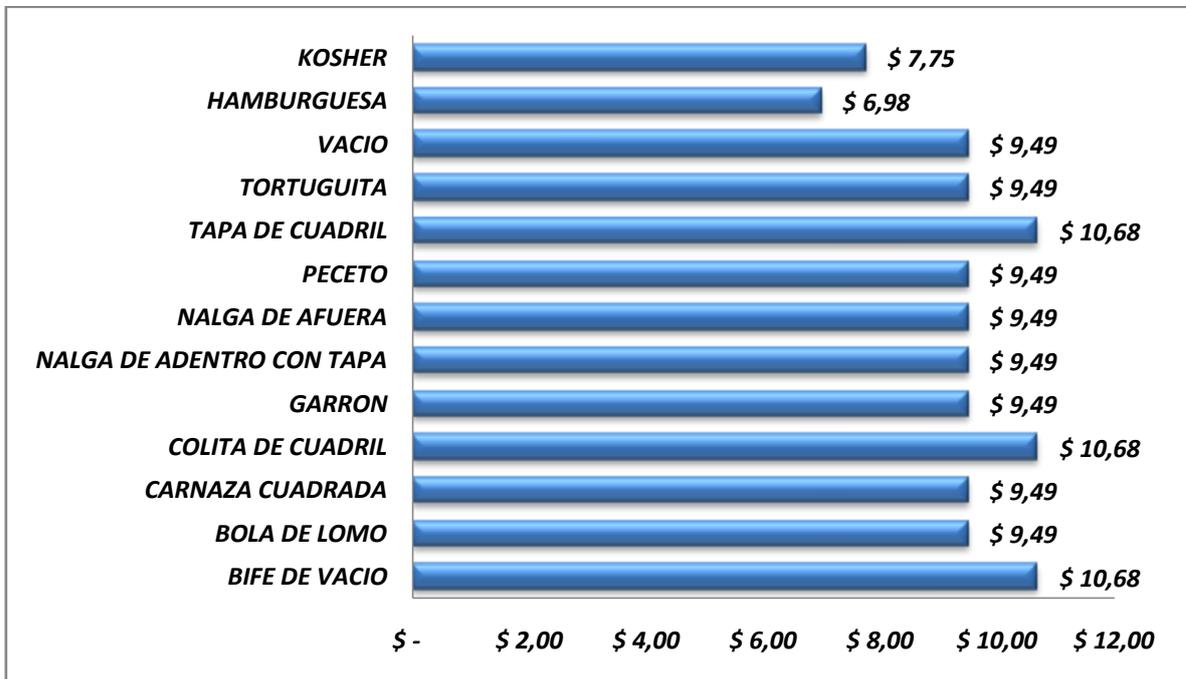


Figura 6 Costos totales de cada corte en su periodo de almacenamiento

Otra utilidad del modelo consiste en el soporte para decisiones gerenciales basadas en fluctuaciones de costos, como por ejemplo el destino de ciertos cortes, vendiéndolos en caja o destinándolos a la producción de hamburguesas. Esto se analiza para el corte GARRON. En la Figura N° 7 se muestra la disminución del beneficio de una caja de corte GARRON con el paso de las semanas debido a los costos de almacenamiento semanales. A su vez se muestra el beneficio destinar el corte a la producción de hamburguesas, considerándolo constante ya que la permanencia en almacén promedio es de una semana. Por lo tanto se llega a la conclusión de que si se mantiene una caja de GARRON por más de 7 semanas es conveniente destinar el corte a hamburguesas. La cantidad de semanas variará en función del corte y el nivel de beneficio de cada uno.

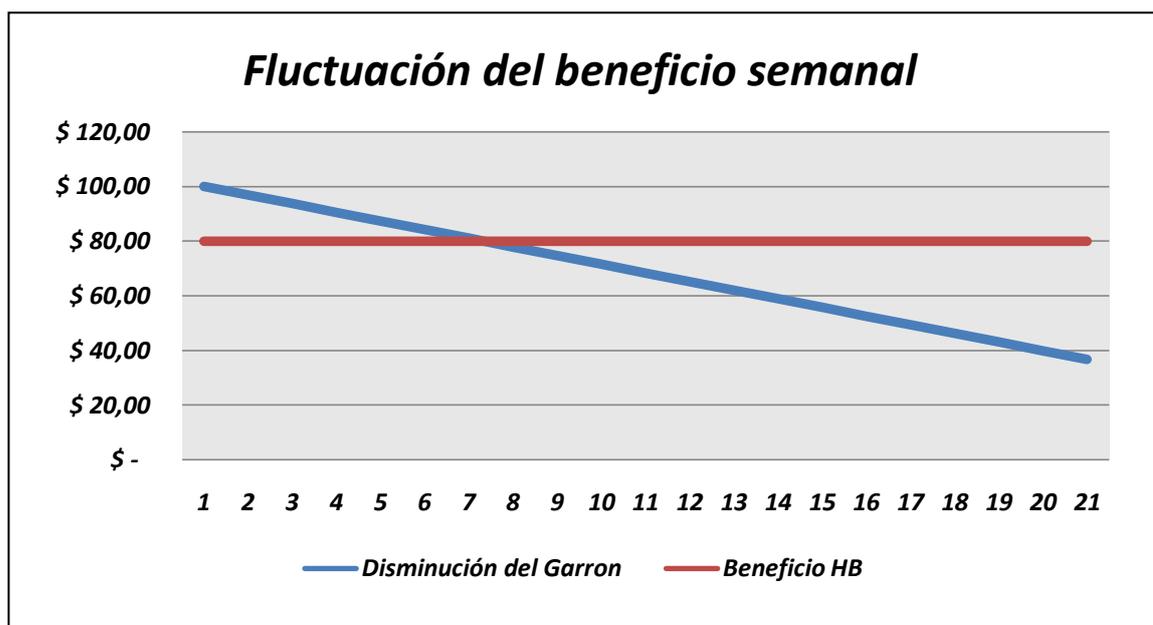


Figura 7 Comparación de beneficios Garrón Vs Hamburguesas.

Por último en la Tabla 3 se resume el costo total por caja en su periodo de almacenamiento y el costo de almacenar la totalidad de cajas de cada corte proyectándolo a un periodo de permanencia de un mes.

Tabla 3 Resumen de características dimensionales de almacenes.

N°	Corte	Total por caja en su periodo de almacenamiento	Total mensual
T01	BIFE DE VACIO	\$ 10,68	\$ 2.803,15
T02	BOLA DE LOMO	\$ 9,49	\$ 19.927,37
T03	CARNAZA CUADRADA	\$ 9,49	\$ 19.927,37
T04	COLITA DE CUADRIL	\$ 10,68	\$ 5.085,72
T05	GARRON	\$ 9,49	\$ 7.116,92
T06	NALGA DE ADENTRO CON TAPA	\$ 9,49	\$ 33.212,29
T07	NALGA DE AFUERA	\$ 9,49	\$ 24.909,22
T08	PECETO	\$ 9,49	\$ 8.303,07
T09	TAPA DE CUADRIL	\$ 10,68	\$ 6.220,33
T10	TORTUGUITA	\$ 9,49	\$ 7.116,92
T11	VACIO	\$ 9,49	\$ 16.606,15
HB	HAMBURGUESA	\$ 6,98	\$ 94.861,14
KO	KOSHER	\$ 7,75	\$ 81.340,46
			\$ 327.430,11

Se tiene entonces que el costo de actividad mensual del almacén de congelados para un nivel de producción de 400 medias reses es de \$327.430,11.

3. CONCLUSIONES.

El sistema desarrollado se plantea para la generalidad de los almacenes de la industria frigorífica exportadora. Realizando modificaciones menores en cuanto a datos de entrada, layout objetivo y metodología de trabajo será aplicable perfectamente a cualquier diseño de almacén, brindando todas las herramientas de gestión descriptas.

4. REFERENCIAS.

- [1] Duarte, Mariano Oscar; Hick, Tomás Guillermo; Tucci, Víctor; Rodríguez, María Analía. (2013). “Análisis de las actividades de picking y preparación de pedidos en industrias frigoríficas de ciclo II”. V Congreso de Ingeniería Industrial COINI 2012. Argentina.
- [2] de Koster, René; et al. (2007). “Design and control of warehouse order picking: A literature review”. *European Journal of Operational Research*. 182, 481–501. Holanda.
- [3] Mauleón, Mikel; (2003). *Sistemas de almacenaje y picking*. Díaz de Santos. Madrid.
- [4] Castagana, Alicia; Woelflin, María Lidia; Cafarell, Sonia; López Asensio, Guillermo. (2005). “El sector de la carne. La industria frigorífica en el gran Rosario”. Décimas Jornadas “Investigaciones en la Facultad” de Ciencias Económicas y Estadística. Rosario, Argentina.
- [5] LEY 22375 / 1981. Régimen de habilitación y funcionamiento de los establecimientos donde se faenan carnes o elaboren y depositen productos de origen animal.
- [6] IPCVA – Instituto de promoción de la carne vacuna argentina. <http://cocinasimple.net/wp-content/uploads/2010/07/CortesVacunos.jpg>

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe por el financiamiento para la realización del presente trabajo a través del proyecto PID 25/O141.