

Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos

Carlos Alberto Castro Zuluaga

M.Sc. en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes
Docente Tiempo Completo, Universidad EAFIT
Investigador Grupo de Investigación en Gestión de Producción y Logística, Universidad EAFIT
Medellín, Colombia
ccastro@eafit.edu.co

Mario César Vélez Gallego

PhD. in Industrial and Systems Engineering,
Florida International University
MSc. in Industrial and Systems Engineering,
Georgia Institute of Technology
Docente Tiempo Completo, Universidad EAFIT
Investigador Grupo de Investigación en Gestión de Producción y Logística, Universidad EAFIT Medellín, Colombia
marvelez@eafit.edu.co

Jaime Andrés Castro Urrego

Estudiante de Ingeniería de Producción,
Universidad EAFIT Medellín, Colombia
jcastrou@eafit.edu.co

Resumen— Tradicionalmente la clasificación ABC es realizada en las empresas con el objetivo de definir e implementar una política de control de inventarios a todos los productos pertenecientes a una misma categoría. La clasificación de los productos en categorías se realiza de acuerdo a su importancia o relevancia por algún tipo de criterio, que normalmente es el consumo o utilización anual (para materias primas o repuestos) o la demanda o las ventas anuales (para productos terminados), utilizando para esto el bien conocido principio de Pareto. Sin embargo, en ocasiones es altamente recomendable y necesario hacer uso de criterios adicionales que permitan realizar una diferenciación más efectiva de las existencias. Por ello, este artículo presenta una recopilación de criterios útiles para realizar la clasificación ABC del inventario, describe en qué consiste cada uno y cómo puede ser medido. Adicionalmente se muestra un ejemplo de un escenario crítico de una clasificación ABC con tres criterios, en donde de acuerdo a los pesos asignados a cada uno y de las características de los productos incluidos en el proceso de clasificación, se pierde la validez de algún criterio en el análisis.

Palabras clave— Clasificación ABC, Gestión de Inventarios, Análisis Multicriterio

Abstract— ABC classification is traditionally performed in companies in order to define and implement an inventory control policy for all the products within the same category. The classification of products into categories is done according to their importance or relevance for some kind of criteria, usually the consumption or annual usage (for raw materials or spare parts) or demand or annual sales (for finished goods) using the well-known Pareto's principle. However, sometimes it is highly recommended and necessary to use additional criteria in order to make a more effective differentiation of stocks. Therefore, this paper presents a collection of useful criteria for ABC classification; describes its meaning and how it must be measured. Additionally, an example of a critical stage of a classification ABC with three criteria,

shows that depending on the weights assigned and the characteristics of the products included in the classification process, the validity of some criteria are lost in the analysis.

Keywords— ABC Classification, Inventory Management; Multi criteria analysis

I. INTRODUCCIÓN

En todas las empresas existen procesos de toma de decisiones que involucran una gran cantidad de productos o servicios. Este tipo de decisiones, según proceso de planeación que se lleve a cabo, debe realizarse para familias de productos o productos individuales que afectarán la planeación de producción, el abastecimiento, la distribución, el almacenamiento o la programación, áreas fundamentales dentro de cualquier organización.

Uno de los procesos más importantes y más complejos que existe es el control y la gestión de los inventarios, debido a que de este dependerá en gran medida el correcto funcionamiento de los procesos anteriormente mencionados, ya que independiente del tamaño de la empresa existen cientos o miles de ítems que deben ser monitoreados y controlados con el propósito de conocer sus existencias, ubicaciones, estado y demás información que es esencial para lograr realizar almacenamientos eficientes, planes de producción factibles, programas de producción reales, abastecimientos oportunos y distribuciones efectivas. Todo lo anterior finalmente va encaminado a lograr de manera superior las metas que una em-

presa tiene en relación con los niveles de servicio y los costos.

Dada la gran cantidad de referencias (entre materias primas, repuestos, producto en proceso y producto terminado) que tienen que administrar en un sistema de control y gestión de inventarios dentro de una empresa, sería demasiado costoso y poco práctico establecer esquemas de monitoreo y control de forma individual. En su lugar, la práctica más común a nivel industrial es la de agregar referencias por grupos de familias y aplicar políticas de control iguales a todo el grupo.

La forma comúnmente utilizada para realizar este tipo de clasificaciones es la denominada clasificación ABC, la cual se realiza de forma independiente para materias primas (o repuestos) y para productos terminados.

El enfoque tradicional de la clasificación ABC consiste en organizar todos los ítems de manera descendente según el criterio de consumo o utilización anual (para materias primas o repuestos) o de demanda o ventas anuales (para productos terminados), ambas medidas en pesos al año. Lo anterior implica que para las materias primas y los repuestos el valor del criterio para cada ítem se calcula como el consumo anual de cada materia prima multiplicado por su costo de compra, mientras que para los productos terminados se calcula como la demanda (o ventas) al año por su costo variable de fabricación (en el caso de un productor) o de compra (para un comercializador). De esta manera se espera que una cantidad reducida de ítems que se encuentran en la parte superior de la clasificación serán parte del grupo A, y requerirán la mayor atención por parte de la gerencia; la mayor cantidad de ítems que se encuentran en la parte inferior de la clasificación son asignados al grupo C y requerirán una mínima atención de la gerencia y la cantidad restante de ítems hará parte del grupo B y requirieren mediana atención [1].

La clasificación de los diferentes ítems que maneja una compañía en un grupo reducido de categorías, es un análisis simple de entender y fácil de utilizar por la mayoría de los encargados de los inventarios en una organización, pero este análisis está limitado a un solo criterio como se mencionó anteriormente, que es ampliamente reconocido que según el tipo de ítems o de industria en donde se realice el análisis, existe una gran

cantidad de criterios que deben ser incluidos en el análisis, con el propósito de realizar una mejor clasificación. Cuando un análisis ABC incluye dos o más criterios, este problema es llamado Clasificación ABC Multicriterio (MCABC por sus siglas en inglés), el cual es un problema ampliamente estudiado en la literatura, pero poco estudiado en lo relacionado con los criterios utilizados, sus características y la problemática en algunos enfoques con la asignación de pesos a los criterios empleados en el análisis.

El objetivo de este artículo es presentar una clasificación y una caracterización de los principales criterios utilizados en la MCABC, y desarrollar un ejemplo para ilustrar cómo la selección de los criterios y la asignación de pesos es una etapa crítica en este proceso de clasificación. Una asignación incorrecta de los pesos puede hacer incluso que alguno de los criterios incluidos en el análisis no tenga ningún efecto en el resultado final. El resto del artículo se encuentra estructurado en cinco secciones. Esta introducción es seguida por una revisión de la literatura en lo relacionado con la Clasificación ABC Multicriterio. En la sección 3 se muestran los principales criterios que se incluyen en este tipo de problemas y sus características. En la sección 4 se realiza un ejemplo donde se muestra la problemática sobre la asignación de pesos en la clasificación ABC Multicriterio. El artículo finaliza con algunos comentarios y conclusiones en la sección 5.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La clasificación tradicional de los artículos de una compañía en un número reducido de categorías es una implementación de la famosa observación de Pareto sobre la distribución desigual de la riqueza a nivel nacional [2]: la mayor parte de la riqueza nacional es controlada por unos pocos y la mayor parte de la población controla sólo una pequeña porción de la riqueza.

El principio de Pareto enunciado anteriormente puede ser utilizado en una gran cantidad de áreas gerenciales [3]. En relación al área de gestión y control de inventarios, el análisis de Pareto sugiere que no todos los ítems en el inventario de una empresa deben ser controlados igual, por lo que los ítems más importantes (grupo A) deben

ser controlados y monitoreados con sistemas de control de inventario más sofisticados que los utilizados para ítems menos importantes que se encuentran en el grupo B; y que los ítems del grupo C se deben controlar más fácilmente en comparación con los ítems del grupo B [1].

El análisis ABC clásico enunciado anteriormente ha sido cuestionado por algunos autores [4], debido principalmente a que la importancia y la atención prestada desde la gerencia a cada ítem depende de un único criterio a la hora de realizar la clasificación, sabiendo que en algunas oportunidades hay características y atributos que deberían ser considerados y posiblemente afectan su importancia. Considere, por ejemplo, un repuesto vital para el funcionamiento de una máquina, el cual es fundamental dentro del proceso productivo de una empresa, pero que sea muy económico y con un consumo anual moderado. Sin duda, este repuesto requeriría de una atención mayor por parte de la gerencia si en la clasificación se hubiera considerado la criticidad del ítem y no sólo su consumo o utilización en términos monetarios.

Cuando el análisis ABC incluye dos o más criterios, en la literatura científica el problema es denominado Clasificación Multicriterio del Inventario (MCIC o MCABC) Análisis ABC Multicriterio (por sus siglas en inglés, respectivamente), el cual ha sido tratado por varios autores. En los primeros trabajos sobre el problema [4,5] se planteó una metodología con dos criterios para el análisis ABC por medio de una matriz cruzada tabular. Desafortunadamente, de acuerdo con algunos autores [6], la metodología se vuelve complicada y difícil de manejar, cuando tres o más criterios se incluyen en el análisis.

Otros métodos más recientes empleados para resolver el problema MCABC incluyen: el Análisis Multivariado de Clusters, en el que ítems con características y atributos similares se agrupan para su análisis y posterior clasificación [7]; Proceso Analítico Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés), en el cual se obtiene una única medida escalar de la importancia de los ítems del inventario para su posterior clasificación con base en el resultado obtenido [6-8]; utilización de metaheurísticos, como los algoritmos genéticos [9] y las redes neuronales artificiales [8,10] aplicados a la clasificación

ABC multivariada y, recientemente, la optimización lineal ponderada [11-14], enfoque muy similar al concepto de Análisis Envolvente de Datos (DEA por sus siglas en inglés) y la clasificación por medio de la lógica fuzzy [15]. Finalmente, hay investigaciones que combinan métodos, donde se aplica el método ABC con multicriterio y la matriz de adquisición/índice de rotación, su utilización depende de la situación concreta de la aplicación [16].

Hasta donde se pudo constatar en la revisión de la literatura no se encontró ninguna publicación en la cual se caractericen y clasifiquen los criterios más utilizados en la clasificación ABC multicriterio. Tampoco se pudo encontrar un análisis sobre el impacto de las diferentes formas de asignar los pesos a los criterios en el resultado final de la clasificación

III. CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN ABC

Con base en la revisión de la literatura que se llevó a cabo se construyó una matriz de criterios (Tabla I) en la que se determina cuáles son algunos de los criterios más usados en el tratamiento del problema MCIC, su unidad de medida y para qué tipo de ítems aplica (señalados con una X), ya sea para materias primas, repuestos o para productos terminados, se diferencia la clasificación que se puede hacer de estos últimos desde el punto de vista del fabricante y del distribuidor.

El criterio de demanda/ventas anuales hace referencia a la cantidad de unidades físicas que fueron demandadas del producto durante el último año, por ello sólo es utilizado para clasificar productos terminados por parte de fabricantes o distribuidores. Por su parte, el consumo/utilización anual se basa en el total de unidades que fueron solicitadas desde el sistema productivo hacia el almacén, por lo cual este criterio sólo es tenido en cuenta para clasificar materias primas y repuestos.

El criterio de inventario promedio corresponde a la media de unidades físicas que se mantuvieron en inventario durante todo el año para cada ítem. Este criterio es aplicable para realizar la clasificación de todo tipo de ítems: materias primas,

repuestos y productos terminados (tanto para productores como para comercializadores).

El costo unitario se basa en el costo total que representa cada unidad del ítem, habida cuenta del costo de producción (para productos terminados en el almacén del fabricante) o de compra (para materias primas, repuestos y productos terminados en el almacén del comercializador); este criterio es aplicable para todos los tipos de ítems considerados en la matriz.

TABLA I
Matriz de Criterios para la clasificación ABC

Criterios	Unidad de Medida	Entrada		Salida	
		Materias Primas	Repuestos	Fabricante	Comercializadora
Demanda/ Ventas Anual	unidades/año			X	X
Consumo/ Utilización Anual	unidades/año	X	X		
Inventario Promedio	unidades/año	X	X	X	X
Costo Unitario	\$/unidad	X	X	X	X
Volumen	m ³ /unidad	X	X	X	X
Criticidad	0, 1, 2, 3, 4, 5	X	X		
Costo Anual del Inventario	\$/año	X	X	X	X
Costo Anual Demanda/Ventas	\$/año			X	X
Costo Anual Consumo/Utilización	\$/año	X	X		
Tiempo de Entrega	unidades de tiempo	X	X		X
Tiempo de Producción por lote	unidades de tiempo			X	
Escasez	1, 2, 3, 4, 5	X	X		
Durabilidad	1, 2, 3, 4, 5	X	X	X	X
Sustituibilidad	1, 2, 3, 4, 5	X	X		
Reparabilidad	1, 2, 3, 4, 5		X	X	X
Número de Proveedores	Cantidad	X	X		X
Almacenabilidad	1, 2, 3, 4, 5	X	X	X	X
Tamaño de lote	Unidades	X		X	X

Fuente: Autores

Así mismo, el criterio de volumen se refiere al espacio que ocupa una unidad de cada ítem dentro del almacén y es aplicable a la clasificación ABC que se realice de cualquiera de los tipos de ítem listados en la Tabla 1, pues es entendible que si un producto ocupa gran cantidad de espacio en el almacén, el encargado de controlar los inventarios desee tener mayor control de las existencias de dicho producto, de modo que no se ocupe más espacio del realmente requerido y no se restrinja la cantidad de unidades que se puede mantener de las demás referencias.

La criticidad se encuentra estrechamente relacionada con el costo de faltantes del ítem [9] y se representa en una escala de 1 a 5, donde 5 implica un alto costo de faltantes y una alta importancia del ítem para el correcto desempeño del sistema productivo, por ello este criterio sólo es tenido en cuenta para clasificar materias primas y repuestos.

El costo anual del inventario se basa en el costo total que implicó tener dicho ítem en el almacén durante el último año, habida cuenta del costo de pedir, de mantener y de oportunidad. Por lo tanto, este criterio de clasificación es aplicable tanto para materias primas y repuestos, como para producto terminado.

El criterio de costo anual de demanda/ventas, tiene en cuenta el producto entre la demanda/ventas anuales y el costo unitario de cada ítem. Este criterio es aplicable para clasificar sólo producto terminado y es uno de los más usados en la clasificación ABC tradicional. El costo anual de consumo/utilización es el equivalente al criterio anterior aplicado a materias primas y repuestos, diferenciándose en que se basa en el producto entre el consumo/utilización anual y el costo unitario, este criterio es utilizado frecuentemente para clasificar los ítems que se encuentran como entrada al sistema productivo.

Por otro lado, los criterios de tiempo de entrega y tiempo de producción por lote tienen en cuenta el tiempo que transcurre desde que se libera la orden de compra de un ítem hasta que este se encuentra en las instalaciones de la compañía (para el primer criterio) y el tiempo que transcurre desde que se comienza a producir un lote de Q unidades hasta que éste se encuentra fabricado en su totalidad (para el segundo criterio).

La escasez es medida en una escala de 1 a 5 y se basa en la dificultad que implica para la compañía adquirir o comprar un ítem; este criterio es de gran importancia para aquellos ítems que son importados. Por su parte, el criterio de durabilidad se refiere a la longitud de tiempo que un ítem permanece en condiciones útiles y debe ser medido en una escala de 1 a 5, donde 5 implica que el producto tiene un período muy corto de vida útil; la medición de este criterio debe realizarse en esta escala para permitir que a la hora de clasificar los productos, los ítems que tengan mayor valor en el criterio sean los más importantes en el proceso de control de inventarios.

El criterio de sustituibilidad es útil cuando se tienen ítems que al presentar faltantes en el inventario pueden ser sustituidos por otros sin generar cambios significativos en el sistema productivo. Este criterio es medido en una escala de 1 a 5 en la que los productos que tienen muchos sustitutos en el almacén toman un valor de 1, mientras que los productos que no tienen sustitutos toman un valor de 5. Igualmente, el criterio de reparabilidad se basa en la existencia de ítems que al presentar faltantes pueden ser reparados y reutilizados; aquellos productos que pueden ser reparados rápidamente toman un valor de 1 y los productos que no pueden ser reparados toman un valor de 5.

El número de proveedores de un ítem indica la cantidad de compañías que lo fabrican y de las cuales se puede obtener dicho bien. Mientras más pequeña sea esta cantidad, mayor importancia tomará la realización de un control estricto sobre las existencias del ítem. Por otra parte, la almacenabilidad indica el nivel de peligro o dificultad en el almacenamiento de un ítem, por ello en una escala de 1 a 5, los productos que presenten mayores dificultades o peligro en el proceso de manejo de materiales tomarán un valor de 5. Finalmente, el criterio del tamaño de lote se refiere a la cantidad mínima de unidades que por restricciones físicas o económicas se pueden pedir al proveedor o se pueden fabricar.

Aunque de acuerdo a la revisión de la literatura los anteriores criterios son los mayormente utilizados para realizar la clasificación ABC en el inventario de una compañía, existen otros criterios que pueden ser utilizados en empresas de

acuerdo a la particularidad de sus productos y procesos y de las características que el encargado de controlar los inventarios considera importantes.

IV. CONSIDERACIONES Y EJEMPLO ILUSTRATIVO DE LA CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO

Las diferentes propuestas para dar solución al problema de la Clasificación ABC Multicriterio, tienen un elemento común y es la utilización de pesos o ponderaciones a los diferentes criterios, con el fin de lograr identificar mediante algún método o modelo, qué artículos son más importantes que otros, medidos con dos o más criterios. Estos pesos o ponderaciones se pueden establecer ya sea de forma objetiva, mediante la utilización de algún modelo matemático, como, por ejemplo, el caso de las propuestas que utilizan optimización; o darlas de forma subjetiva a partir de la experiencia de los encargados del manejo de los inventarios en las empresas, como es el caso de las propuestas que utilizan lógica fuzzy para clasificar los diferentes ítems del inventario en pocas categorías, en donde los conocimientos y la experiencia de estas personas son muy importantes para lograr obtener clasificaciones que consideren varios criterios a la vez.

Cualquiera sea la forma de establecer dichas ponderaciones, es importante considerar los efectos que pueden tener estas ponderaciones en dicha clasificación, aspectos poco tratados por aquellos que han realizado propuestas para este tipo de problema y que fueron mencionados en la sección 2.

Con el propósito de mostrar algunas precauciones que se deben considerar cuando se realiza una Clasificación ABC Multicriterio se elaboró un ejemplo de un escenario crítico en el que es posible observar que de no tener cuidado con los criterios seleccionados, con los valores que toman los ítems en cada uno de ellos y con las ponderaciones dadas a los diferentes criterios, es posible que alguno de los criterios empleados pierdan importancia y, por lo tanto, validez a la hora de realizar la clasificación ABC. Para ello se emplearon 20 ítems con los valores de demanda, costo unitario y *lead time* que se muestran en la Tabla II.

TABLA II
Datos Iniciales del ejemplo

ITEM	DEMANDA	COSTO UNITARIO	LEAD TIME
A	80	422	6
B	514	54,07	7
C	19	0,65	6
D	2442	16,11	4
E	650	4,61	4
F	128	0,63	5
G	2500	1,2	6
H	4	22,05	3
I	25	5,01	5
J	2232	2,48	1
K	2	4,78	1
L	1	38,03	6
M	6	9,01	2
N	12	25,89	1
O	101	59,5	5
P	715	20,78	6
Q	1	2,93	1
R	35	1	3
S	1	28,88	4
T	4	29,86	1

Fuente: Elaboración Propia

Al realizar una clasificación ABC Multicriterio es necesario normalizar la información para cada uno de los valores mostrados en la Tabla II, ya que los diferentes criterios utilizan unidades de medida que no son comparables ni operables entre ellas (ver Tabla 1 para las unidades de medida de los diferentes criterios) como, por ejemplo, semanas y unidades como es el caso del lead time y la demanda. Así mediante la ecuación (1) se obtienen valores normalizados $[(yn)_{ij}]$, entre 0 y 1 de todos los datos de la Tabla I, los cuales se encuentran positivamente relacionados, esto es, los valores mayores (es decir, 1 o cercanos a 1) son de gran importancia, mientras los valores menores (cero o cercanos a cero) son menos importantes. Los resultados de la obtención de los valores normalizados se muestran en la Tabla III.

$$yn_{ij} = \frac{y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}} \quad (1)$$

donde:

y_{ij} = es el valor del criterio j-ésimo para el i-ésimo ítem en inventario.

TABLA III
Datos Normalizados, Puntaje total por ítem y clasificación Final

ÍTEM	DEMANDA	COSTO UNITARIO	LEAD TIME	PUNT. TOTAL	CLAS.
A	0,032	1,000	0,833	0,624	A
G	1,000	0,001	0,833	0,614	A
D	0,977	0,037	0,500	0,504	A
B	0,205	0,127	1,000	0,450	A
P	0,286	0,048	0,833	0,393	A
L	0,000	0,089	0,833	0,313	A
J	0,893	0,004	0,000	0,296	A
O	0,040	0,140	0,667	0,286	A
C	0,007	0,000	0,833	0,286	A
E	0,260	0,009	0,500	0,259	A
F	0,051	0,000	0,667	0,243	B
I	0,010	0,010	0,667	0,233	B
S	0,000	0,067	0,500	0,192	B
H	0,001	0,051	0,333	0,131	C
R	0,014	0,001	0,333	0,118	C
M	0,002	0,020	0,167	0,064	C
T	0,001	0,069	0,000	0,023	C
N	0,004	0,060	0,000	0,021	C
K	0,000	0,010	0,000	0,003	C
Q	0,000	0,005	0,000	0,002	C

Fuente: Elaboración Propia

La calificación o puntaje total obtenido por cada ítem (organizado de mayor a menor), se muestra en la columna 5 de la Tabla III, se obtiene por medio de la ecuación (2):

$$PuntajeTotal = \sum_{i=1}^I w_j yn_{ij} \quad (2)$$

Donde yn_{ij} es el valor normalizado del ítem i-ésimo con respecto al criterio j-ésimo y w_j es el peso asignado al criterio j, bajo la restricción de que:

$$\sum_{j=i}^J w_j = 1 \quad (3)$$

Aplicado el principio de Pareto de forma similar a como se hizo en [11-14], pero sobre la columna de puntaje total, se obtuvo la clasificación obser-

vada en la sexta columna de la Tabla III, mediante pesos similares en los tres criterios (0,33 para demanda y costo y 0,34 para el *lead time*). Estos pesos fueron establecidos de esta forma con el propósito de ejemplificar algunas precauciones que deben tenerse al utilizar varios criterios en una calificación del inventario, y pueden ser definidos de forma diferente según la experiencia de las personas encargadas de la gestión y el control de los inventarios.

Supóngase ahora que existen únicamente 2 productos (ítems P y R), con *lead time* muy altos (por ejemplo 200 unidades de tiempo) los cuales fueron cambiados y resaltados en la Tabla IV. Los resultados obtenidos para este caso se muestran en la Tabla IV.

TABLA IV
Datos Modificados y Nueva Clasificación

ÍTEM	DEMANDA	COSTO UNITARIO	LEAD TIME	NUEVA CLAS.	CLAS. INICIAL
P	715	20,78	200	A	A
A	80	422	6	A	A
R	35	1	200	A	C
D	2442	16,11	4	A	A
G	2500	1,2	6	A	A
J	2232	2,48	1	B	A
B	514	54,07	7	B	A
E	650	4,61	4	B	A
O	101	59,5	5	B	A
L	1	38,03	6	B	A
S	1	28,88	4	C	B
F	128	0,63	5	C	B
T	4	29,86	1	C	C
N	12	25,89	1	C	C
H	4	22,05	1	C	C
I	25	5,01	5	C	B
C	19	0,65	6	C	A
M	6	9,01	2	C	C
K	2	4,78	1	C	C
Q	1	2,93	1	C	C

Fuente: Elaboración Propia

Es evidente cómo al tener ítems con valores extremos en alguno de los criterios hace que la clasificación se altere significativamente. Así, por ejemplo, el número de artículos tipo A pasó de 10 a 5, es decir, una reducción del 50%; los ítems tipo B pasaron de 3 a 5, o sea un incremento del

67%, mientras que los ítems tipo C se incrementaron en un 42%

Desde el punto de vista de cambios de categoría, se puede observar que el 50% de los ítems que hace parte del análisis cambió de categoría, es decir, artículos tipo A se convirtieron en artículos B o C; artículos B se volvieron artículos A o C; o artículos C se transformaron en artículos A o B. El restante 50% permanecieron igual. Esto demuestra que la magnitud de los valores asignados a los diferentes criterios tiene un alto impacto en la clasificación de los artículos bajo un enfoque multicriterio, por lo que es un factor que debe considerarse en este tipo de análisis.

Es posible observar cómo un artículo con las característica del ítem R (baja demanda y bajo costo) pueda fácilmente convertirse en un artículo tipo A (como evidentemente ocurrió) cuando otra característica (en este caso el tiempo de entrega) tenga valores extremos muy altos, hace que los otros dos criterios pierdan completamente su validez. Este mismo comportamiento puede observarse en artículos como el ítem C y el ítem B, pero a la inversa; es decir, pasaron de clasificaciones superiores a clasificaciones inferiores, aunque tengan características que a primera vista los ubique como artículos importantes dentro de la organización.

Finalmente, este tipo de efectos y contradicciones se presentan con algunas enfoques y propuestas, al asignar pesos o ponderaciones a los diferentes criterios, lo que hace que los demás criterios incluidos en el análisis pierdan validez, al establecer valores muy bajos en unos criterios y un valor muy alto en uno solo, para dar resultados casi idénticos a clasificaciones ABC de un solo criterio.

V. CONCLUSIONES

Se realizó una caracterización de los principales criterios tenidos en cuenta a la hora de realizar una clasificación ABC del inventario, en la cual se pudo observar cómo la decisión de qué criterios utilizar para dividir los productos en categorías dependerá de la particularidad de la empresa y de los productos que se desee clasificar, ya sea materias primas, repuestos o productos terminados, ya que no todos los criterios pueden (ni deben) aplicarse en todos los casos. Así mismo, se identi-

ficó que es necesario tener cuidado con la forma como se mide un criterio, ya que de esto dependerá el orden en que se deba hacer la clasificación: se toma como más importantes los productos con mayor magnitud o los productos que toman menor valor en el criterio, es decir, con una relación positiva. En caso de tener relaciones negativas, es necesario convertir esta relación a una positiva mediante la expresión $I-y_{ij}$.

En una clasificación ABC Multicriterio se identificó que pueden existir escenarios críticos en los que es necesario hacer un análisis cuidadoso de la información para realizar la clasificación de manera adecuada, ya que es posible que un producto llegue a tener valores demasiado altos (o demasiado bajos) en los diferentes criterios utilizados o ponderaciones tales que absorban toda la importancia del mismo y ocasione una degeneración en la clasificación de una parte de los productos, sin importar los valores que estos tomen en otros criterios. Cuando esto suceda, el encargado de la toma de decisiones debe reconsiderar los criterios que deben incluirse en la clasificación del inventario, los límites de clasificación que utilice y los pesos que asigne a cada uno de dichos criterios.

Finalmente, se debe señalar que aunque existe gran variedad de métodos para realizar una clasificación ABC Multicriterio, su utilidad en la industria disminuirá en la medida en que su complejidad se incremente; ya que a pesar de ofrecer buenas soluciones al problema, es esencial recordar que mientras más sencilla sea su implementación por parte de quien toma las decisiones en una compañía, mayor será el éxito en la puesta en práctica de este tipo de herramientas.

REFERENCIAS

- [1] E. Silver, D. F. Pyke, and R. Peterson, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, Third Edit. New York: Wiley, 1998.
- [2] V. Pareto, *Manual of Political Economy* (English translation). New York: A. M. Kelley Publishers, 1971.
- [3] P. Swamidass, *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [4] B. Flores and C. Whybark, "Multi Criteria ABC Analysis," *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 6, no. 3, pp. 38-46, 1986.
- [5] B. E. Flores and D. C. Whybark, "Implementing multiple criteria ABC analysis," *Journal of Operations Management*, vol. 7, no. 1-2, pp. 79-85, Oct. 1987.
- [6] F. Y. Partovi and J. Burton, "Using the Analytic Hierarchy Process for ABC Analysis," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 13, no. 9, pp. 29-44, 1993.
- [7] R. Ernst and M. A. Cohen, "Operations related groups (ORGs): A clustering procedure for production/inventory systems," *Journal of Operations Management*, vol. 9, no. 4, pp. 574-598, 1990.
- [8] F. Y. Partovi and M. Anandarajan, "Classifying inventory using an artificial neural network approach," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 41, no. 4, pp. 389-404, Feb. 2002.
- [9] H. Altay Guvenir, "Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm," *European Journal of Operational Research*, vol. 105, no. 1, pp. 29-37, Feb. 1998.
- [10] Q. Lei, J. Chen, and Q. Zhou, "Multiple Criteria Inventory Classification Based on Principal Components Analysis and Neural Network," *Methods*, pp. 1058-1063, 2005.
- [11] R. Ramanathan, "ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization," *Computers & Operations Research*, vol. 33, no. 3, pp. 695-700, Mar. 2006.
- [12] P. Zhou and L. Fan, "A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization," *European journal of operational research*, vol. 182, no. 3, pp. 1488-1491, 2007.
- [13] A. Hadi-Vencheh, "An improvement to multiple criteria ABC inventory classification," *European Journal of Operational Research*, vol. 201, no. 3, pp. 962-965, Mar. 2010.
- [14] W. Ng, "A simple classifier for multiple criteria ABC analysis," *European Journal of Operational Research*, vol. 177, no. 1, pp. 344-353, Feb. 2007.
- [15] C. Chu, G. Liang, and C. Liao, "Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 55, no. 4, pp. 841-851, Nov. 2008.
- [16] O. Parada, "Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios," *Revista Cuadernos de Administración*, Vol. 22 No. 38, pp. 169-187, enero-junio de 2009.