

MODELO PARA EL CÁLCULO DEL COSTO DE ALMACENAMIENTO DE UN PRODUCTO: CASO DE ESTUDIO EN UN ENTORNO LOGÍSTICO

MODEL FOR CALCULATING THE STORAGE COST OF A PRODUCT: STUDY CASE IN A LOGISTICS ENVIRONMENT

M^a PILAR LAMBÁN

PhD, Profesor Colaborador, Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Universidad de Zaragoza, España, plamban@unizar.es

JESÚS ROYO

PhD, Profesor Titular, Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Zaragoza Logistics Center, España, jaroyo@zlc.edu.es

JAVIER VALENCIA

M.Sc., M. L. Doctorando en Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Universidad de Zaragoza, España; 644662@unizar.es

LUIS BERGES

PhD., Profesor Titular, Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Universidad de Zaragoza, España, bergesl@unizar.es

Diego Galar

PhD., Profesor Titular. Departamento Operaciones Ingeniería Mantenimiento. University of Technology, Luleå, Suecia; diego.galar@ltu.se.

Recibido para revisar Julio 4 de 2012, aceptado Febrero 20 de 2013, versión final Marzo 1 de 2013

RESUMEN: Diversos autores han establecido la gran importancia que tiene para las empresas el contar con información precisa relativa al costo de cada producto, siendo esto particularmente cierto en el ambiente de la intensa competencia global actual. A pesar de ello, se ha demostrado que los sistemas tradicionales no satisfacen las presentes demandas empresariales por lo que en los últimos años se han propuesto nuevos métodos de costeo los cuales, sin embargo, aún resultan imprecisos. Es por esta situación manifiesta que en este trabajo se presenta una nueva metodología para la determinación del costo de almacenaje de un producto, extrapolable a todos los eslabones de la Cadena de Suministro. A su vez, se propone un nuevo inductor de costo, el índice logístico, el cual contribuye a brindar información más precisa que los métodos tradicionales. Se concluye mostrando un caso de negocio donde se aplica este modelo en una empresa logística española.

PALABRAS CLAVE: Costo, Cadena de Suministro, almacenamiento, dimensiones de un producto, procesos.

ABSTRACT: Several authors have established how important it is for companies to have accurate product cost information, especially in the actual environment of intense global competition. However, it has been shown that traditional systems do not satisfy these business demands, so in recent years new cost methods have been proposed, nevertheless these are still inaccurate. It is because of this situation that this paper presents a new methodology for determining the storage cost of a product that can be extrapolated to all the links of the supply chain. In turn, we propose a new cost driver, the logistics index, which helps to provide more precise information than traditional methods. It concludes by showing a business case where this model is implemented in a Spanish logistics company.

KEYWORDS: Cost, Supply Chain, storage, product dimensions, process.

1. INTRODUCCIÓN

Diversos autores han establecido la gran importancia que tiene en la actualidad para las empresas el contar con información precisa relativa al costo de cada producto. En [1] se establece que contar con esta información resulta crítico para todos los aspectos del negocio, desde las políticas de precios hasta el

diseño de los productos. Baykasoglu y Kaplanoglu [2] remarcaron que una empresa que quiera mantener una posición competitiva debe ser capaz de unir alta calidad de productos y/o servicios, tiempos de entrega ajustados y los costos más bajos posibles, hechos que únicamente podrán alcanzarse, de acuerdo con Gupta y Galloway [1], de contarse con información precisa de los mismos.

Así mismo, en [3] se determinó que la interdependencia que existe en las áreas de la Cadena de Suministro, pieza clave del desarrollo empresarial [4], requiere que se tenga información de costos precisa de todos los elementos de dichas áreas; siendo esto particularmente cierto en el ambiente de la intensa competencia global actual [5].

A pesar de la importancia manifiesta de contar con costos precisos, diversos autores han comprobado que los sistemas de determinación de costos habituales, tales como la contabilidad tradicional, no son capaces de satisfacer las necesidades de los sistemas empresariales actuales. Más aún, en muchas tomas de decisiones la administración requiere de información de costos más precisa que la que los sistemas tradicionales pueden ofrecer [3]. Así mismo, Whicker, et al. [6] estipulan que los sistemas de cálculo del costo utilizados en muchas organizaciones no se encuentran alineados con la administración de la Cadena de Suministro y, de acuerdo con lo anterior, en [7] se establece que las herramientas tradicionales de costeo no son apropiadas para los actuales métodos de gestión.

En este contexto Gunasekaran, et al. [8] indicaron que se requieren nuevos sistemas y enfoques de costos, principalmente debido a las siguientes razones: (i) Los sistemas de costos tradicionales no proveen suficiente información no financiera (ii) Los existentes sistemas para el cálculo del costo de los productos no son precisos (iii) Los sistemas de costos actuales no motivan mejoras y (iv) Los costos generales son los predominantes.

También en [8] se establece que los nuevos sistemas de cálculo de costos deben enfocarse en las áreas de compras, desarrollo de proveedores, administración del conocimiento, tecnologías de información y logística por lo que estos autores realizan un llamado a aumentar tanto la investigación de costos en temas de Cadena de Suministro en general como en logística en particular, al indicar que la importancia de ésta radica, en parte, en que los costos logísticos son una significativa parte del costo total de un producto. Es por esto que en la actualidad uno de los principales objetivos estratégicos empresariales es el estudio y conocimiento de los costos asociados a los procesos de la Cadena de Suministro, tales como el proceso de almacenamiento, fundamental para el éxito o fracaso de una organización [9], debido

tanto a su relación con el nivel de servicio al cliente como por la complejidad que lo envuelve [10].

En este contexto, la aportación de este trabajo se centra en calcular el costo de almacenamiento de un producto en concreto, teniendo presentes factores que lo caracterizan como su peso y volumen, los cuales condicionan la operativa de los procesos. Se utiliza una “Work Breakdown Approach” (WBS) particularizada para el cálculo del costo de un proceso de almacenamiento [11].

Un resumen del resto del artículo es el siguiente: La sección 2 provee la revisión de la literatura de los métodos de costeo existentes, la sección 3 describe el objetivo del trabajo, la 4 provee un nuevo modelo para calcular el costo de almacenamiento, la sección 5 muestra el caso de estudio y finalmente la 6 y la 7 presentan las conclusiones y los agradecimientos respectivamente.

2. REVISIÓN DE LOS MÉTODOS EXISTENTES

Desde un punto de vista metodológico, la estimación de un costo se puede realizar mediante una aproximación cualitativa o cuantitativa [12, 13] siguiendo la figura 1.

Los enfoques cualitativos se basan en el juicio de un experto o bien en reglas heurísticas; estos enfoques no van a ser tratados en este trabajo ya que únicamente indican si una alternativa es mejor o peor que otra sin especificar valores absolutos.

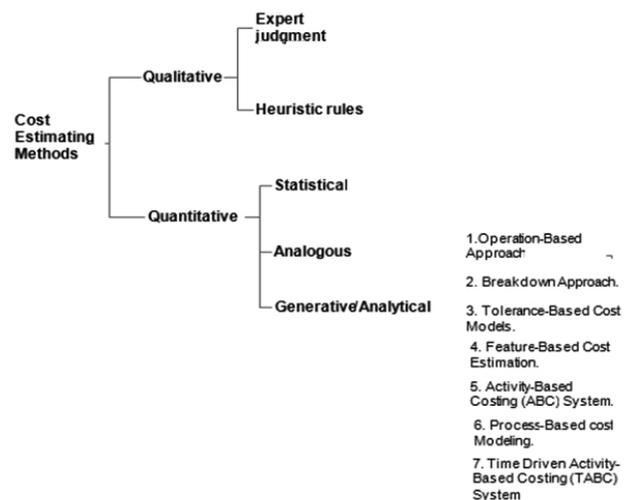


Figura 1. Adaptada de Caputo y Pelagagge 2008 [13].

Los métodos cuantitativos se pueden clasificar más en detalle como modelos estadísticos, modelos análogos o modelos generativos analíticos [12,14]. Los modelos estadísticos y analíticos se aplican para situaciones relacionadas con el proceso de fabricación del producto [12], particularmente los estadísticos se basan en fórmulas o enfoques alternativos para vincular las características de los productos a sus costos [15] mientras que los análogos infieren una semejanza en la estructura de los costos generada por una similitud funcional o geométrica entre las características del producto. La fuerza de la similitud será proporcional a la correspondencia de las características relevantes [12 y 16].

Los métodos analíticos son los más precisos ya que estos intentan describir el proceso de creación del producto al descomponer los artículos en unidades elementales (operaciones y actividades básicas) que representan los diferentes recursos consumidos durante el ciclo de producción, dando como resultado que el costo puede expresarse como la suma de ellas. La revisión de la literatura realizada ha mostrado que las aplicaciones de los modelos analíticos existentes se dan mayormente en entornos de fabricación, siendo algunos ejemplos de ello (siguiendo la figura 1): 1. Operation-Based Approach. [17], 2. Breakdown Approach [18], 3. Tolerance [19], 4. Feature based cost [20] y 6. Process based cost modeling, [21, 22, 23]. Se han encontrado dos métodos que presentan aplicaciones en el ámbito logístico: 5. Activity-Based Costing (ABC) System y 7. Time Driven Activity-Based Costing (TDABC) System, por lo que se tratarán más en detalle.

El 5. Activity-Based Costing (ABC) System o sistema de costos basado en actividades (ABC) se centra en el cálculo de los costos incurridos durante el desarrollo de las actividades propias del producto. Este método fue discutido por vez primera por Cooper y Kaplan [24] quienes presentaron el sistema ABC como una manera útil para distribuir el costo general en proporción a las actividades desarrolladas en la gestión del producto.

Desde el punto de vista de la gestión, varios son los autores que indican que el sistema ABC brinda diversas ventajas a las empresas [25, 2] tales como que las ayuda a ser más eficientes y eficaces, a la vez que contribuye a identificar actividades de valor añadido y por lo tanto a reducir aquellas donde no se agrega valor. A pesar de

que el ABC cuenta con diversos aspectos positivos y de que existen algunos estudios del mismo en entornos logísticos, autores como Pirtil y Hautaniemi [3] y Hung [28] afirman que la gran mayoría de las aplicaciones documentadas del sistema de costos ABC se ha limitado a la manufactura mientras que han sido muy pocas las relativas a otras áreas de la compañía [26, 27].

Lo anterior puede deberse a que este método no puede proveer información precisa relativa al consumo de los diversos recursos y actividades de una empresa [29], a su vez que presenta otras limitaciones [30] tales como la gran complejidad que significa la selección de los inductores de costos adecuados para cada actividad [31, 32]. Estos inductores son las medidas cuantitativas para repartir el costo de las actividades, y la precisión con la que se pueda conocer el costo de un producto depende en gran medida de la correcta selección de ellos [8], es por esto que Varila, et al. [33] indicaron que una de las fuentes de innovación para los sistemas ABC son estos inductores.

El 7. Time Driven Activity-Based Costing System (TDABC) fue propuesto por Kaplan y Anderson [31] y determina los recursos utilizados mediante el tiempo requerido para llevar a cabo cierta actividad. Este método se basa en la aplicación de diversos controladores y ecuaciones temporales, mediante los cuales se habrá de determinar el costo por unidad de tiempo de cada actividad para posteriormente multiplicar dicho valor por el tiempo consumido en cada operación realizada. La aplicación del sistema TDABC en los diversos eslabones de la Cadena de Suministro ha sido comentado por algunos autores tales como Stouthuysen et al. en [34] quienes muestran la implementación de este método, así como sus dificultades y beneficios, en el proceso de adquisición desarrollado en una biblioteca.

La clasificación previa muestra diferentes enfoques que pueden ser elegidos para hacer frente a un problema de estimación de costos, quedando la elección del método a utilizar en función del proceso o producto a modelar, la disponibilidad de información y las limitaciones propias de cada caso.

3. OBJETIVO DEL TRABAJO

Diversos autores han indicado factores a tener en cuenta de cara al cálculo del costo de un producto

de forma precisa. En [3] se estableció que el peso, el tamaño, el volumen y la fragilidad de los productos, así como las características de los clientes y los mercados causan diferencias en los costos. En esta línea, Kaplan y Cooper [35] hicieron mención a que la diversidad de los productos es considerada como la causa más importante de imprecisión en los sistemas tradicionales de cálculo de costos. Así mismo, Gupta y Galloway y Ríos y Gómez [36] determinaron que la asignación de costos en una empresa que únicamente trabaja un tipo de producto es sencilla no así en una organización con una compleja gama de productos.

Por otro lado, se ha constatado como los procesos logísticos presentan numerosas interrogantes que no existen generalmente para las aplicaciones en entornos productivos, lo que dificulta la implementación de nuevos modelos de costeo. En general, el “output” de los procesos de las compañías logísticas no puede ser representado tan fácilmente como las salidas de los procesos de las compañías de manufactura, a su vez que las actividades que se llevan a cabo en una empresa de fabricación son generalmente conocidas con certeza, hecho que no siempre ocurre en los entornos logísticos. Siendo estos los motivos que limitan la implantación del modelo ABC en este tipo de entornos [2].

De ahí que el presente trabajo propone un modelo aplicable a todos los procesos de la Cadena de Suministro, mostrándose en concreto la aplicación del mismo en la determinación del costo del proceso de almacenamiento. Para este cálculo se tendrán en cuenta el peso y volumen del producto, factores que, como se hizo mención líneas arriba, son condicionantes importantes en la operativa del proceso.

Este modelo se propone siguiendo lo indicado por Layer, et al. [12] quienes establecen que únicamente los modelos generativos y analíticos podrán describir los costos de una manera detallada y diferenciada. Se plantea la utilización de un modelo analítico, una generalización de una estructura de descomposición por niveles, lo que permite su aplicación en todos los diferentes procesos de la Cadena de Suministro [11] a diferencia de los sistemas tradicionales que solo cubren una parte del proceso productivo.

Cabe señalar que el modelo propuesto presenta características comunes con otros modelos estudiados,

tales como el ABC, ya que se analizan las actividades asociadas al proceso a analizar, y con el Process-Based Cost Modeling, ya que se reflejan los procesos con todos sus factores en una expresión en la que se cuantifican los costos.

Para el cálculo de costos de un proceso se tendrán en cuenta factores intrínsecos y extrínsecos que se convertirán en costos directos o indirectos según puedan o no ser asignados de forma inequívoca al producto que se está estudiando. En un entorno logístico los factores intrínsecos serían los recursos utilizados, como los sistemas de manipulación y los sistemas de transporte, a su vez que los factores extrínsecos provendrían de los salarios del personal, de las tarifas energéticas vigentes y del régimen fiscal de la empresa, entre otros.

Cabe mencionar que nuestro estudio se basa en un caso real originado en el almacén de una empresa que comercializa equipos y sistemas para entornos logísticos.

De manera particular en este artículo se tienen los siguientes objetivos: (i) Mostrar un modelo detallado, una WBS, para determinar el costo del proceso de almacenamiento (ii) Establecer un inductor de costo para obtener el costo unitario de almacenamiento de forma precisa, reflejando la influencia que tienen el volumen y peso de un producto en la operativa del proceso de almacenamiento (iii) Mostrar una aplicación real, en la que se calcula el costo unitario de almacenamiento de un producto.

4. MODELO GLOBAL PARA DETERMINAR EL COSTO DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO

Para plantear el modelo se ha llevado a cabo un profundo estudio de este proceso: Se han contemplado las características y los tipos de almacenes existentes así como sus diferentes áreas, operaciones y actividades y el material a almacenar. Así mismo, se han considerado tanto los recursos humanos y materiales como el espacio físico requerido. Finalmente, se ha contemplado la posibilidad de que el almacenamiento lo desarrolle la propia empresa, un operador logístico contratado por la misma o que se haya tomado la decisión de operar simultáneamente con almacenes propios y con operadores logísticos.

El modelo propuesto se muestra en la figura 2 en la que se puede apreciar que se han propuesto cinco niveles en la WBS. La determinación de los costos para un nivel implica la suma de los bloques de costos del nivel siguiente. El modelo permite obtener el costo del proceso de almacenamiento global de una empresa así como el costo unitario de almacenamiento para una referencia en particular en un momento temporal determinado, siendo esto una de las principales aportaciones de este trabajo. Para ello, en esta investigación se plantea un nuevo inductor para el reparto del costo a los diferentes productos de un almacén, el inductor logístico.

4.1. Índice Logístico de un producto

Se ha definido el Índice Logístico del artículo i de estudio, $I_{log\ i}$, con la siguiente expresión:

$$I_{log\ i} = \alpha \cdot I_{pes_i} + \beta \cdot I_{vol_i} \quad (1)$$

Donde:

I_{pes_i} : Índice de peso del artículo i objeto de estudio. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{pes_i} = \frac{Pes_art_i}{\sum_{j=1}^n Pes_art_j} \quad (2)$$

Pes_art_j : Los pesos unitarios de todos los posibles artículos que contempla el proceso logístico.

I_{vol_i} : Índice de volumen del artículo i de estudio. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{vol_i} = \frac{Vol_art_i}{\sum_{j=1}^n Vol_art_j} \quad (3)$$

Con $j=1$ hasta n , correspondiente al número de artículos en el proceso logístico.

$\alpha, \beta \in [0,1]$ serán los números con los que se pondera la importancia de cada uno de los dos factores indicados, peso y volumen respectivamente, los cuales deberán cumplir:

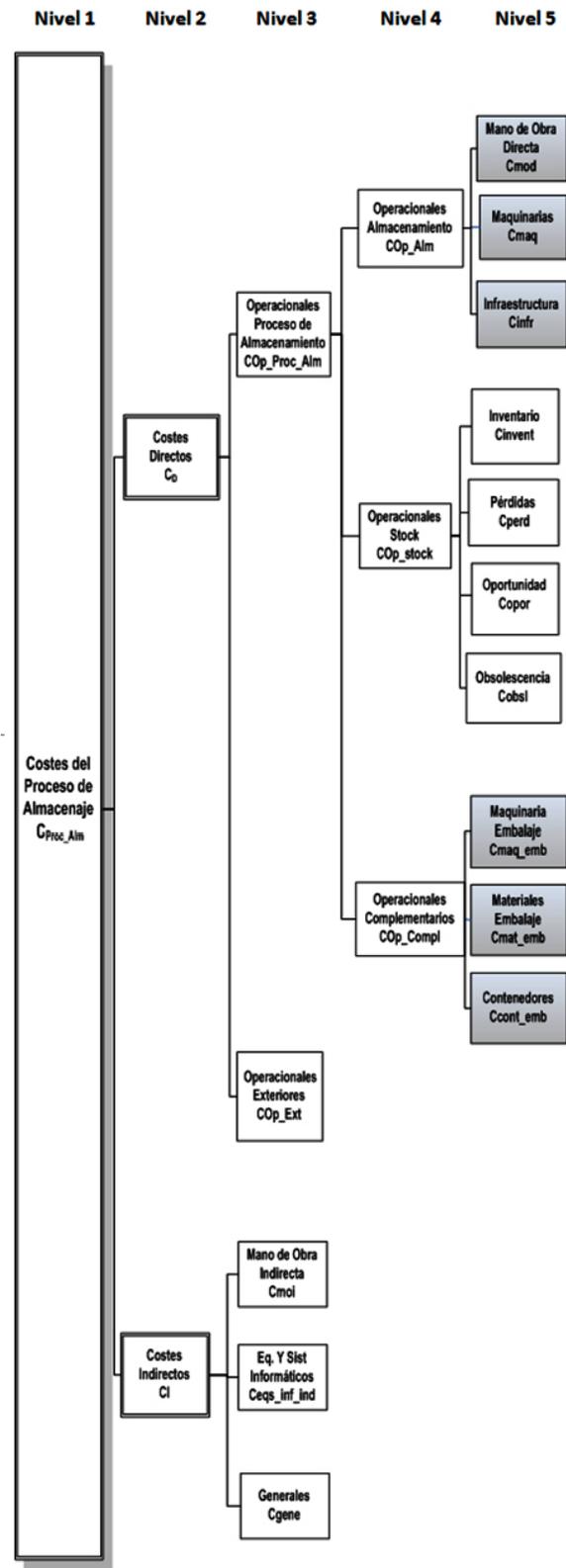


Figura 2. Modelo de costos del proceso de almacenamiento.

$$\alpha + \beta = 1 \quad (4)$$

Los índices logísticos correspondientes a cada uno de los distintos productos que se tengan en el almacén deben sumar la unidad. En el caso de que las referencias sean homogéneas, es decir que no existan diferencias entre los distintos productos respecto a los factores de peso y volumen, el índice logístico para cada una de ellas sería 1 y las expresiones planteadas para la determinación del costo podrían ser empleadas.

Es importante señalar que este índice se utiliza en los bloques incluidos dentro de los costos directos, y no de manera general en todos los bloques de costos del modelo. El índice logístico solo se utilizará para el reparto si el peso y volumen, factores en base a los que se genera el índice, influyen en la partida de costos a considerar, dichos bloques de costos se destacan en la figura 2.

4.2. Reparto de las partidas de costo a un producto

A continuación se indica la metodología empleada para realizar la asignación del costo de cada uno de los bloques del modelo.

En el Nivel 5 de la estructura WBS que se detalla en la figura 2 se inicia la recogida de los datos para determinar el costo de almacenamiento total. Para obtener la contribución al costo unitario del producto de cada una de las partidas de costos correspondientes a este nivel del modelo se plantea la siguiente expresión:

$$C_{\text{mod}} = \sum_{k=1}^K \left[C_{Mk} * \frac{I_{\log i}}{\sum_{r=1}^R I_{\log r} * N_{Pi_r}} \right]_k \quad (5)$$

Siendo:

C_{mod} : \$/pieza_i el Costo de la mano de obra directa.

k : Número de operarios que han manipulado la referencia de estudio.

C_{Mo} : Costo de la mano de obra del operario (\$/periodo).

$I_{\log i}$: Índice logístico del artículo i.

r : Cada una de las referencias manipuladas por los operarios en el año. Para cada uno de los operarios implicados en la manipulación de la referencia, se incluirán todas las referencias manipuladas, entre las que estará la de estudio. Cada una se verá afectada por el índice logístico correspondiente.

$I_{\log r}$: Índice logístico del artículo r.

N_{Pi_r} : Para un determinado artículo r este número de piezas podría ser:

N_{PM_r} : Número de piezas manipuladas del artículo r en el periodo de estudio (Se utilizará en la partida de Costo mano de obra, C_{mod} , y de Costo de máquina, C_{maq}).

N_{PA_r} : Número de piezas almacenadas del artículo r en el periodo de estudio (Se utilizará en la partida de Costo de infraestructura, C_{infr}).

N_{PE_r} : Número de piezas embaladas del artículo r (Se utilizará en el Costo de Maquinaria de Embalaje, $C_{\text{maq_emb}}$, Costo de materiales de embalaje, $C_{\text{mat_emb}}$ y Costo de contenedores, $C_{\text{Cont_emb}}$).

Para los bloques de costos englobados en el costo operacional anual por el stock C_{Op_Stock} no se utiliza el índice logístico. De ahí que para su cálculo se propone la siguiente expresión:

$$C_{Op_Stock} = C_{\text{invent}} + C_{\text{perd}} + C_{\text{opor}} + C_{\text{obsl}} \quad (6)$$

Donde C_{Op_Stock} es el costo anual asociado al stock, C_{invent} es el costo de cada uno de los productos almacenados a la entrada tal y como se muestra en la ecuación (9), C_{perd} son los costos anuales generados por: Caducidades C_{cadu} , extravíos C_{extv} y/o deterioros C_{dete} de todos los productos, C_{opor} es el costo de oportunidad anual y C_{obsl} que corresponde al costo de obsolescencia anual debido a: Obsolescencia tecnológica $C_{\text{obsl_te}}$, de la demanda $C_{\text{obsl_de}}$ y otro tipo de obsolescencia dependiente del tiempo de producto almacenado $C_{\text{obsl_otr}}$, tal y como se observa en las ecuaciones (7) y (8):

$$C_{\text{perd}} = \sum_{i=1}^N (C_{\text{cadu}} + C_{\text{extv}} + C_{\text{dete}}) \quad (7)$$

$$C_{obsl} = \sum_{i=1}^N (C_{obsl_te} + C_{obsl_de} + C_{obsl_otr}) \tag{8}$$

Donde *i* representa cada uno de los productos y *N* es el número total de productos almacenados.

Para la valoración del costo por posesión de inventario C_{invent} , para cada uno de los productos, se sumarán el costo del producto a la entrada al almacén C_{prod} y el costo del espacio ocupado por el mismo en la zona destinada al almacenamiento como se muestra en la ecuación (5), teniendo en cuenta el número de días que ha permanecido en esta área Nd_{alm} , siguiendo la ecuación 9.

$$C_{esp_prod} = (C_{terr} + C_{acond} + C_{nave_t} + C_{mant_esp} + C_{seg} + C_{imp} + C_{fin}) \cdot \left(\frac{V_{prod}}{V_{Nav}} \right) \tag{9}$$

$$C_{invent} = C_{prod} + \left[\frac{C_{esp_prod}}{365} \right] * Nd_{alm} \tag{10}$$

El costo del espacio del producto C_{esp_prod} se calcula tal y como muestra la ecuación (10), multiplicando el total de la suma del costo anual de: El terreno C_{terr} y de su acondicionamiento C_{acond} , con el valor del costo de la nave destinada al almacén en el período estudiado C_{nave_t} , con los costos de mantenimiento anuales de la instalación C_{mant_esp} así como el costo de los seguros C_{seg} , impuestos C_{imp} y costos financieros C_{fin} por el costo del espacio que es el resultado de dividir el volumen ocupado por éste V_{prod} respecto al volumen total de la instalación V_{Nav} .

Dado que las partidas de costos indirectos no se ven influidas por el peso y volumen de las referencias, se considera el número de piezas almacenadas totales como factor para obtener el costo unitario.

Cabe señalar, que para obtener el costo de un nivel hay que sumar los bloques del nivel siguiente. Este proceso se habrá de repetir hasta obtener el costo de almacenamiento del producto.

5. CASO DE ESTUDIO

El estudio se centra en el almacén de ruedas para montacargas de una empresa, en la que existen 21 tipos

de ruedas distintas. Se pretende analizar el impacto que tiene la consideración, o no, del índice logístico en el costo de almacenar cada una de ellas. Para esto se plantean un análisis con tres de las veintinueve referencias presentes en el almacén, las número: 1, 16 y 21, que fueron elegidas aleatoriamente.

5.1. Datos de entrada

Tabla 1. Tipos de ruedas en el almacén.

Ref. nº	ANCHURA (mm)	DIAMETRO (mm)
1	84	250
2	93	305
3	104	405
4	122	457
5	118	377
6	152	411
7	141	524
8	186	516
9	160	574
10	200	583
11	197	456
12	171	650
13	240	583
14	240	676
15	194	744
16	208	806
17	225	692
18	225	709
19	255	812
20	250	1009
21	158	450

Para este caso se analizaron las operativas de los procesos del almacén. Se cuenta con un montacarguista, un motacargas y la infraestructura e instalaciones del almacén, que es de estanterías convencionales. Los costos indirectos estarán formados por un operario, dos equipos informáticos y la parte proporcional de los costos generales del área.

Se decidió dar una importancia análoga al peso y al volumen de la referencia de cara a la manipulación, de ahí que se haya tomado un valor para alfa y beta de 0.5

Teniendo en cuenta esto y siguiendo la ecuación (1), los

índices logísticos para cada una de las referencias son:

Referencia 1: 0.0035

Referencia 16: 0.086

Referencia 21: 0.0198

Se han tomado datos de entrada de costos para cada uno de los bloques resaltados en la figura 2 (nivel 5) en los que influye el índice logístico.

El número de ruedas manipuladas, almacenadas y embaladas para cada referencia es análogo para cada una de las tres referencias.

5.2. Resultados y conclusiones de aplicación del modelo.

A continuación se muestra para las referencias seleccionadas tanto los resultados para las partidas en las que influye el índice logístico (columnas: Ref 1, Ref 16 y Ref 21) como aquellos donde no se incluye tal inductor de coste (columna: Sin índice), es decir estos últimos son los valores comunes originales y los cuales se obtuvieron al dividir cada partida entre el total de piezas almacenadas.

Únicamente se detallan los costos afectados por el índice logístico.

Tabla 2. Costes por referencia con y sin índice logístico.

	Ref. 1	Ref. 16	Ref. 21	Costo_sin
COSTES DIRECTOS				
Costo MOD	2.90	8.43	1.93	15.46
Costo Máquina	0.14	4.07	0.93	0.75
Costo de las Instalaciones	0.48	11.56	2.67	2.91
Costo Máquina emb	0.04	0.99	0.23	0.18
Costo Material emb	0.30	5.65	1.30	1.43
Coste de los Contenedores	0.30	5.65	1.30	1.43
COSTE TOTAL SIN INVENT	4.16	36.35	8.37	22.15

La comparación de los costos obtenidos se presenta en la figura 3, donde se aprecia que de no tenerse en cuenta el índice el costo contemplado sería menor al adecuado en las referencias 21 y 16 mientras que para la número 1 se obtendría un valor mayor.

Considerar un costo genérico (sin indice) puede dar lugar a la consideración de costos erróneos, lo que a su

vez podría afectar en la determinación de la rentabilidad de un producto. Estos resultados reflejan la importancia de considerar los índices logísticos, de tal forma que unas referencias no soporten los costos de otras.

6. CONCLUSIONES

Es debido a la importancia de conocer de forma precisa el costo de un producto que en este artículo se ha mostrado un modelo para determinar el costo del proceso de almacenamiento. De la investigación realizada se deriva que la metodología propuesta pueda ser extrapolada a diferentes procesos de la Cadena de Suministro, contribuyendo así a determinar el verdadero costo de un producto.

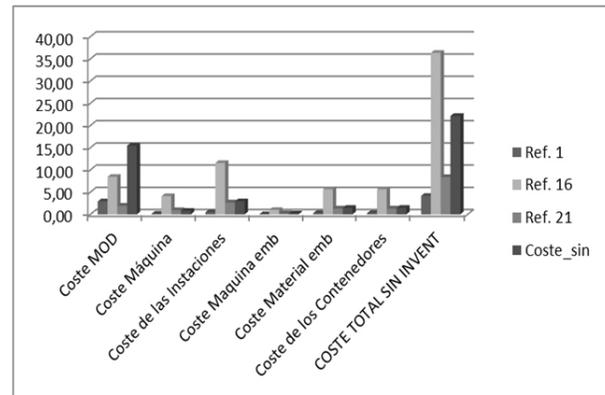


Figura 3. Costes por referencia con y sin índice logístico

Es por lo anterior que se puede decir que las conclusiones alcanzadas son las siguientes: (i) Se ha mostrado un modelo para determinar el costo de almacenamiento unitario de un producto (ii) Se ha indicado un nuevo inductor en el que se contemplen características particulares de un producto que condicionan la operativa de los procesos en el almacén (iii) Se muestra una nueva metodología para establecer el reparto de los costos fijos y variables del almacén (iv) Se muestra una aplicación en un entorno real, en la que se ha contribuido a conocer el costo de almacenamiento con precisión en cada una de las referencias existentes.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Centro Español de Logística, CEL, el reconocimiento otorgado en 2010 a la mejor Tesis Doctoral española en logística en la que se enmarca este trabajo. Javier Valencia quiere

agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México así como al Consejo de Ciencia, Innovación y Tecnología del Estado de Yucatán (México) por financiar sus estudios doctorales.

REFERENCIAS

- [1] Gupta, M. and Galloway, K., Activity-based costing/management and its implications for operations management, *Techovation*, 23, pp. 131-138, 2003.
- [2] Baykasoglu, A. and Kaplanoglu, V., Developing a service costing system and an application for logistics companies, *International Journal Agile Manufacturing*, 9, pp. 13-18, 2006.
- [3] Pirttil, T. and Hautaniemi, P., Activity-based costing and distribution logistics management, *International Journal of Production Economics*, 41, pp. 327-333, 1995.
- [4] Correa, A. y Gómez, R., Tecnologías de la información en la Cadena de Suministro, *Revista DYNA-Colombia*, 157, pp. 37- 48, 2009.
- [5] Askarany, D., Yazdifar, H. and Askary, S., Supply chain management, activity-based costing and organizational factors, *International Journal of Production Economics*, 127, pp. 238-248, 2010.
- [6] Whicker, L., Bernon, M., Templar, S. and Mena, C., Understanding the relationships between time and cost to improve supply chain performance, *International Journal of Production Economics*, 121, pp. 641-650, 2009.
- [7] Schulze, M., Seuring, S. and Evering, C., Applying activity-based costing in a supply chain environment, *International Journal of Production Economics*, 135, pp. 716-725, 2012.
- [8] Gunasekaran, A., Williams, H. and Mcgaughey, R., Performance measurement and costing system in new enterprise, *Technovation*, 25, pp. 523-533, 2005.
- [9] Frazelle, E., *Supply chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*, McGraw-Hill, New York, 2002.
- [10] Baker, P. and Canessa, M., Warehouse design: A structured approach, *European Journal of Operational Research*, 193, pp. 425-436, 2009.
- [11] Lambán, M. P., Determinación de costos de procesos de la Cadena de Suministro e influencia de factores productivos y logísticos [PhD Thesis]. Zaragoza, AR: Universidad de Zaragoza, 2010.
- [12] Layer, A., Brine, E. T., Van Houten, F., Kals and Haasis, H. S., Recent and future trends in cost estimation, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 15, pp. 499-510, 2002.
- [13] Caputo, A. C. and Pelagagge, P. M., Parametric and neural methods for cost estimation of process vessels, *International Journal of Production Economics*, 112, pp. 934-954, 2008.
- [14] Asiedu, Y., Besant, R. W. and Gu, P., Simulation-based cost estimation under economic uncertainty using kernel estimators, *International Journal of Production Research*, 38, pp. 2023-2035, 2000.
- [15] Schevere, K. Schuster, H. R. and Bason, A. H., Manufacturing cost estimation during design of fabricated parts, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers* 217, pp. 731-735, 1999.
- [16] Shields, M. D. and Young, S. M., Managing product life cycle cost of an organizational model, *Cost Management Autumn*, pp. 39-52, 1991.
- [17] Jung, J., Manufacturing Cost Estimation for Machined Parts Based on Manufacturing Features, *Journal of Intelligence Manufacturing*, 13, pp. 227-238, 2002.
- [18] Bernet, N., Wakerman, M., Bourban, P. and Manson, J., An Integrated Cost and Consolidation Model for Commingled Yard Based Composites, *Composites, Part A*, 33, pp. 495-506, 2002.
- [19] Sanz, A., Villeta, M. y Sebastian, M., Estudio comparativo entre modelos de curvas de costo-tolerancia de aplicación en fabricación mecánica. *Memorias 3º Manufacturing Engineering Society Conference*. Alcoy, España, Junio 2009.
- [20] H'mida, F., Martin, P. and Vernadat, F., Cost estimation in mechanical production: The cost entity approach applied to integrated product engineering, *Journal of Production Economics*, 103, pp. 17-35, 2006.
- [21] Johnson, M. and Kirchain, R., Quantifying the effects of parts consolidation and development costs on material selection decisions: A process-based costing approach, *International Journal of Production Economics*, 119, pp. 174-186, 2009.
- [22] Fuchs, E., Field, F., Roth, R. and Kirchain, R., *Strategic*

materials selection in the automobile body: economic opportunities for polymer composite design, *Composites Science and Technology*, 68, pp. 1989-2002, 2008.

[23] Kelkar, A., Analysis of aluminium in auto body designs and its strategic implications for the aluminium industry [SM Thesis]. Boston, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2000.

[24] Cooper, R. and Kaplan, R., Measure Costs Right: Make Decisions Right, *Harvard Business Review*, pp. 96-103, 1988.

[25] Stapleton, D., Pati, S., Beach, E. and Julmanichoti, P., Activity -based costing for logistics and marketing, *Journal of Business Process Management*, 10, pp. 584-597, 2004.

[26] Lin, W., Financial performance and customer service: An examination using activity-based costing of 38 international airlines, *Journal of Air Transport Management*, 19, pp. 13-15, 2012.

[27] Satoglua, S. I., Durmusoglua, M. B. and Doganb, I., Evaluation of the conversion from central storage to decentralized storages in cellular manufacturing environments using activity-based costing, *International Journal of Production Economics*, 103, pp. 616-632, 2006.

[28] Hung, S. J., Activity-based divergent supply chain planning for competitive advantage in the risky global environment: A DEMATEL-ANP fuzzy goal programming approach, *Expert Systems with Applications*, 38, pp. 9053-9062, 2011.

[29] Aptel, O. and Pourjalali, H., Improving activities and decreasing costs of logistics in hospitals: a comparison

of US and French hospitals, *The International Journal of Accounting*, 36, pp. 65-90, 2001.

[30] Kaplan, R. and Anderson, S., *Time-Driven Activity-Based Costing. A Simpler and More Powerful Path to Higher Profits*, Harvard Business Press, Boston, 2004.

[31] Kaplan, R. and Atkinson, A. A., *Advanced Management Accounting*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, 1998.

[32] Lahikainen, T., Paranko, J., Easy method for assigning activities to products – an application of ABC. *Memorias 5th International Seminar on Manufacturing Accounting Research*. Pisa, Italia, Junio 2001.

[33] Varila, M., Seppänen, M. and SUOMALA, P., Detailed cost modelling: a case study in warehouse logistics, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37, pp. 3-10, 2007.

[34] Stouthuysen, K., Swiggers, M., Reheul, A. and Roodhooft, F., Time-driven activity-based costing for a library acquisition process: A case study in a Belgian University, *Library Collections, Acquisitions, and Technical Services*, 34, pp. 83-91, 2010.

[35] Cooper, R. and Kaplan, R. S., How Cost Accounting Distorts Product Costs, *Management Accounting*, 69, pp. 20-27, 1998.

[36] Ríos, G. y Gómez, L., Análisis de costo para un sistema de producción de leche especializada. Un acercamiento al análisis económico en ganadería de leche: Estudio de caso, *Revista DYNA-Colombia*, 155, pp. 37 - 46, 2008.