



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES, ELEMENTO CLAVE EN LA GESTIÓN DE APROVISIONAMIENTOS

Trabajo Fin de Master
Máster Interuniversitario en Dirección de Proyectos
Área de proyectos de ingeniería
Julio 2018

Margarita Gil Torrijos



Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES DE UN PROYECTO	6
2.1.1. La gestión de las adquisiciones y los criterios de selección de proveedores en el PMBOK®.....	6
2.1.2. El aprovisionamiento como estrategia empresarial.....	9
2.2. TÉCNICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DE APROVISIONAMIENTOS	13
2.2.1. Análisis del contexto y particularidades de la cadena de abastecimiento	14
2.2.2. Estrategia y criterios para la selección de proveedores	14
2.2.2.1. Relación con los proveedores.....	14
2.2.2.2. Situaciones de compra posibles	15
2.2.2.3. Tamaño de la base de proveedores requerido.....	15
2.2.3. Metodología para seleccionar proveedores	17
2.2.3.1. Definición del problema.....	18
2.2.3.2. Determinación de los atributos a evaluar.....	18
2.2.4. Atributos a considerar	21
2.2.5. Evaluación de los proveedores mediante una técnica	22
2.2.5.1. Métodos de precalificación o aproximación	23
2.2.5.1.1. Métodos categóricos.....	24
2.2.5.1.2. Técnicas difusas	24
2.2.5.1.3. Análisis envolvente de datos.....	24
2.2.5.1.4. Razonamiento basado en casos	26
2.2.5.1.5. Técnicas multicriterio o multiobjetivo.....	26
2.2.5.1.6. Cuadro comparativo de los métodos de precalificación.....	33



2.2.5.2. Métodos de decisión final	36
2.2.5.3. Investigaciones y estudios realizados	38
2.2.6. Selección final de un proveedor	40
2.3. ANÁLISIS DIMENSIONAL COMO TÉCNICA PARA SELECCIÓN DE PROVEEDORES Y SUS VENTAJAS.....	41
3. CASO PRÁCTICO. EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	44
3.1. La cadena de suministro y la gestión de aprovisionamientos en el sector de la construcción.....	44
3.2. Mejora en el proceso de aprovisionamiento en una empresa del sector de la construcción.....	46
3.3. Aplicación de la metodología propuesta: Análisis dimensional	48
3.3.1. Enfoque matricial para toma de decisiones	50
3.3.2. Análisis Dimensional	52
3.3.3. Resultado. Caso práctico.....	54
4. CONCLUSIONES	59
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61



Índice de tablas, gráficos y figuras

Figura 1. Descripción General de la Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.....	7
Figura 2. Actividades estratégicas relacionadas con los proveedores a llevar a cabo por una organización	12
Gráfico 1: Diagrama de flujo de selección de proveedores.....	16
Gráfico 2: Cantidad de citas realizadas por diferentes de los atributos.....	21
Tabla 1. Escala numérica propuesta por Saaty para efectuar comparaciones.	27
Figura 3: Niveles de jerarquización en metodología AHP	29
Figura 4: Pasos a seguir en la aplicación de la metodología TOPSIS.....	31
Tabla 2. Cuadro comparativo de los métodos de precalificación más utilizados.....	34
Tabla 3. Clasificación de los modelos de decisión final.....	37
Figura 5. Clasificación de los métodos de selección de proveedores propuesta por Chen (2011).....	39
Tabla 4. Requisitos necesarios para el uso de las técnicas de selección y evaluación de proveedores	41
Figura 6. Fases clave de la cadena de suministro en construcción	44
Tabla 5. Matriz de valores objetivos	55
Tabla 6. Estimación de los Valores de Atributos Subjetivos	55
Tabla 7. Matriz de Decisión Final.....	56
Tabla 8. Estimación de Niveles de Importancia de Atributos.....	56
Tabla 9. Valores $(X_i/S_i)^{w_i}$	57
Tabla 10. Índices de Semejanza.....	58



1. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades más importante dentro de la gestión empresarial y clave para la competitividad de las empresas es la gestión del aprovisionamiento, área con gran potencial de mejora en casi todas las empresas en general, y en particular en las empresas del sector de la construcción.

En la actualidad, se considera de vital importancia y una de las buenas prácticas de gestión empresarial, la necesidad de fortalecer las relaciones Proveedor-Cliente, a partir de verdaderas alianzas estratégicas, basadas en acuerdos colaborativos. Sin embargo, para establecer relaciones de colaboración de largo plazo, es necesario, en primer lugar, evaluar y seleccionar de manera permanente a los mejores proveedores, en función del nivel de desempeño integral que estos ofrezcan en torno a los múltiples criterios que la estrategia de la organización persiga a largo plazo.

La evaluación de proveedores en cualquiera de los ámbitos que se realice es una actividad muy compleja y estratégica dentro de la empresa y por tanto su correcta aplicación siempre va a ser una mejora dentro del proceso de gestión de aprovisionamientos.

En el mercado se pueden encontrar múltiples alternativas de compra, las cuales se caracterizan por varios atributos, que frecuentemente se encuentran en conflicto, y por otra parte cada grupo de decisión tiene diferentes necesidades y preferencias sobre los atributos, relacionadas con sus propias necesidades. Por tanto, siempre será interesante centralizar las compras dentro de un departamento y siempre que haya que realizar procesos de selección en el que intervengan varios atributos y varias alternativas, se considere a cada uno de estos casos como únicos.

En este trabajo fin de Máster se hace un planteamiento del Marco teórico de la “Gestión de las adquisiciones de un proyecto”, incidiendo sobre las técnicas para la ayuda a la toma de decisión en la gestión de aprovisionamientos, se analizan los criterios a valorar para la evaluación de proveedores y las metodologías propuestas y se lleva a cabo un análisis y comparación de las mismas.

A partir de ahí se desarrolla un caso práctico de una empresa, en concreto de una empresa del sector de la construcción, sector en el que la gestión de aprovisionamiento



está muy lejos de la gestión por cadena de suministro que ya emplean en sus procesos las empresas industriales.

En este caso práctico se lleva a cabo una valoración de proveedores basado en el análisis dimensional, una metodología alternativa a las desarrolladas a lo largo del trabajo, que destaca por su sencillez, lo cual hace que dicho procedimiento pueda llevarse a cabo en cualquier departamento de compras de una empresa de ese sector, independientemente de los recursos tanto económicos como de software de que dispongan, lo cual repercutirá en una mejora sustancial de la gestión del aprovisionamiento de la misma.



2. MARCO TEÓRICO

2.1. GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES DE UN PROYECTO

2.1.1. La gestión de las adquisiciones y los criterios de selección de proveedores en el PMBOK®

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) define los conceptos relacionados con la dirección de proyectos y proporciona las pautas para llevarlos a cabo.

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos de este. Esta aplicación de conocimientos requiere de la gestión eficaz de los procesos de dirección de proyectos.

Un proceso es un conjunto de acciones y actividades, relacionadas entre sí, que se realizan para crear un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que se pueden aplicar y por las salidas que se obtienen.

La guía PMBOK® describe todos los procesos de la dirección de proyectos. Estos procesos son los que van a asegurar que el proyecto avance de manera eficaz a lo largo de su ciclo de vida. Dentro de estos procesos, en la sección 12 de dicha guía se hace referencia a la Gestión de las Adquisiciones del Proyecto, donde se incluyen todos los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo integrante del proyecto.

En el siguiente gráfico se presenta una descripción general de los procesos de Gestión de las Adquisiciones del Proyecto, que incluyen:

- Planificar la Gestión de las Adquisiciones: El proceso de documentar las decisiones de adquisiciones del proyecto, especificar el enfoque e identificar a los proveedores potenciales.
- Efectuar las Adquisiciones: El proceso de obtener respuestas de los proveedores, seleccionarlos y adjudicarles un contrato.



- Controlar las Adquisiciones: El proceso de gestionar las relaciones de adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos y efectuar cambios y correcciones según corresponda.
- Cerrar las Adquisiciones: El proceso de finalizar cada adquisición para el proyecto.

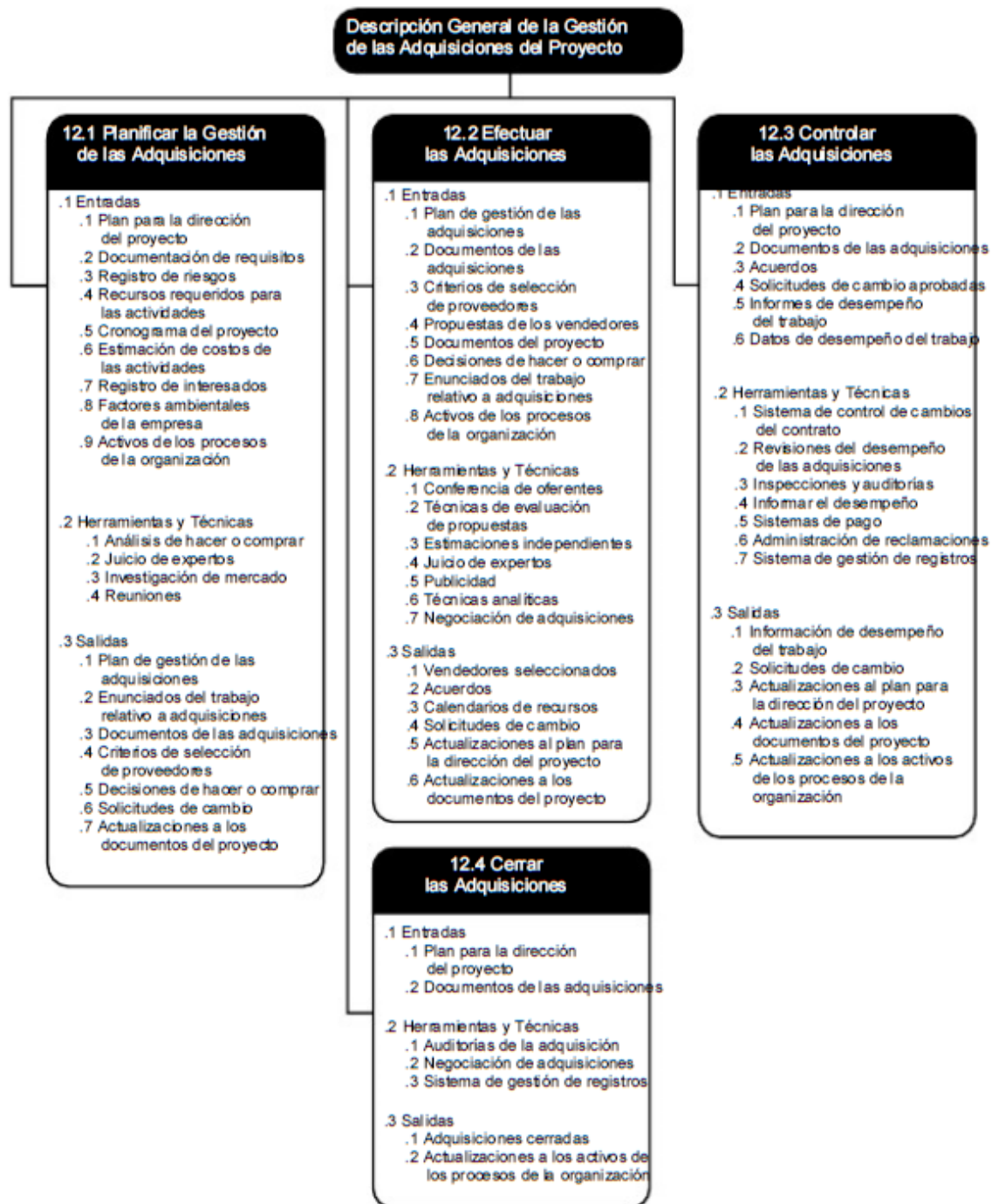


Figura 1. Descripción General de la Gestión de las Adquisiciones del Proyecto

Fuente: Guía del PMBOK®-Quinta edición



Los criterios de selección de proveedores se incluyen a menudo como parte de los documentos en la planificación de la gestión de las adquisiciones. Dichos criterios se desarrollan y utilizan para evaluar o calificar las propuestas de los vendedores, y pueden ser objetivos o subjetivos.

Los criterios de selección pueden limitarse al precio de compra si el artículo que se va a adquirir es muy accesible, es decir si hay muchos vendedores capaces de suministrar aquello que se necesita. En este contexto, el precio de compra incluye tanto el coste del artículo como cualquier gasto accesorio, por ejemplo, los gastos de entrega.

Se pueden identificar y documentar otros criterios de selección para apoyar la evaluación en el caso de productos, servicios o resultados más complejos. Entre los posibles criterios de selección de proveedores en la guía PMBOK se citan los siguientes:

- Comprensión de la necesidad. ¿En qué medida la propuesta del vendedor responde a la necesidad que se quiere cubrir?
- Coste total o del ciclo de vida. ¿El vendedor seleccionado producirá el menor coste total de propiedad (costo de compra más costo de operación)?
- Capacidad técnica. ¿El vendedor cuenta con las habilidades y conocimientos técnicos necesarios o se puede esperar que los adquiera en un tiempo razonable?
- Riesgo. ¿Qué nivel de riesgo conlleva la necesidad a cubrir, qué proporción de ese riesgo será asignado al vendedor seleccionado y de qué modo el vendedor mitigará el riesgo?
- Enfoque de gestión. ¿El vendedor cuenta con los procesos y procedimientos de gestión necesarios para asegurar el éxito del proyecto, o puede esperarse que los desarrolle en un tiempo razonable?
- Enfoque técnico. ¿Las metodologías, técnicas, soluciones y servicios técnicos propuestos por el vendedor cumplen con los requisitos de los documentos de las adquisiciones, o es probable que proporcionen más o menos que los resultados esperados?
- Garantía. ¿Qué propone el vendedor para garantizar el producto final y durante qué período de tiempo?
- Capacidad financiera. ¿El vendedor cuenta con los recursos financieros necesarios, o puede esperarse que los obtenga en un tiempo razonable?



- Capacidad de producción e interés. ¿El vendedor tiene la capacidad y el interés para cumplir con los posibles requisitos futuros?
- Tamaño y tipo de negocio. ¿Se encuadra la empresa del vendedor dentro de una categoría específica de negocio, tal como una pequeña empresa (escasos recursos, programas específicos, etc.) según la definición de la organización o lo establecido por una agencia gubernamental y estipulado como condición para la adjudicación del contrato?
- Desempeño pasado de los vendedores. ¿Cuál ha sido en el pasado la experiencia con los vendedores seleccionados?
- Referencias. ¿El vendedor puede proporcionar referencias de clientes anteriores que verifiquen la experiencia laboral y el cumplimiento de los requisitos contractuales por parte del vendedor?
- Derechos de propiedad intelectual. ¿El vendedor reivindica los derechos de propiedad intelectual en los procesos de trabajo o servicios que utilizará o en los productos que generará para el proyecto?
- Derechos de propiedad exclusiva. ¿El vendedor reivindica los derechos de propiedad exclusiva en los procesos de trabajo o servicios que utilizará o en los productos que generará para el proyecto?

2.1.2. El aprovisionamiento como estrategia empresarial

En la actualidad, uno de los frentes de trabajo importantes para la gestión empresarial gira en torno a las actividades de aprovisionamiento, las cuales abarcan, de manera integral, la selección y evaluación permanente de la base de proveedores, las compras, el transporte de materiales y el almacenamiento de materias primas.

Todo sistema productivo, para asegurarse su funcionamiento, necesita obtener del exterior una serie de materias y recursos a partir de los cuales se realizarán los procesos de transformación. La función de abastecimiento es la encargada de suministrar estos materiales y adquiere una importancia fundamental en el desempeño de una organización, condicionando los costes productivos y la capacidad de respuesta al consumidor.



Dado que los materiales representan un porcentaje elevado del coste de los artículos finales en casi todo tipo de industria, no es de extrañar la relevancia que ha tenido y tiene en la actualidad la gestión de aprovisionamiento.

La gestión de aprovisionamientos, no obstante, es un área todavía muy poco atendida en muchas organizaciones y por lo tanto presenta un gran potencial de mejora, sobre todo en empresas de algunos sectores cómo puede ser el sector de la construcción. Sin embargo, algunas compañías han comprendido el valor estratégico del abastecimiento y se han replanteado la forma tradicional del proceso de compras y su relación con los proveedores. Dichas empresas han conseguido generar un valor añadido superior y posicionarse de manera más competitiva en los mercados, a partir del establecimiento de relaciones de colaboración entre proveedores y clientes, implementando mejoras conjuntas, y redefiniendo roles a lo largo de la cadena de suministro.

Así la gestión de la cadena de suministro se ha convertido en un arma competitiva clave para las empresas.

La **cadena de suministros** o conocida como “Supply Chain”, según Chopra y Meindl, (2012), agrupa a los diferentes departamentos de la organización y engloba a todas las actividades asociadas con el movimiento de bienes, desde el suministro de la materia prima hasta el consumidor final. La cadena de suministro se considera como una filosofía de trabajo integradora para gestionar todos los flujos en los distintos canales de distribución, desde los proveedores, pasando por los clientes, hasta los consumidores finales.

La gestión de la cadena de suministro tiene la función principal de unir los principales procesos del negocio dentro y entre las compañías en un modelo de negocio cohesivo y de alto rendimiento. Incluye la gestión de todas las actividades de logística, así como las operaciones de fabricación y dirige la coordinación de procesos y actividades a través de marketing, ventas, diseño, finanzas y tecnologías de la información.

Para implantar con éxito una filosofía de SCM (siglas en inglés de Gestión de cadena de suministros) se tienen que llevar a cabo siete actividades básicas las cuales se pueden sintetizar en:



- Acciones de integración: las empresas deben integrar tanto proveedores como a sus clientes en sus procesos de gestión.
- Compartir informaciones a lo largo de la cadena de suministro: especialmente las referidas a la planificación y control de procesos.
- Compartir riesgos y beneficios: que sustentan y viabilizan las relaciones de largo plazo.
- Colaboración: promover la colaboración entre empresas de la cadena de suministro.
- Mantener y compartir los mismos objetivos y el mismo enfoque en la atención de los clientes finales: sirve como política básica de integración a lo largo de la cadena de suministro.
- Integración de procesos: la puesta en marcha de una SCM necesita de la integración de procesos, que van desde el abastecimiento, pasando por la fabricación y por la distribución.
- Estructuras de asociación y alianza entre empresas, para construir y mantener relaciones de largo plazo; si bien muchas veces estos esquemas de asociación pueden extenderse más allá del tiempo estipulado, también sería preferible un número relativamente pequeño de colaboradores para facilitar y aumentar la cooperación.

En la actualidad, es creciente el interés por la gestión de las cadenas de suministro, potenciado con las nuevas tendencias del comercio a nivel mundial. Las empresas de éxito internacional se abastecen en el lugar del mundo que les ofrezca mejores ventajas comparativas, fabrican sus productos en países en los cuales puedan lograr bajos costes de operación y venden en múltiples mercados para maximizar sus ingresos.

Para una empresa que desee acceder a las ventajas que le pueda ofrecer el fenómeno de la globalización económica tendrá como objetivos ineludibles el desarrollo de estrategias competitivas basadas en la agregación de valor y la reducción simultánea de costes.

Desde esta perspectiva, la simplificación de procesos, la gestión integrada abastecimiento-fabricación-distribución y la integración en redes de comercialización internacionales son exigencias que conllevan, necesariamente, la adopción de enfoques administrativos orientados al estudio de la gestión de las cadenas de abastecimiento.

En la actualidad, se considera de vital importancia y una de las buenas prácticas de gestión empresarial, la necesidad de fortalecer las relaciones Proveedor-Cliente, a partir



de verdaderas alianzas estratégicas, basadas en acuerdos colaborativos. Por tanto, la selección de proveedores es un proceso crítico en la gestión de la cadena de suministro y a la competitividad de las empresas.



Figura 2. Actividades estratégicas relacionadas con los proveedores a llevar a cabo por una organización

Fuente: Elaboración propia modificado de Chopra y Meindl (2012)

Sin embargo, para establecer relaciones de colaboración a largo plazo, es necesario, en primer lugar, evaluar y seleccionar de manera permanente a los mejores proveedores, en función del nivel de desempeño integral que estos ofrezcan en torno a los múltiples criterios que la estrategia de la organización persiga a largo plazo.

En este sentido, las decisiones en torno a la selección de proveedores, ya no está supeditada a aquellos que ofrezcan el precio más bajo y la mejor calidad de los materiales o servicios que ofertan, pues otros criterios como el plazo de entrega, la flexibilidad, la fiabilidad, el servicio y la sostenibilidad ya han tomado un lugar de importancia frente al reto competitivo actual.

Los productores y comercializadores deben ser conscientes de que, al margen de su propia actuación, son responsables en cierta medida del comportamiento de sus



proveedores. A través de sus compras y contrataciones, las empresas adquieren productos y servicios que han tenido impactos medioambientales y sociales en su elaboración. De modo que las empresas que no tengan en cuenta la actuación de sus proveedores pueden estar favoreciendo, malas prácticas en su cadena de abastecimiento.

La gestión sostenible de la cadena de suministro supondrá a medio y largo plazo una importante ventaja competitiva que, en poco tiempo, será imprescindible para las empresas que quieran mantenerse en el mercado.

En este sentido, existen un número importante de publicaciones que tratan fundamentalmente de tres temas: la gestión de proveedores como parte de la gestión de cadenas de abastecimiento, la selección de proveedores como decisión estratégica y pilar fundamental del enfoque competitivo empresarial y las técnicas y métodos de apoyo a la decisión de seleccionar proveedores.

2.2. TÉCNICAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN DE APROVISIONAMIENTOS

Según Burt, Dobler y Donald, (2003), hasta los años ochenta, la función de aprovisionamiento consistía básicamente en hacer todas las operaciones de compra y de la administración de los inventarios. No obstante, las exigencias del mundo competitivo actual en el que nos vemos inmersos han llevado a reconocer la gran importancia de una adecuada gestión de los aprovisionamientos en la estrategia de una empresa.

Las tendencias mundiales en la gestión de cadenas de abastecimiento conciben el aprovisionamiento como una función integral que forma parte de un concepto más amplio llamado “Procurement”. El “Procurement” aborda todas las actividades necesarias relacionadas con la obtención de artículos, servicios y cualquier otro material, también incluye la selección de proveedores, la negociación, la expedición, el control de proveedores, el manejo de materiales, el transporte, el almacenamiento y la recepción de materiales (Millington, Eberhardty y Wikinson, ,2006).

En este apartado se va a realizar un análisis de la gestión de aprovisionamiento desde tres frentes fundamentales, estos son: (1) el análisis del contexto y las particularidades



de la cadena de abastecimiento, (2) la estrategia y los criterios para la selección de proveedores y (3) los métodos de selección.

2.2.1. Análisis del contexto y particularidades de la cadena de abastecimiento

A finales de la década de los ochenta y durante los años noventa, se puso en valor que, en las compañías de alta tecnología, los volúmenes de compras suponían alrededor de un 80% del coste de los productos, y en general en todas las empresas fabricantes, el promedio de las compras de materiales representaban más de un 70% del coste total de producción.

A partir de estos datos, se vio la importancia de implementar métodos fiables para seleccionar proveedores, ya que la elección correcta de estos supondría un importante impacto en un elemento competitivo clave como es el coste del producto.

Sin embargo, si pensamos en la gestión de una cadena de abastecimiento, en su conjunto, tomar decisiones basadas sólo en los costes sería un completo error, sino se sitúa dentro de un contexto económico determinado. El proceso de abastecimiento es un proceso complejo en el que se deben tomar en consideración además de los costes, un conjunto de variables relacionadas con el transporte, las fluctuaciones del mercado, las exigencias de calidad, los procesos de negociación y los procedimientos de inspección.

En este sentido, la selección de proveedores debe respaldarse en el análisis contextual de al menos tres aspectos relevantes: la relación con los proveedores, las situaciones de compra posibles y el tamaño de la base de proveedores requerido.

2.2.2. Estrategia y criterios para la selección de proveedores

2.2.2.1. Relación con los proveedores

La relación cliente-proveedor basada únicamente en un simple intercambio comercial, en la que se busca simplemente mantener una buena relación comercial, no debe ser la tónica general en la gestión de aprovisionamientos de una empresa que pretenda mejorar y conseguir ventajas competitivas frente a sus competidores.



En la actualidad se puede decir que las empresas ya no compiten unas con otras, lo que se produce es la competencia entre cadenas de abastecimiento. Por tanto, para seleccionar proveedores, es importante considerarlos como parte de esa cadena de abastecimiento. Hay que tener presente que la construcción y la gestión de las relaciones cliente-proveedor es uno de los pilares fundamentales para alcanzar ventajas competitivas duraderas. Hoy en día la tendencia es convertir a los proveedores en aliados estratégicos de tal manera que se puedan conseguir relaciones comerciales a largo plazo.

2.2.2.2. Situaciones de compra posibles

Las situaciones de compra en las que se puede ver involucrada una empresa se pueden clasificar de la siguiente manera según De Boer, Labro y Morlacchi (2001): compras por primera vez, recompras modificadas y recompras rutinarias.

Las compras por primera vez se dan en el caso del lanzamiento de nuevos productos o servicios y cuando no existe experiencia previa o relación con algún proveedor. Se caracterizan por el alto nivel de incertidumbre respecto al cumplimiento de las especificaciones y, generalmente, requieren tiempos largos de negociación.

Dentro de las recompras modificadas, están las compras de productos existentes a proveedores conocidos, compra de productos existentes a proveedores desconocidos y compras de nuevos productos a proveedores conocidos. En las recompras modificadas, aunque el grado de incertidumbre es moderado, los procesos de negociación son más cortos. En este tipo de compras el propio proveedor puede plantear cambios o modificaciones que se reflejen en beneficios para el comprador.

Las recompras para productos de rutina se dan cuando existe conocimiento total de los proveedores y las especificaciones. En este caso, el proceso se realiza de manera rutinaria con base en contratos establecidos, en los cuales se han fijado las condiciones de entrega, de precio y otras variables objeto de negociación.

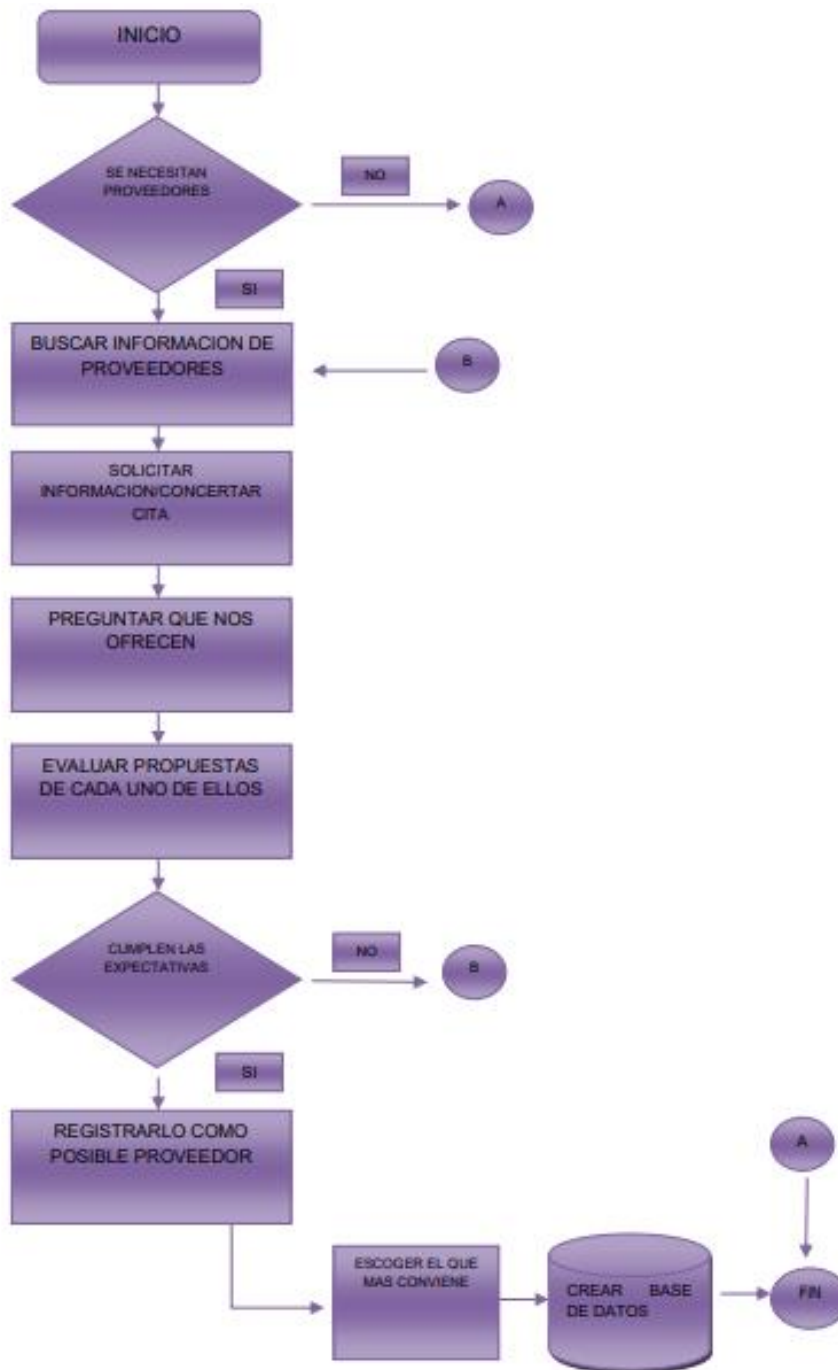
2.2.2.3. Tamaño de la base de proveedores requerido

El esquema de aprovisionamiento JIT, “just in time”, que es una de las tendencias más empleadas para la gestión del abastecimiento, considera una base de proveedores especializados de un tamaño adecuado, preferiblemente localizados cerca de las



instalaciones del comprador, con un proceso de producción flexible que se adapte fácilmente a los cambios de programación, y con capacidad de hacer entregas frecuentes y en pequeños lotes, con los que se puedan construir relaciones comerciales de largo plazo.

Gráfico 1: Diagrama de flujo de selección de proveedores



Fuente: <http://webquery.ujmd.edu.sv>



2.2.3. Metodología para seleccionar proveedores

Frente a la gestión de proveedores, la norma ISO 9001 establece que: “La organización debe evaluar y seleccionar los proveedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la organización”. Por tanto, deben establecerse una serie de criterios para la selección, evaluación y reevaluación de los proveedores.

La gestión de aprovisionamiento para considerarla una verdadera fuente de ventaja competitiva dentro de la cadena de abastecimiento exige procesos logísticos más eficientes. Su estrategia debe ir alineada con la estrategia empresarial y con los objetivos generales de competitividad; por lo tanto, las metas de aprovisionamiento se deben fijar en función de una serie de criterios como el coste, la calidad, la disponibilidad, los plazos de entrega, el servicio y la forma de pago.

Muchas veces, estos criterios hacen que el proceso de selección de proveedores sea complejo, debido a que son criterios la mayoría de los casos de carácter eminentemente subjetivo, y se producen diferencias significativas en la calificación de un mismo proveedor en función de quien realice la evaluación.

Como es tan importante la gestión de los proveedores en la gestión empresarial, es primordial buscar la manera de intentar eliminar la subjetividad en el proceso de la selección de proveedores empleando herramientas concretas.

Por otra parte, en ocasiones la selección de proveedores implica una decisión que puede resultar bastante difícil, debido a la naturaleza y a la diversidad de los productos y servicios que se adquieren y de las variaciones cualitativas y cuantitativas en el comportamiento de la demanda.

Por tanto, escoger a los mejores proveedores, es una decisión multicriterio y de impacto estratégico, que ha sido estudiada y desarrollada por numerosos académicos e investigadores.

Entre ellos podemos destacar a De Boer, (2001), quien propone cuatro etapas para seleccionar a proveedores, las cuales son: a) definición del problema, b) determinación



de los atributos a evaluar, c) evaluación de los proveedores mediante una técnica y, d) selección final de un proveedor. A continuación, se definirá cada una de las cuatro etapas que componen el proceso de selección de proveedores.

2.2.3.1. Definición del problema

Primeramente, antes de iniciar a resolver un problema de selección de proveedores es necesario entender el problema en sí, en esta etapa se debe realizar un rastreo de todos aquellos proveedores que puedan o presenten influencia en el mercado en el cual se encuentre ubicada la empresa y para realizar esto, las personas responsables de llevar a cabo el proceso de compras deben realizar una serie de preguntas que los conducirán a tener una mayor claridad del problema.

Las principales preguntas que deben realizarse podrían comprender las siguientes: ¿Cuál es la cantidad de productos que se desea adquirir? ¿Cuál es el ciclo de vida del producto o componente que se desea obtener? ¿Cuál es la madurez del producto en el cual se integra el componente y que se pone a la venta en el mercado? ¿Cuántos de los proveedores identificados tienen influencia en el área geográfica en que se desarrolla la empresa compradora? ¿Por qué existe la necesidad de seleccionar un nuevo proveedor? ¿Cuáles han sido los problemas que se han tenido con los proveedores anteriores?

Una vez obtenida la información sobre los distintos proveedores se procederá a seleccionar a uno de ellos en base a una serie de atributos que se consideren relevantes.

2.2.3.2. Determinación de los atributos a evaluar

La segunda etapa en el proceso de selección de proveedores se asocia con la identificación de los atributos que serán evaluados. Los atributos son las características, rasgos, cualidades, o parámetros que describen cada una de las alternativas o posibles soluciones al problema de decisión. El número de atributos que describe las alternativas será elegido por el decisor o grupo de elección.

Un proveedor siempre presenta dos tipos de atributos que serán evaluados, los cuales son cuantitativos y cualitativos.



En relación a los **atributos cuantitativos**, éstos siempre se pueden medir por medio de una escala previamente establecida, uno de los casos más tradicionales es el coste, el cual puede ser expresado en unidades monetarias que llegan a pagarse por la materia prima o producto que ofrece el proveedor. Otro ejemplo clásico es el tiempo de entrega que requiere el proveedor para entregar en los almacenes la orden que se le ha solicitado, lógicamente cuanto más rápido pueda ser abastecido un pedido, mejor para el fabricante.

Sin embargo, los **atributos cualitativos** no pueden ser expresados por una unidad o escala de medición y es por ello, que se requiere de la evaluación y experiencia de personas que conozcan el problema de decisión, pero ante todo que conozcan a los proveedores, ya que mediante juicios de opinión realizarán una evaluación de los mismos.

Algunos ejemplos de atributos subjetivos son la calidad de servicio postventa que obtiene el fabricante, la capacidad tecnológica que tiene instalada el proveedor, la capacidad administrativa y su agilidad para dar respuesta a pedidos inesperados o fuera de pronóstico.

Investigaciones y estudios realizados

Desde 1966 en el que Dickson fue pionero en buscar aquellos criterios relevantes a la hora de seleccionar proveedores, han sido muchas las investigaciones y los estudios hechos al respecto.

Dickson identificó y analizó la importancia de 23 criterios concluyendo que la **calidad** era el criterio más importante, seguida por las **entregas a tiempo** y el **buen desempeño** histórico de la organización.

En la década de los ochenta los empresarios de EEUU consideraban cuatro prioridades competitivas básicas: **costes, flexibilidad, calidad y entregas**; posteriormente, a principios de los 90 una revisión de literatura publicada por Weber, Current y Benton (1991), basada en el análisis de 74 artículos científicos, estableció que las prioridades más importantes eran la **calidad** y la **fiabilidad en la entrega**.



Ya durante esos años se empezó a hablar de dos nuevas prioridades competitivas: el **servicio** y la **innovación**, siendo un poco más tarde a finales de los noventa y principios de este siglo cuando se detecta una nueva prioridad: la **responsabilidad social y ambiental**.

Chen y Li (2005) hicieron una investigación en la que analizaron propuestas de diferentes autores en relación con la importancia que cada uno de ellos daban a los criterios en un proceso de selección, el resultado de dicha investigación concluyó que la **calidad** ocupaba el primer lugar como criterio de decisión.

Goffin y Lemke (2006) destacaron cómo las buenas relaciones con los proveedores hacían reducir costes a los fabricantes, mejorar la calidad y mejorar el desarrollo de nuevos productos.

Huang y Keskar (2007) plantearon que el elemento fundamental para garantizar el éxito de un proceso de selección de proveedores se sustentaba en determinar cuidadosamente aquellos criterios que respondían a la estrategia y a los objetivos de la organización; de igual manera, reconocían la importancia de revisar continuamente los criterios y analizar su grado de concordancia con las condiciones del mercado y de la competencia, de tal forma que se pudieran actualizar constantemente.

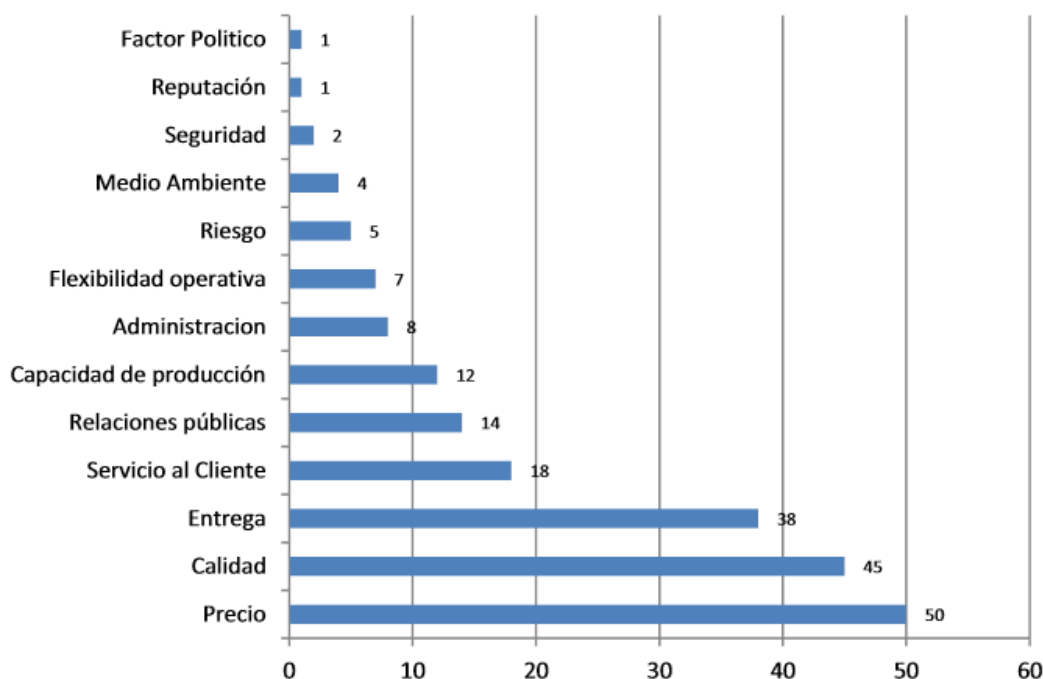
Cabe destacar un estudio llevado a cabo en 2012 por Terrazas Alvarado, García Alcaráz, y Nancy A. Coronel en el que analizaron un total de 89 artículos relacionados con los procesos de selección de proveedores en diferentes sectores industrial entre los años 2009 y 2011.

Este estudio consistió en determinar los atributos que los autores habían integrado en los procesos de evaluación, obteniéndose el gráfico siguiente, en el que se muestran las veces que los autores hacen referencia a cada uno de los criterios.

De este gráfico extraemos que el **precio** es el atributo más ampliamente usado, seguido por la **calidad** del producto y el **tiempo de entrega** del mismo.



Gráfico 2: Cantidad de citas realizadas por diferentes de los atributos



Fuente: Terrazas P., García J.L. y Coronel N. (2012)

Recientemente está teniendo un gran auge todos los aspectos relacionados con la **sostenibilidad** de los proveedores y de sus productos, el término ‘sostenible’ se aplica a aquellos procesos o realidades que además de tener en cuenta las características y particularidades habituales y normales del proceso en sí, valoran los aspectos sociales y medioambientales inherentes. Así, por lo tanto, las compras sostenibles son aquellas que tienen en cuenta los impactos pasados, presentes y futuros en el medioambiente y la sociedad, del bien o servicio comprado.

2.2.4. Atributos a considerar

En la revisión bibliográfica, como se ha visto en el apartado anterior, se encuentran muchos estudios en relación a los atributos que deben ser tomados en cuenta para evaluar a un proveedor y muchos autores lo abordan desde diferentes enfoques, dependiendo del sector industrial en que se encuentren y de los niveles de calidad que se requieran.



No obstante, lo que parece claro es que la calidad, el buen desempeño de las entregas y el coste son tres de los criterios clave que deberían tenerse en cuenta a la hora de valorar a un proveedor en concreto.

Siempre que sea posible se debe trabajar con proveedores que ofrezcan productos o servicios cuya calidad sea acorde al precio, y a los precios promedio del mercado. Al evaluar la calidad del producto, se debe tomar en cuenta los materiales o componentes del producto, sus características, durabilidad, etc. Al evaluar el precio del producto, se debe tener en cuenta también los gastos que podrían adicionarse a éste, tales como los gastos de transporte, seguros, embalaje, etc.

Otro criterio importante a tener en cuenta al momento de seleccionar un proveedor es la entrega, en donde lo primero que se debe evaluar es si el proveedor requiere de un pedido mínimo. En el criterio de entrega también se evalúa la capacidad de asegurar el cumplimiento de los pedidos, y su capacidad para ciertos requerimientos.

Un punto importante que se debe señalar es que frecuentemente algunos atributos se encuentran en conflicto entre ellos, ya que un aumento de una característica puede significar la disminución de otra. Por ejemplo, un producto puede ser caro y ser sinónimo de una alta calidad, pero para el comprador lo ideal sería que el producto presentara un bajo coste y una alta calidad, por lo que se observa que se tienen dos atributos, uno de los cuales debería minimizarse mientras que el otro se debería maximizar. Así pues, las técnicas usadas para evaluar a los proveedores generalmente son técnicas enfocadas a encontrar un nivel de satisfacción y no un nivel de optimización ya que lo que se persigue es cumplir varios objetivos de manera simultánea.

Lógicamente, no todos los atributos son igualmente importantes para todas las empresas. Como se mencionó anteriormente, cada empresa es un caso especial que presenta sus propias necesidades y que puede enfrentar problemáticas diferentes.

2.2.5. Evaluación de los proveedores mediante una técnica

Una vez definidos y jerarquizados los criterios de selección, el siguiente paso consiste en escoger a los proveedores mediante la aplicación de un determinado método. El método de selección debe ser consecuente con el análisis del contexto, las realidades de la cadena



de abastecimiento y los criterios seleccionados. Según el método escogido, se puede incrementar la eficiencia de la decisión de compra a partir de:

- Habilitar el procesamiento más rápido y automatizado de los datos, así como el análisis de toda la información pertinente para tomar una decisión.
- Habilitar el almacenamiento más eficiente de todos los procesos de decisión, a fin de permitir el acceso a la información para casos futuros.
- Eliminar criterios y alternativas redundantes en los procesos de decisión.
- Facilitar la comunicación más eficiente y justificar los resultados de los procesos de decisión.

Dado que la evaluación de los proveedores ha sido de interés académico, actualmente en la bibliografía se encuentran muchas técnicas propuestas para desarrollar el proceso de evaluación y selección. Se considera que no existe una sola técnica que sea mejor o superior a otra, cada una de ellas presenta sus ventajas y sus desventajas, ya que pueden ser utilizadas de acuerdo a la situación propia de cada empresa.

Los métodos de selección de proveedores se pueden clasificar en virtud de varios parámetros, en este caso seguiremos para su clasificación la propuesta por Boer, (2001) que divide los métodos en dos grupos: métodos de precalificación (de aproximación) y métodos de selección final.

2.2.5.1. Métodos de precalificación o aproximación

De Boer (2001) define la precalificación como el proceso de reducir la base de proveedores (alternativas) hacia un conjunto más pequeño de proveedores posibles. También se denominan métodos de aproximación o de ayuda.

En el análisis de la revisión bibliográfica se encontró que los métodos de preselección que más aplicación tienen son: los métodos categóricos, los métodos difusos, el análisis envolvente de datos, el razonamiento basado en casos y algunas técnicas multicriterio o multiobjetivo.



2.2.5.1.1. Métodos categóricos

Los métodos categóricos permiten evaluar y seleccionar a los proveedores a partir del análisis cualitativo de información histórica y la experiencia previa que haya tenido la empresa u otros compradores con cierto proveedor. Según De Boer (2001), la evaluación consiste en categorizar el desempeño de los proveedores en criterios calificados como positivo, neutral o negativo. Después de asignar una calificación a cada uno de los criterios, el comprador procede a tomar una decisión final. Estos métodos están basados en técnicas estadísticas.

2.2.5.1.2. Técnicas difusas

La lógica difusa es la lógica que utiliza expresiones que no son ni totalmente ciertas ni completamente falsas, es decir, es la lógica aplicada a conceptos que pueden tomar un valor cualquiera de veracidad dentro de un conjunto de valores que oscilan entre dos extremos. La lógica difusa permite representar el conocimiento común, que es mayoritariamente del tipo lingüístico cualitativo y no necesariamente cuantitativo, en un lenguaje matemático a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociados a ellos. Permite trabajar a la vez con datos numéricos y términos lingüísticos, los términos lingüísticos son inherentemente menos precisos que los datos numéricos, pero en muchas ocasiones aportan una información más útil para el razonamiento humano.

La lógica difusa debe utilizarse para tratar datos no exactos o información imprecisa obtenida de situaciones complejas que no se pueden describir razonablemente en expresiones cuantitativas convencionales (Chen, Lin y Huang, 2006). Generalmente, estas variables se expresan como “muy poco”, “poco”, “medio”, “alto”, “muy alto”, etc. En cambio, no es una buena idea usarla cuando algún modelo matemático ya soluciona eficientemente el problema, cuando los problemas son lineales o cuando no tienen solución.

2.2.5.1.3. Análisis envolvente de datos

El Análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis, DEA) es una técnica de programación lineal matemática que calcula la eficiencia relativa de múltiples unidades de toma de decisiones, basándose en múltiples entradas y múltiples salidas, sin la



estimación de ninguna función de producción, es decir, sin necesidad de conocer ninguna forma de relación funcional entre inputs y outputs.

DEA, por tanto, no es un método paramétrico (no presupone la existencia de una función que relacione inputs con outputs) tampoco es estadístico puesto que no asume que la eficiencia siga algún tipo de distribución probabilística.

En un análisis DEA se realizan dos procesos simultáneamente mediante el uso de algoritmos de programación lineal: la obtención de la frontera eficiente y la estimación de la ineficiencia. La obtención de la frontera eficiente se calcula maximizando el output dado el nivel de inputs si se utiliza orientación output y minimizando el input dado el nivel de outputs si se utiliza orientación input.

DEA se basa en el concepto de eficiencia de una alternativa de decisión (De Boer y otros, 2011). Las alternativas se evalúan en términos de la relación coste-beneficio. La eficiencia se mide a partir del valor que abarca desde la suma promedio de los beneficios hasta los valores de los criterios de costes. Con este método es posible clasificar a los proveedores en dos categorías iniciales: proveedores eficientes o proveedores ineficientes.

Las ventajas del DEA son las siguientes:

- Se adapta al análisis de sectores que emplean en su proceso productivo múltiples inputs y generan varios outputs.
- Ofrece una gran cantidad de información particularizada para cada unidad analizada que puede ser empleada para establecer guías de actuación de cara a mejorar la eficiencia de las unidades ineficientes.

Siendo los inconvenientes los siguientes:

- Las unidades sometidas a análisis deben ser homogéneas para evitar que las ineficiencias de los proveedores sean detectadas por causa de cualquier factor no uniforme.
- Es un método determinístico y, por tanto, supone que cualquier alejamiento de la frontera de una asignación de productos se deberá únicamente a un comportamiento ineficiente, no dando paso a la cabida de ineficiencia por motivos aleatorios.
- Es un modelo con el que se debe llevar especial cuidado al seleccionar las variables a incluir pues no existen tests adecuados para estimar si los resultados del análisis son



estables o variarían significativamente con la utilización de otro tipo de variables. Ello obliga a realizar estudios de sensibilidad mediante diferentes especificaciones siempre y cuando los datos necesarios para ello sean accesibles.

- La fiabilidad de los resultados también depende de la relación existente entre el número de variables consideradas y el de unidades a analizar.

2.2.5.1.4. Razonamiento basado en casos

El razonamiento basado en casos (Case-Based Reasoning, CBR) es un sistema de software administrado por una base de datos que recopila información relevante de procesos de decisión y evaluación de situaciones o casos sucedidos con anterioridad. Así, el responsable de la toma de decisiones se puede apoyar en información útil y en experiencias de situaciones conocidas.

El CBR permite desempeñar una exitosa gestión de aprovisionamiento, ya que tiene la ventaja que al tomar en cuenta los avances alcanzados en procesos anteriores, no da espacio para que se vuelvan a cometer los mismos errores, sobre todo porque reutiliza la información relevante en evaluaciones que han hecho los proveedores con anterioridad.

El inconveniente de esta técnica es que no se puede aplicar desde el primer momento en que necesitamos proveedores, al no disponer de datos sobre los mismos.

2.2.5.1.5. Técnicas multicriterio o multiobjetivo

La toma de decisiones es un proceso complejo que no puede estar basado en un solo atributo, ya que generalmente existen varias alternativas en evaluación, que tiene diferentes características que las hacen únicas. Se han generado numerosas técnicas que integran dos aspectos muy importantes dentro del proceso de toma de decisiones, son las siguientes:

- Evaluar simultáneamente varios atributos de un conjunto de alternativas, los cuales pueden ser cuantitativos o cualitativos.
- Permitir que la evaluación sea realizada mediante un grupo de decisión y no solamente por una persona, lo que implica que ésta sea más acertada.



Se describen a continuación alguna de estas técnicas más interesantes para la evaluación de proveedores, y sobre las que hay más publicaciones realizadas:

Método analítico de redes (Analytic Network Process, ANP)

El Proceso Analítico de Redes (ANP por sus siglas en inglés) es un método utilizado recientemente por varios investigadores. Este método representa el problema de decisión como una red formada por los criterios y las alternativas (denominados elementos), formando grupos. Los elementos de la red ejercen influencia entre ellos que el decisor valora mediante comparaciones pareadas cuya intensidad se mide en la escala 1-9 de Saaty. La influencia de unos elementos sobre otros se representa en una supermatriz.

Tabla 1. Escala numérica propuesta por Saaty para efectuar comparaciones.

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igualmente preferida.	Dos elementos contribuyen en igual medida al objetivo.
3	Moderadamente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	Fuertemente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre el otro.
7	Preferencia muy fuerte o demostrada.	Un elemento es mucho más favorecido que el otro; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extremadamente preferida.	Preferencia clara y absoluta de un criterio sobre otro.
2, 4, 6, 8		Intermedia entre valores anteriores.

Fuente: Saaty, (1997)

Dentro de los métodos de análisis de red, uno más específico es el método analítico jerarquizado (AHP).

Método analítico jerarquizado (Analytical Hierarchy Process, AHP)

El proceso analítico jerarquizado es una técnica estructurada para tratar con decisiones complejas. En vez de prescribir la decisión «correcta», el AHP lo que hace es ayudar a los



que toman las decisiones a encontrar la solución que mejor se ajusta a sus necesidades y a su comprensión del problema.

Esta herramienta, basada en matemáticas y psicología, fue desarrollada por Thomas L. Saaty en los setenta y ha sido extensivamente estudiada y refinada, desde entonces.

Aicha (2007) define el analytical hierarchy process (AHP) como un método de ayuda en la toma de decisiones del tipo multicriterio, que genera prioridades numéricas a partir de criterios subjetivos y las organiza en matrices de comparación pareada. El AHP requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de los criterios que definen una meta u objetivo que se desea conseguir y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión en base a los criterios seleccionados.

El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

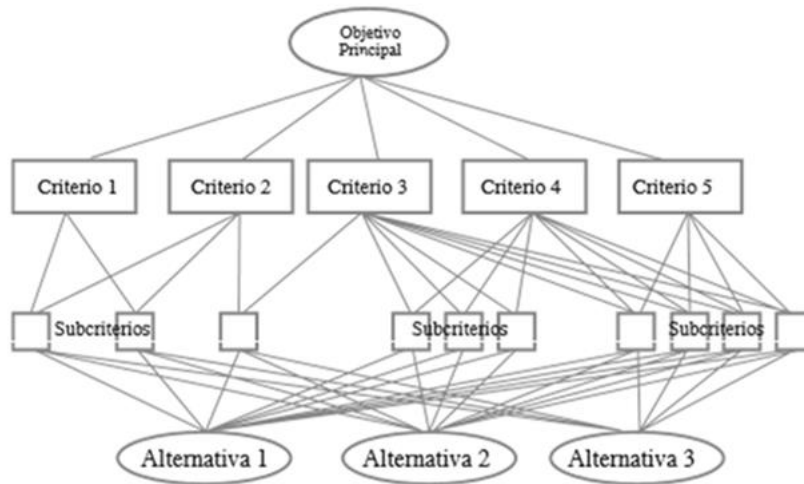
La principal diferencia con el método analítico de redes es que el AHP estructura un problema de decisión en una jerarquía con una meta, criterios de decisión y alternativas, mientras que la ANP lo estructura como una red. Ambos usan un sistema de comparaciones por pares para medir los pesos de los componentes de la estructura y finalmente para clasificar las alternativas en la decisión.

En el AHP, cada elemento de la jerarquía se considera independiente de todos los demás; los criterios de decisión se consideran independientes entre sí y las alternativas se consideran independientes de los criterios de decisión y entre sí. Pero en muchos casos del mundo real, hay interdependencia entre los elementos y las alternativas. La ANP no requiere independencia entre los elementos, por lo que puede utilizarse como una herramienta más efectiva en estos casos.

Los niveles de jerarquización describen un sistema, donde el más bajo es el conjunto de alternativas posibles, el cual le subyace a unos niveles intermedios, conformados por los criterios y subcriterios, hasta llegar al nivel más alto, constituido por el objetivo principal.



Figura 3: Niveles de jerarquización en metodología AHP



Fuente: Herrera Umaña y Osorio Gómez (2006)

La mayor ventaja del análisis jerarquizado, recae en su habilidad, como su nombre indica, para estructurar jerárquicamente un problema complejo, multiobjetivo y multipersonas, para luego investigar cada nivel de jerarquización por separado, combinando los resultados a medida que progresa el análisis. Otras ventajas son las siguientes:

- Este método presenta una base matemática
- Permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla y analizarla por partes y medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común.
- Incluye la participación de diferentes personas o grupos de interés para generar consenso y conclusiones y da la posibilidad de realizar un análisis de sensibilidad.

Como desventajas podemos adjuntar que si la estructura jerárquica del proceso de decisión se encuentra mal diseñada, o no se consideran factores importantes para la investigación, los pesos de los criterios pueden distorsionarse, causando errores en los resultados obtenidos.

Al agregar o quitar alternativas puede ocurrir que se altere el orden de prioridad de las alternativas, lo cual equivaldría a una desventaja relativa si es que no se sabe interpretar porqué se da tal fenómeno.



Para eludir esta dificultad, se debe conocer muy bien la naturaleza del problema, los atributos que poseen las alternativas y la manera en cómo se encuentran relacionadas unas con otras.

Para tratar la imprecisión o subjetividad del juicio humano y con los múltiples criterios, existe una teoría llamada Análisis Jerárquico de Procesos Difuso, la cual es una combinación del Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) con lógica difusa (Fuzzy Logic). Para la toma de decisiones, los juicios emitidos por los agentes decisores con respecto a las alternativas y criterios, pueden ser convertidos en números difusos para calcular la importancia de los pesos usando el AHP. Estos números son usados para construir la matriz de comparación por pares del AHP.

En el AHP convencional, la comparación por pares se hace usando una escala de nueve puntos, la cual representa los juicios o preferencias de quienes toman decisiones entre diferentes opciones. Aunque esta escala discreta de uno a nueve es simple y fácil de usar, no tiene en cuenta la incertidumbre asociada a los juicios humanos. Los términos lingüísticos que las personas usan para expresar sus sentimientos o juicios son subjetivos, por tanto, la combinación del AHP con la lógica difusa permite representar los juicios lingüísticos, utilizando la teoría de los conjuntos difusos para trabajar con la ambigüedad en un sistema. Aplicando AHP fuzzy, se puede obtener la importancia de cada uno de los criterios de calificación y por tanto la mejor alternativa.

Para aplicar AHP, los criterios de evaluación y las alternativas deben ser estructurados en diferentes niveles de jerarquía. Para esto se debe construir un esquema de árbol que resume las interrelaciones entre los componentes del problema que se quiere resolver. En la parte superior del esquema debe figurar siempre el objetivo principal o meta, en los niveles inferiores deben figurar el conjunto de criterios o subcriterios y en la base del árbol deberán figurar las alternativas.

Chiang y Bai (2006) aplicaron AHP para integrar sistemáticamente los juicios de un conjunto de evaluadores y obtener el peso de los criterios de evaluación; posteriormente, usaron estos pesos como coeficientes de un algoritmo de análisis relacional, que les permitió combinar datos cuantitativos y cualitativos para evaluar y seleccionar proveedores.



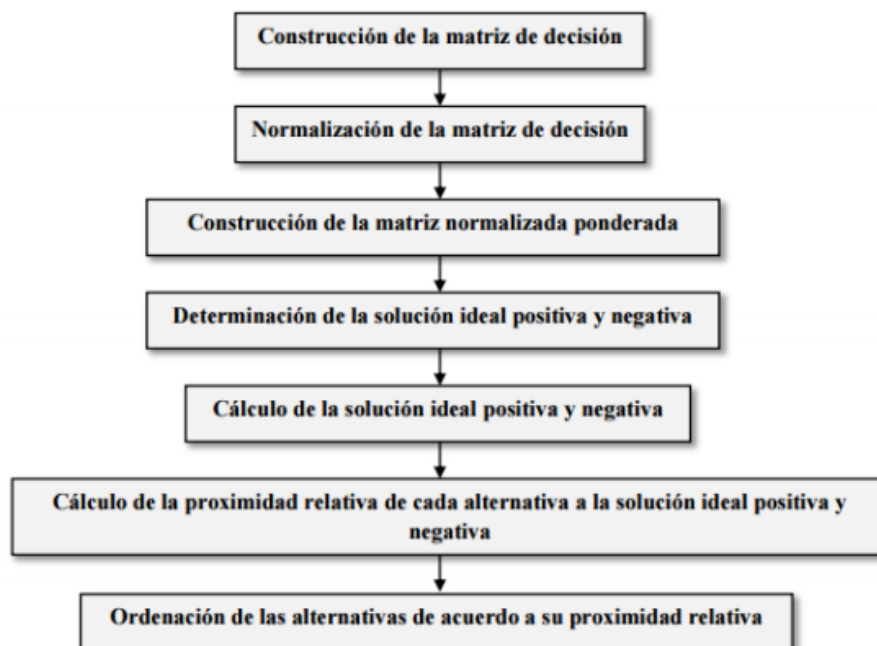
Método TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)

La técnica de ordenación de preferencias por similitud a la solución ideal, mejor conocida como TOPSIS, es un método de análisis de decisión multicriterio el cual fue originalmente desarrollado por Hwang y Yoon en 1981. El método TOPSIS se basa en el concepto del ideal y del anti-ideal en la elección de alternativas, ya que en este método las alternativas elegidas deben tener la distancia geométrica más corta de la solución ideal positiva (ideal) y la distancia geométrica más larga de la solución ideal negativa (anti-ideal).

En este método una solución ideal se define como un conjunto de niveles (o puntuaciones) ideal respecto a todos los atributos considerados de un determinado problema, aun cuando la solución ideal sea imposible o no sea fácil de conseguir.

A continuación, se presenta un esquema en el que se sintetizan los pasos que deben realizarse para la aplicación del método TOPSIS.

Figura 4: Pasos a seguir en la aplicación de la metodología TOPSIS



Fuente: García-Cascales, Gómez-López, y Lamata (2009)



En el método TOPSIS se define un índice llamado “similaridad” o proximidad relativa combinando los valores de la proximidad a la solución ideal positiva y la lejanía respecto a la solución ideal negativa. La idea es seleccionar la alternativa que tenga la máxima similitud con respecto a la solución ideal positiva.

Los métodos compensatorios tales como TOPSIS permiten compensaciones entre criterios, donde un resultado pobre en un criterio puede ser negado por un buen resultado en otro criterio. Esto proporciona una forma más realista de modelado que los métodos no compensatorios, que incluyen o excluyen soluciones alternativas basadas en valores de corte.

Métodos de sobreclasificación ELECTRE y PROMETHEE

Bernard Roy (1968) es el fundador de los métodos de sobreclasificación y el primero en introducir el concepto, que nació a raíz de las dificultades encontradas para modelar ciertos problemas concretos. Para hacer frente a estos problemas desarrolló primeramente ELECTRE I. En la actualidad han sido desarrollados varias versiones del método ELECTRE (I, II, III, IV, IS y TRI), las que brindan procedimientos para resolver diferentes tipos de problemas suscitados en el tratamiento de la teoría de la decisión.

Otro de los métodos de sobreclasificación conocidos es PROMETHEE , el cual consiste, como en ELECTRE III, en la construcción de relaciones de superación valorizadas, incorporando conceptos y parámetros que poseen alguna interpretación física o económica fácilmente comprensibles. PROMETHEE construye el grado de superación entre cada par de acciones ordenadas, de este método se han desarrollado varias versiones de PROMETHEE (I, II, III, IV y V).

Los métodos ELECTRE construyen una relación, llamada de superación o sobreclasificación que representa las preferencias del decisor sobre el conjunto de alternativas, dada la información disponible. Es un modelo de decisión multicriterio que utiliza diversas funciones matemáticas para indicar el grado de dominancia de una alternativa respecto de otra.



Al formar parte de la familia de los métodos de relaciones de superación facilita las comparaciones binarias entre alternativas asignando ponderaciones iniciales a los criterios de decisión, lo cual permite un posterior análisis de sensibilidad cuando se varían las citadas ponderaciones para aproximarlas al valor exacto que a veces es desconocido.

Las comparaciones se efectúan por pares de alternativas y bajo cada uno de los criterios de decisión, y a partir de ellas se obtiene el grado de “dominancia” o “superación” de una alternativa respecto de otra. El resultado es el ordenamiento del conjunto de alternativas.

El método PROMETHEE ha sido diseñado para tratar con problemas de múltiples criterios, en los que existen un conjunto finito de alternativas. Este método requiere de cierta cantidad de información adicional sobre la relación de importancia entre los criterios. El experto deberá suministrar la ponderación de importancia relativa de los criterios en relación al objeto principal. Hace uso abundante del concepto de pseudocriterio ya que construye el grado de superación entre cada par de acciones ordenadas, tomando en cuenta la diferencia de puntuación que esas acciones poseen respecto a cada atributo.

El método PROMETHEE está basado en comparaciones por parejas, por lo que se tendrá en cuenta la diferencia en valor entre dos evaluaciones de dos alternativas para un criterio dado. Si esta diferencia es pequeña, se asignará una pequeña preferencia o incluso indiferencia si ésta se considera insignificante.

Las evaluaciones de esas diferencias pueden serán utilizadas de acuerdo a las preferencias del decisor, quien además deberá establecer los umbrales de indiferencia y de preferencia asociados a estos pseudocriterios.

2.2.5.1.6. Cuadro comparativo de los métodos de precalificación

A modo de resumen, se adjunta un cuadro con las características principales de cada uno de los métodos de precalificación o aproximación comentados en apartados anteriores, así como sus ventajas e inconvenientes.



Tabla 2. Cuadro comparativo de los métodos de precalificación más utilizados

Técnica utilizada	Característica fundamental	Ventajas	Inconvenientes
Métodos categóricos	Análisis cualitativo de información y experiencia previa	Basado en experiencias reales	Se necesita información previa
Técnicas difusas	Representa el conocimiento del tipo lingüístico cualitativo en un lenguaje matemático	Muy útil cuando la complejidad del proceso es muy alta y no existen modelos matemáticos precisos para su resolución	Se necesita software específico para su aplicación
Análisis envolvente de datos (DEA)	Permite clasificar los proveedores en dos categorías proveedores eficientes o ineficientes	Analiza sectores que emplean múltiples inputs y generan varios outputs, ofreciendo gran cantidad de información para cada unidad analizada	Se debe tener especial cuidado al seleccionar las variables, siendo necesaria la homogeneidad de las unidades sometidas a análisis para evitar errores
Razonamiento basado en casos (CBR)	Recopila información relevante de procesos de decisión y evaluación de situaciones anteriores	Permite obtener decisiones más rápidas, adecuadas, y a menor coste	No se puede aplicar desde el primer momento en que necesitamos proveedores, al no disponer de datos sobre los mismos.



Técnica utilizada		Característica fundamental	Ventajas	Inconvenientes
Técnicas multicriterio o multiobjetivo	Método analítico de redes (ANP)	Representa el problema de decisión como una red formada por criterios y las alternativas formando grupos, se crean combinaciones pareadas	No requiere independencia entre los criterios y las alternativas	Se necesita el conocimiento de álgebra lineal avanzada
	Método analítico jerarquizado (AHP)	Estructura un problema de decisión en una jerarquía con una meta, criterios de decisión y alternativas	Estructura jerárquicamente un problema complejo, multiobjetivo y multipersonas.	Si la estructura jerárquica del proceso de decisión está mal diseñada, los pesos de los criterios pueden distorsionarse, causando errores en los resultados.
	Método TOPSIS	Se basa en el concepto del ideal y del anti-ideal en la elección de alternativas	Permiten compensaciones entre criterios, un resultado malo en un criterio compensa por un buen resultado en otro criterio	Se necesita el conocimiento de álgebra lineal avanzada y software específico
	Métodos de sobreclasificación ELECTRE y PROMETHEE	Utiliza funciones matemáticas para indicar el grado de dominancia de una alternativa respecto a otra.	Permiten ordenamiento el conjunto de alternativas.	Se necesita software específico



En él, se puede apreciar que la aplicación de estas técnicas son procedimientos complejos, para los que es necesario contar con software específico y los conocimientos de álgebra avanzada necesarios para plantear el modelo que se introducirá en dicho software y en el cual se basan las técnicas.

2.2.5.2. Métodos de decisión final

Una vez obtenida una primera aproximación a la decisión final, es necesario realizar un proceso que permita llegar a la decisión definitiva a partir del uso de algún procedimiento o la utilización de alguna técnica más exacta, en concreto, lo preferible es aplicar modelos que se alejen de juicios y resultados subjetivos y se centren en la formulación explícita de una función objetivo optimizable.

En la revisión de la literatura sobre el tema se puede constatar que los modelos de optimización más aplicados en la selección de proveedores son:

- Modelos de programación matemática lineal y no lineal.
- Modelos de programación entera mixta.
- Modelos de programación meta.
- Modelos de programación multiobjetivo.

De Boer (2001) señala que, aunque existe gran escepticismo alrededor de la naturaleza de los modelos matemáticos y su incompatibilidad con la intuición y alto grado de percepción que pueden ir adquiriendo los encargados de la toma de decisiones, existen gran cantidad de estudios que muestran los beneficios que trae consigo el análisis matemático para la toma de decisiones.

En la práctica hay gran cantidad de criterios para la selección de proveedores, por lo tanto, algunos de ellos se consideran como restricciones en la programación, con el fin de simplificar en gran medida la función objetivo. Normalmente a los encargados de las compras les interesa dar un valor diferente a cada restricción, con lo cual surgen los modelos de programación matemática multiobjetivo para que los responsables de la toma de decisiones puedan darles pesos o valores diferentes a los criterios (convertidos a restricciones) que se consideren en el modelo.



El modelo de programación matemática multiobjetivo propuesto por Ghodsypour y O'Brien (2001) pretendía desarrollar una integración de tres decisiones básicas: (a) cuándo y cuánto se debe ordenar bajo condiciones de demanda dinámica, (b) en cada ciclo de reabastecimiento, qué proveedor debe ser seleccionado y cuánto se debe ordenar, y (c) cuál medio o forma de transporte debe ser escogido para cada proveedor seleccionado en cada ciclo de reabastecimiento.

A continuación, se adjunta un cuadro en el que se clasifican los métodos de selección final en función de los criterios evaluados en cada uno de ellos.

Tabla 3. Clasificación de los modelos de decisión final

Tipo de modelo	Nombre del modelo	Criterios a evaluar
Métodos de programación lineal	Programación lineal ponderada	Entradas: desempeño, calidad, tiempo de entrega. Salidas Coste
	Análisis envolvente de datos	
Métodos de programación no lineal	Programación entera no lineal	Coste, tamaños de lote
Métodos de programación por metas	Selección de proveedores en la presencia de datos cardinales y ordinales	Entrega, calidad y coste
Técnicas multi-objetivo	Métodos de programación multi-objetivo	Mínimo tamaño de pedido, máxima disponibilidad del suministro, precio, calidad y niveles de desempeño de la entrega
	Modelo ponderado max-min para una selección de proveedores	
	Modelo lineal difuso multi-objetivo	

Fuente: Modificada de Agarwal (2011)

Entre las **ventajas de la aplicación de modelos de programación matemática multiobjetivo** se pueden mencionar las siguientes:



- Es posible considerar múltiples criterios, como coste, calidad, entregas, etc.
- El coste total de la compra, más que precios, puede incluirse en el proceso de decisión. El coste total incluye transporte, inspecciones, órdenes de pedido y coste de almacenaje.
- El modelo puede calcular las cantidades económicas de pedido (EOQ), para modelos de único y múltiples objetivos, con restricciones o sin estas.
- Puede obtenerse un cronograma de entregas, el cual le dice al comprador cuándo y cuánto debe solicitar a cada proveedor.

En la revisión bibliográfica se constató que la mayoría de los autores consultados aplican este procedimiento y plantean la solución del problema de selección de proveedores a partir de la integración de métodos complementarios.

2.2.5.3. Investigaciones y estudios realizados

Además de la clasificación propuesta por Boer, (2001) que divide los métodos en métodos de precalificación (de aproximación) y métodos de selección final, existen otros autores como Ho, Xu y Dey, (2010), que clasifica las técnicas usadas para la selección de proveedores en modelos combinados o modelos simples.

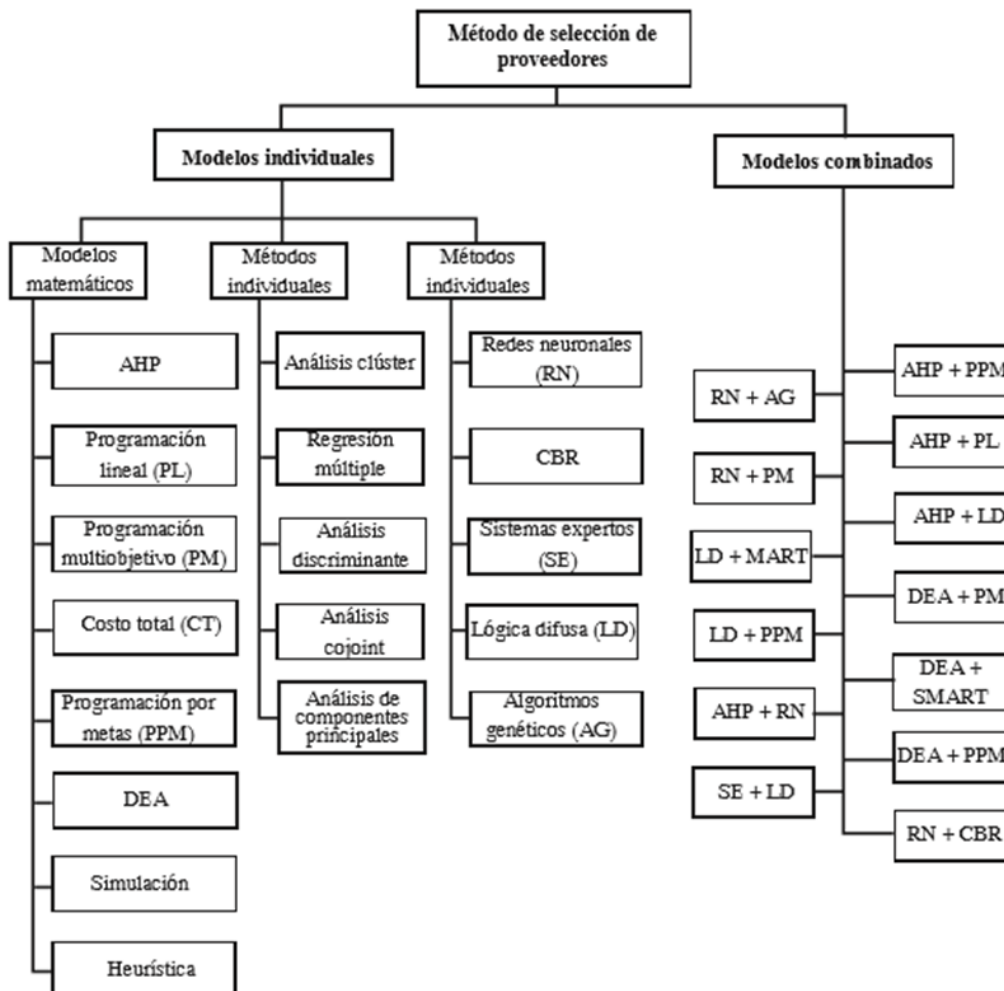
Dividiendo las técnicas en las que pueden ser utilizadas de manera individual, y las que frecuentemente se combinan para generar una técnica híbrida, la cual puede ser la integración de dos o más técnicas. Chen (2011) hace una clasificación de los métodos que han sido usados en la evaluación de proveedores según el cuadro siguiente.

En relación con aquellas que se usan de manera individual, se tiene el Análisis envolvente de datos (DEA) es el proceso más usado, seguido de la programación matemática, el Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), el Razonamiento basado en casos (CBR) y por último la lógica difusa. Asimismo, se han empleado algoritmos genéticos y la Simple Multi-attribute Rating Technique (SMART).

Con referencia a las técnicas integradas o combinadas con otras, el AHP es la técnica que más se combina con otras. Asimismo, el AHP se ha combinado con DEA, CBR y lógica difusa.



Figura 5. Clasificación de los métodos de selección de proveedores propuesta por Chen (2011)



Fuente: García Alcaraz y otros (2010)

La aplicación de modelos matemáticos en la selección de proveedores se remonta a los años 70, y desde entonces se ha combinado con la programación matemática, con el fin de desarrollar modelos que tengan en cuenta criterios tanto tangibles como intangibles, para optimizar la asignación de las órdenes de pedido entre los diferentes proveedores.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se aprecia que existen diferentes enfoques y técnicas aplicadas para resolver el mismo problema de selección de proveedores y que no existe un consenso generalizado en relación a cuál es la técnica más adecuada, tratándose muchas veces de técnicas bastante complejas.



Por ejemplo, el fundamento de AHP (del inglés Analytic Hierarchy Process) se basa en valores de una matriz de comparaciones apareadas, el cual es un concepto de álgebra lineal avanzada; la programación lineal se basa en una función objetivo y una serie de restricciones que se representan matricialmente y se resuelven por alguna variante del método simplex, basado en la técnica de eliminación de Gauss, lo cual también son conceptos de programación lineal; y la simulación es una técnica que requiere del análisis profundo de probabilidad y estadística para la determinación de posibilidades de ocurrencia de eventos.

No obstante, la mayor parte de los autores tienen en común que tienden a aplicar un método de aproximación que luego complementan con un método de optimización, a fin de respaldar una decisión más adecuada.

2.2.6. Selección final de un proveedor

Una vez que se ha evaluado al conjunto de proveedores mediante alguna técnica individual o híbrida, la siguiente actividad a realizar será seleccionar un proveedor final. Cabe señalar que todas las técnicas anteriormente mencionadas proporcionan un índice que permite ordenar los proveedores.

En esta etapa es conveniente que el grupo de decisión que ha realizado el proceso de selección, informe a la alta gerencia o altos directivos de la empresa, en relación al proveedor que ha sido elegido, ya que son ellos quienes deben observar el apego que pudiera tener éste con los objetivos y planes estratégicos que tiene la empresa. Es posible que una decisión tomada desde un punto de vista analítico y en función de una técnica de decisión como las anteriores, sea eliminada debido a que no se alinea con las prácticas y planes estratégicos de la empresa, para evitar este tipo de problemas se recomienda que siempre sean incluidas personas de la alta gerencia en el proceso de evaluación.



2.3. ANÁLISIS DIMENSIONAL COMO TÉCNICA PARA SELECCIÓN DE PROVEEDORES Y SUS VENTAJAS

La aplicación de las técnicas mencionadas en los apartados anteriores, son, cómo ya se ha comentado, procedimientos complejos, para los que es necesario contar con software específico y para las que muchas veces se requiere un nivel muy elevado de conocimientos matemáticos, tal y como se muestra en la tabla adjunta, concretamente de álgebra avanzada, para plantear el modelo que se introducirá en dicho software y en el cual se basan las distintas técnicas.

Tabla 4. Requisitos necesarios para el uso de las técnicas de selección y evaluación de proveedores

Técnica	Conocimientos requeridos
AHP	Álgebra lineal avanzada
Programación lineal, Programación multi- objetivos, programación por metas	Formulación de modelos, álgebra lineal avanzada, eliminación de Gauss
DEA	Formulación de modelos, álgebra lineal avanzada, eliminación de Gauss
Simulación	Probabilidad y estadística, formulación de modelos, técnicas de investigación de operaciones en general
Heurística	Modelado matemático, generación y creación de modelos y manejo de software
Análisis clúster, regresión múltiple, análisis discriminante, análisis conjunto, componentes principales	Estadística avanzada, álgebra lineal avanzada, manejo de software especializado
Redes neuronales, CBR, sistemas expertos, lógica difusa y algoritmos genéticos	Estadística avanzada, generación de modelos, uso de software especializado

Fuente: García Alcaraz y otros (2010)



La mayoría de las veces las pequeñas o medianas empresas, no tienen a su alcance este software especializado ni cuentan con profesionales con la formación adecuada para su aplicación, lo cual obligaría a subcontratar este proceso y, por lo tanto, implicaría tener que dejar en manos de terceras personas el modelado y solución de la selección de proveedores. Esa acción podría traer como consecuencia que la persona contratada para ese servicio no entendiese completamente el problema o necesidad de la empresa, y generase un modelo inadecuado, con su respectiva solución errónea.

Para solucionar el tema de la selección de proveedores, lo que se pretende más bien es aplicar técnicas que sean fáciles de ejecutar y modelos sencillos que permitan integrar a la vez los atributos objetivos y subjetivos propios del problema, que sean posibles de desarrollar desde la misma empresa sin requerir de software especializado y que representen su propia realidad.

Una de esas técnicas, de gran practicidad y facilidad de aplicación y utilización es el análisis dimensional, que puede ser resuelto mediante el uso de Excel, hoja de cálculo que está integrada en Microsoft Office, lo cual la hace una técnica muy accesible.

El concepto que se integra en esta técnica, como índice de decisión para la selección de uno de los proveedores, es un índice de semejanza o similitud generado al comparar cada una de las alternativas en evaluación con una alternativa idealizada. Esto hace que el proceso sea muy intuitivo. Esta técnica ha sido empleada en diferentes procesos de selección de proveedores en distintas industrias y goza de total aceptación.

La aplicación de la técnica de análisis dimensional tiene las siguientes **ventajas** sobre las demás técnicas multicriterio, tales como AHP (Analytic Hierarchy Process), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution), y PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations):

- No se requiere del uso de software especializado y costoso para realizar la evaluación, tal como ocurre con otras técnicas, las cuales, dada su complejidad, están integradas en aplicaciones específicas.



- Puede ser aplicada usando cualquier tipo de hoja de cálculo, tal como Excel que está integrado en Microsoft Office y que está presente en casi todos los equipos informáticos en una empresa, por lo que la mayoría de éstas pueden aplicarla.
- El análisis dimensional se puede realizar con software totalmente integrado en los equipos informáticos actuales, por tanto, la mayoría de los gerentes o personas con puestos directivos de las pequeñas, medianas y grandes empresas están familiarizados con su uso, por lo que son ellos quienes pueden realizar los procesos de selección de proveedores.
- Las decisiones de selección de proveedores se realizan por el personal de la propia empresa, esto evita que para resolver este tipo de problemas sean subcontratados expertos en técnicas multicriterio, pero que no conocen a fondo el problema a solucionar y las necesidades propias de la empresa, lo que garantiza una integración más incluyente de los atributos a analizar.
- Se evitan los consecuentes costes en que incurriría la empresa debido a la subcontratación de personal externo para que realice el proceso de selección.
- Finalmente, la técnica de análisis dimensional es muy sencilla de entender y aplicar, por lo que el tiempo invertido en la realización de la evaluación es mínimo, lo que permite que los gerentes o personas responsables del proceso de toma de decisiones se dediquen a atender otro tipo de responsabilidades propias de su puesto.



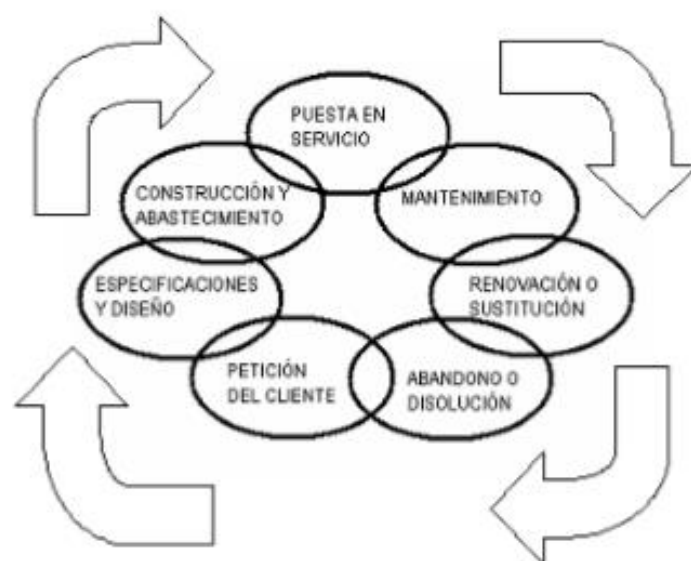
3. CASO PRÁCTICO. EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

3.1. La cadena de suministro y la gestión de aprovisionamientos en el sector de la construcción

Tradicionalmente, la industria de la construcción se ha basado en la subcontratación de tareas y compras de materiales, haciéndola susceptible para la aplicación de los principios de una cadena de suministro. La gestión de todo el proceso como una cadena de suministro, incluyendo la mejora en el desarrollo del producto, se ha convertido en una necesidad como consecuencia de los cambios producidos en el sector.

En el caso particular de los proyectos y obras de construcción, consideraremos que la cadena de suministro se configura para cada proyecto y obra concreto. La presentación del proyecto de construcción como una cadena de suministro en vez de hacerlo como el desarrollo en sí de un producto nos ofrece una visión más cercana de la organización de la producción y de las actividades de negocio en el sector. Este proceso comienza con una petición del cliente y concluye como un ‘producto’ apropiado según las necesidades del cliente. La figura representa una visión esquemática de las fases clave que forman parte de la cadena de suministro en construcción.

Figura 6. Fases clave de la cadena de suministro en construcción



Fuente: Fernández A. I., Gómez V. y Prida B. (2008).



Las nuevas tendencias del sector de la construcción exigen que la calidad final del proyecto constructivo sea fundamental, por lo que la tendencia tradicional no puede responder a potenciar el uso de mano de obra no cualificada y materiales de baja calidad, debido a la guerra de costes que genera entre los subcontratistas y a su baja implicación en el proyecto. Es por ello, que se hacen necesarios nuevos sistemas de gestión, en los cuales se establezcan unas relaciones de colaboración entre los componentes de la cadena de suministro.

Para la mayoría de las organizaciones, la función de compras adquiere una importancia estratégica, ya que la eficiencia con que la misma se realice determinará la marcha de la misma, sus costes y su capacidad de respuesta a los requerimientos internos y externos.

Visto esto, se considera importante la existencia de un departamento de compras específico que lleve a cabo las siguientes tareas:

- Investigar los mercados: condiciones de los mismos, número, tamaño y localización de proveedores, su confiabilidad, fuentes alternativas de suministros, sustitutos de materias primas, materiales y costes de transportes.
- Asesorar a los clientes internos acerca de nuevos productos, nuevos materiales, precios y calidades alternativos.
- Confeccionar y actualizar un registro de proveedores.
- Seleccionar proveedores.
- Negociar precios, calidad, fechas y modalidades de entrega, servicios postventa, fechas y formas de pago.
- Efectuar un análisis de valor de las diferentes propuestas.
- Armar pliegos de licitación cuando correspondiere, publicar los anuncios correspondientes, abrir las ofertas y proceder a su estudio.
- Confeccionar contratos u órdenes de compra.
- Registrar los pedidos, agruparlos por ítems y elaborar cronogramas de entregas.
- Realizar seguimiento de los pedidos, activar las compras.
- Efectuar el control de cantidades recibidas, realizar o colaborar en el control de calidad de los suministros enviados por los proveedores, rechazar o aceptar las entregas.
- Vigilar e informar del éxito o fracaso de pruebas realizadas con nuevos materiales o productos.



- Administrar la devolución de productos con fallos, entregas de diferente calidad a la esperada.
- Evaluar a los proveedores (cumplimiento de fechas de entrega, de calidad, de cantidades entregadas, de devoluciones, de servicios posventa realizados efectivamente, de tiempo de respuesta, entre otros parámetros)
- Analizar, junto con el proveedor, el mal desempeño de los artículos comprados o de la gestión de provisión.
- Efectuar la recepción e ingreso de los pedidos a los almacenes o despachar a los lugares de utilización.
- Confeccionar y actualizar un archivo del estado de inventarios.
- Intervenir en las auditorías de los almacenes.
- Administrar las normas de embalaje.
- Administrar los transportes y los envíos a otras plantas, sucursales o centros de distribución

Este departamento de compras debería seleccionar aquellos proveedores más idóneos, de tal manera que permitiesen mejorar la competitividad de la empresa.

3.2. Mejora en el proceso de aprovisionamiento en una empresa del sector de la construcción

Como ya se ha comentado anteriormente, las empresas de construcción presentan un gran potencial de mejora, siempre y cuando modifiquen sus procesos de aprovisionamiento.

En este apartado se van analizar los posibles cambios que se pueden llevar a cabo en una empresa constructora, en particular en una empresa especializada en la realización de obras de saneamiento, para mejorar sus procesos de adquisición de materiales o de contratación de servicios.

La empresa constructora que nos ocupa realiza obras de tipo civil, siendo una de las más habituales, las obras de saneamiento, que se realizan la mayoría de las veces en distintos municipios, pero de manera simultánea.



Las variadas características de cada obra a ejecutar y las condiciones impuestas por los clientes explican la variabilidad en la ubicación de los centros de trabajo, así como de los recursos materiales y proveedores de productos y servicios.

Cada obra en ejecución tiene asignado un/a jefe/a de obra y un/a jefe/a de producción, siendo estas personas las encargadas de realizar las compras de los materiales que se van a emplear en la ejecución de las diferentes partidas del proyecto, se sigue por tanto un sistema de compra descentralizada.

Se dice que las compras de una empresa están centralizadas cuando todas las peticiones de reposición de materiales de las diversas áreas de esta se dirigen a un solo responsable de compras, quien selecciona a los proveedores y emite los pedidos correspondientes. Por el contrario, se dice que las compras están descentralizadas cuando los responsables de los distintos servicios de la empresa están autorizados para gestionar la compra de todos los materiales que necesitan. El hecho de optar por una u otra de ambas estrategias dependerá de la valoración que se haga por cada empresa de las ventajas y desventajas asociadas a cada una de las opciones.

En el caso que nos ocupa, la empresa actualmente considera que optar por la compra descentralizada tiene las ventajas de que cada persona responsable de obra es conocedora de los materiales que precisa y sus características exactas, de tal manera que tiene la potestad de contratar aquellos servicios o comprar los materiales más adecuados según su criterio y el resultado final satisfactorio o no ,será siempre consecuencia de las decisiones adoptadas, no se verá alterado por criterios de política de empresa de un departamento de compras existente.

Hoy en día la estrategia más frecuente en la empresa es la centralización de compras. Bajo esta modalidad es frecuente la obtención de menores precios (descuentos por volumen), mejor servicio y mejores condiciones en cuanto a disponibilidad del suministro a largo plazo.

Sin embargo, con frecuencia trae aparejado un aumento en el nivel de inventarios y una pérdida de control a nivel local. Además, si la totalidad de los pedidos son entregados en forma centralizada, la empresa deberá hacerse cargo no sólo de los costes de transporte hacia las diferentes ubicaciones de la empresa, sino asumir los riesgos de rotura, pérdida



y robos que esto implica. Por último, cabe agregar las mayores dificultades administrativas que podría acarrear (fallas en cantidad entregada, errores en el tipo de mercadería enviado, devoluciones, duplicación de control, entre otras)

La solución para aprovechar las ventajas de la centralización de compras y minimizar sus desventajas consiste en separar el “sourcing” del “requisitioning”. Es decir, centralizar la gestión de compras propiamente dicha, en particular la identificación, selección y negociación con los proveedores, y descentralizar en las distintas áreas de la empresa los procesos de solicitud de materiales.

3.3. Aplicación de la metodología propuesta: Análisis dimensional

A continuación, se desarrolla un caso práctico de metodología para la selección de proveedores para dicha empresa constructora, empleando en este caso el Análisis Dimensional. Lo que vamos a buscar en este caso es el proveedor más adecuado de tubería de campana de hormigón armado D-500X2400 C-180 según la UNE EN-1916/2003, uno de los materiales más demandados por la empresa en sus diferentes proyectos.

El empleo del Análisis Dimensional no requiere del uso de software especializado y costoso para realizar la evaluación, tal como ocurre con otras técnicas que emplean aplicaciones específicas y puede ser aplicada utilizando Excel de Microsoft Office, integrada prácticamente en todos los equipos informáticos empleados hoy en día en las pequeñas, medianas y grandes empresas.

Así, desde la propia empresa se pueden realizar los procesos de selección de proveedores sin tener que recurrir a personal externo. Esto evita incurrir en costes de subcontratación de personal para que realice el proceso de selección, y asegura que las personas que hacen la selección de proveedores conozcan perfectamente las necesidades de la empresa.

Para la solución del problema planteado en este documento, se integraría un grupo de decisión formado por cuatro expertos quienes pertenecen a las diferentes áreas en las que está involucrado la tubería. Los expertos serían en nuestro caso el jefe de grupo (alta dirección), el jefe de obra, el jefe de producción y el jefe del departamento de calidad y medioambiente.



Dicho grupo obtendría mediante un sondeo rápido una lista de proveedores proporcionada por el departamento de compras, la cual incluye los cinco proveedores más importantes y más próximos geográficamente hablando. Mediante reuniones de trabajo se determinarían los atributos por los que serán evaluados los cinco proveedores seleccionados.

Determinar los atributos consiste en identificar aquellos aspectos que son relevantes en el momento de tomar la decisión, es decir, aquellas pautas de las cuales depende la decisión que se tome.

Los atributos que evaluar serán los siguientes:

- Coste (CO). El coste representa el primer atributo a evaluar, se desea minimizarlo y se encuentra expresado en unidades monetarias por metro lineal (€/m). El coste engloba el precio del material y el transporte a obra, considerando una distancia estándar y aproximada. Este atributo es cuantitativo.
- Tiempo de entrega (TE). El tiempo de entrega corresponde al segundo atributo que será evaluado en el proveedor, se desea minimizarlo y se encuentra expresado en días, los cuales son contados a partir de que se ha colocado la orden, por lo tanto, este atributo es cuantitativo.
- Calidad (CA). Se refiere a la calidad del producto y es medido por la cantidad de defectos que el proveedor reporta en sus procesos. Para ello se requiere de la realización de visitas a las plantas de los diferentes proveedores; sin embargo, se confió en la información proporcionada por éstos dado que todos tienen un sistema de calidad implantado y han sido certificados por ISO. Los valores más altos de calidad son los deseados, o sea, los porcentajes mínimos de defectos, se mide en %, es por tanto un atributo cuantitativo que debe ser minimizado.
- Forma de pago (FP). Este atributo expresado en días refleja la forma de pago exigida por el proveedor, lo que interesa es que sea la mayor posible.
- Servicio (SE). Este atributo es subjetivo y se refiere a aspectos como la rapidez del servicio, capacidad técnica para enfrentar pedidos urgentes, rapidez para hacer válidas las garantías, etc.
- Administración y Organización (AO). Este atributo es subjetivo y para la determinación del mismo se realizarían análisis de la similitud cultural de la empresa, sistemas de comunicación al interior de la empresa y con los clientes,



reputación y posición en el sector de la fabricación y velocidad de desarrollo e innovación en sus productos. En este atributo los valores altos son los deseados.

- Sostenibilidad (SO). Es atributo es cualitativo y busca valorar los compromisos que tiene el proveedor en su sistema de producción con el medioambiente. Es un atributo que se busca maximizar y se basa principalmente en las certificaciones con las que la empresa cuente.

3.3.1. Enfoque matricial para toma de decisiones

De manera genérica se identifican J atributos objetivos y L atributos subjetivos en relación con el problema de selección de k alternativas de tuberías. Los J atributos objetivos son denotados por X₁, X₂, ... X_J, y los L atributos subjetivos se identifican por X_{J+1}, X_{J+2}, ... X_{J+L}.

Los valores de los atributos objetivos para el proceso de selección son generalmente proporcionados por el fabricante de la tubería. Esos valores generan una matriz de valores objetivos (VO) y están representados en la siguiente ecuación.

$$VO = \begin{matrix} A^1 \\ A^2 \\ \cdot \\ \cdot \\ A^k \end{matrix} \begin{bmatrix} X^1_1 & X^1_2 & \cdot & \cdot & X^1_J \\ X^2_1 & X^2_2 & \cdot & \cdot & X^2_J \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ X^k_1 & X^k_2 & \cdot & \cdot & X^k_J \end{bmatrix}$$

donde X^k_j es el valor del atributo j para la tubería de hormigón armado k para k= 1..... K y j = 1,.., J.

Los valores de los atributos subjetivos para la selección del proveedor de tubería son obtenidos por calificaciones emitidas por el grupo de decisión.

Supóngase que el departamento de compras, en colaboración con el grupo de expertos (formado por P elementos) son quienes realizarán la compra de la tubería, por lo que ellos deben calificar las k alternativas con respecto a cada uno de los atributos subjetivos.



Los P elementos del grupo de expertos valorarán la aportación de la alternativa respecto a los J atributos subjetivos mediante un número entero entre un mínimo y un máximo, usando una escala Likert con valores entre uno y nueve; el uno representa la ausencia del atributo en la alternativa y el nueve la excelencia. Cada integrante elaborará una matriz de valores subjetivos (VS).

$$VS^p = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_K \end{matrix} \begin{bmatrix} X^{1P}_{J+1} & X^{1P}_{J+2} & \dots & X^{1P}_{J+L} \\ X^{2P}_{J+1} & X^{2P}_{J+2} & \dots & X^{2P}_{J+L} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X^{KP}_{J+1} & X^{KP}_{J+2} & \dots & X^{KP}_{J+L} \end{bmatrix}$$

para $p=1,2,\dots,P$

Las P matrices VS^p que proveen los P integrantes del grupo de expertos se suman término a término, generando una matriz total, en la cual se divide cada uno de sus elementos por el valor P, obteniéndose la media aritmética de cada elemento. Ésta representa el juicio promedio con que se ha calificado a una alternativa en relación a un atributo. En tal caso se asume que los P son racionales y lógicos en su juicio. Así, la matriz de valores subjetivos total, denominada VST, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VST = \sum_{p=1}^P VS^p / P = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_K \end{matrix} \begin{bmatrix} X^1_{J+1} & X^1_{J+2} & \dots & X^1_{J+L} \\ X^2_{J+1} & X^2_{J+2} & \dots & X^2_{J+L} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X^K_{J+1} & X^K_{J+2} & \dots & X^K_{J+L} \end{bmatrix}$$

Donde $x^k_{J+l} = \frac{\sum_{p=1}^P x^{kp}_{J+l}}{P}$ para $k=1,\dots,K, l=1,\dots,L$ es la calificación promedio de los P expertos para A^k con respecto al atributo subjetivo X_{J+l} .

Combinando la matriz de valores objetivos y la de valores subjetivos, se construye la matriz de decisión final (MDF) para el problema del proceso de decisión analizado, tal como se ilustra a continuación:



$$MDF = [VO, VST] = \begin{matrix} A^1 \\ A^2 \\ \cdot \\ \cdot \\ A^K \end{matrix} \begin{bmatrix} x^1_1 & \dots & x^1_J & x^1_{J+1} & \dots & x^1_{J+L} \\ x^2_1 & \dots & x^2_J & x^2_{J+1} & \dots & x^2_{J+L} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x^K_1 & \dots & x^K_J & x^K_{J+1} & \dots & x^K_{J+L} \end{bmatrix}$$

3.3.2. Análisis Dimensional

Cuando se consideran varios atributos en un proceso de selección de tuberías, la dificultad de compararlos globalmente se hace evidente. Un proveedor de tubería genérico, sea "A" por ejemplo, sería fácilmente comparado con otro proveedor "B" si el proveedor "A" tiene todos los niveles de desempeño en sus atributos mejor (o igual) que los del proveedor "B". Sin embargo, la realidad es otra dado que la mayoría de las comparaciones no son tan fáciles de realizar y, en general, sólo algunas ocasiones y en algunos atributos, el proveedor de tubería "A" será mejor que "B".

El análisis dimensional es una técnica que ha sido empleada recientemente en el proceso de toma de decisiones, es una técnica matemática que de manera sistemática combina varios atributos heterogéneos en un índice adimensional único, y esto es debido a que muy posiblemente los atributos en evaluación estén expresados en unidades o escalas diferentes.

Así por ejemplo, el precio de la tubería estará expresado en euros/metro, pero el tiempo de entrega en días y aspectos como el servicio o la sostenibilidad, no tienen dimensión y son valores obtenidos en base a la opinión de personas conocedoras de dichos proveedores.

Así, teniendo en cuenta los diferentes atributos a evaluar en n posibles alternativas de suministradores de tuberías a elegir, un enfoque convencional de análisis dimensional (AD) requerirá una comparación por pares de los proveedores, basada en la ecuación siguiente:



$$AD = \prod_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{Y_i} \right)^{w_i}$$

donde X_i , Y_i y w_i representan los valores para el atributo i para el proveedor de tubería X e Y , y el peso o nivel de importancia asignado al atributo i , respectivamente. Las ponderaciones se basan generalmente en juicios de expertos y deben reflejar la importancia relativa asignada a los atributos de desempeño evaluados. La ponderación, es asignar un valor relativo a la importancia que tiene cada criterio en la decisión que se tome, ya que todos son importantes, pero no de igual forma.

El rango de valores posibles de w_i sólo estará limitado por la capacidad de los elementos del grupo de decisión para distinguir la importancia relativa de los atributos de rendimiento analizados.

Para evitar un análisis basado en muchas comparaciones pareadas, se propuso una versión modificada del modelo que aparece en la ecuación anterior, en la que el rendimiento de los atributos de cada alternativa (es decir, el proveedor) se compara con respecto a una alternativa estándar (proveedor ideal). El nuevo índice de rendimiento está dado por la ecuación siguiente e indica una medida de semejanza (IS) que tiene cada una de las alternativas en evaluación con respecto a la alternativa ideal.

$$IS = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{S_i} \right)^{w_i}}$$

Donde S_i representa el valor del atributo i de la alternativa estándar o ideal

$$W = \sum_{i=1}^n |w_i|$$

El peso puede asumir un valor negativo cuando el atributo correspondiente tiene un efecto negativo para la empresa, tal como lo es el precio del tubo y todos aquellos atributos en los que su valor nominal deseado sea el menor.

Es importante señalar la forma en que fue se obtendría la ponderación de cada uno de los atributos, vamos a usar la técnica de votación y promedios o de asignación directa.



Las calificaciones obtenidas por cada uno de los atributos son promediadas, según la ecuación siguiente:

$$w_i = \frac{\sum_{R=1}^P O_{iR}}{P}$$

Para $R=1, 2, \dots, P$, donde: O_{iR} es el juicio emitido por el experto R para el atributo i , w_i es la ponderación para el atributo i , N es el número total de atributos y P es el número de expertos que emiten su juicio.

3.3.3. Resultado. Caso práctico

Para realizar el caso práctico propuesto y seleccionar el mejor proveedor de tubería de campana de hormigón armado D-500X2400 C-180 según la UNE EN-1916/2003, se han considerado los siguientes atributos:

- Coste (CO). El coste se encuentra expresado en €/m y debe ser el mínimo, engloba el precio del material y el transporte a obra, considerando una distancia estándar y aproximada.
- Tiempo de entrega (TE). El tiempo de entrega se encuentra expresado en días.
- Calidad (CA). Se refiere a la calidad del producto y es medido por la cantidad de defectos que el proveedor reporta en sus procesos. Los valores más altos de calidad son los deseados, o sea, los porcentajes mínimos de defectos, se mide en %, es por tanto un atributo cuantitativo que debe ser minimizado.
- Forma de pago (FP). Este atributo expresado en días, refleja la forma de pago exigida por el proveedor, lo que interesa es que sea la mayor posible para poder disponer de mayor flujo de caja.
- Servicio (SE). Este atributo es subjetivo y se refiere a aspectos como la rapidez del servicio, capacidad técnica, etc.
- Administración y Organización (AO). Este atributo es subjetivo se valora la similitud con la empresa constructora, en cuanto a políticas de empresa, reputación y posición en el sector de la fabricación, innovación en sus productos.
- Sostenibilidad (SO). Es atributo es cualitativo y busca valorar los compromisos que tiene el proveedor en su sistema de producción con el medioambiente.



Los primeros cuatro atributos son cuantitativos y pueden ser expresados en alguna unidad de medición; sin embargo, los tres últimos son cualitativos y se requerirá de la opinión de integrantes del grupo de decisión para determinar sus valores, para los valores cualitativos en nuestro caso se buscan que sean lo mayores posible.

Analizando el mercado y viendo las opciones posibles, finalmente se determinó que solamente cinco alternativas podían ser evaluadas. Las alternativas en lo sucesivo se denotarán como T1, T2, T3, T4 y T5, con la finalidad de evitar el uso y manejo de nombres y marcas comerciales.

Con los atributos identificados, se procedió a la estimación de sus valores. La matriz de valores objetivos se incluye en la Tabla 5, mientras que la obtención de los valores de los atributos subjetivos se ilustra en la Tabla 6, donde aparece la opinión de cada experto en relación a cada atributo y el promedio de las alternativas.

Tabla 5. Matriz de valores objetivos

Tk	CO (€/m)	TE (días)	CA (%)	FP (días)
T1	36,50	45	2	60
T2	37,20	30	1,5	60
T3	41,00	20	1	90
T4	39,10	15	2	60
T5	38,50	20	1,5	90

Tabla 6. Estimación de los Valores de Atributos Subjetivos

Tk	SE					AO					SO				
	E1	E2	E3	E4	Promedio	E1	E2	E3	E4	Promedio	E1	E2	E3	E4	Promedio
T1	5	8	7	5	6,25	4	9	6	5	6	4	5	8	7	6
T2	6	7	7	8	7	5	7	7	7	6,5	3	4	5	4	4
T3	8	7	8	9	8	6	6	6	7	6,25	6	7	6	8	6,75
T4	7	5	6	7	6,25	6	4	5	6	5,25	6	7	8	8	7,25
T5	6	8	6	8	7	5	6	4	6	5,25	6	6	4	5	5,25



Así, con los valores objetivos y subjetivos, se obtuvo la matriz de decisión final, tal como se ilustra en la Tabla 7. Obsérvese que se ha agregado en la última fila la alternativa estándar.

Se observa que un proveedor de tubería ideal sería aquel que costara solamente 36,50 euros por metro lineal, que su tiempo de entrega fuera de 15 días, que el porcentaje de defectos fuese del 1%, la forma de pago fuera da 90 días y que tuviera una calificación de 8, 6.50 y 7.25 en relación al servicio, administración y organización y sostenibilidad, respectivamente.

Tabla 7. Matriz de Decisión Final

Tk	CO	TE	CA	FP	SE	AO	SO
T1	36,50	45	2	60	6,25	6	6
T2	37,20	30	1,5	60	7	6,5	4
T3	41,00	20	1	90	8	6,25	6,75
T4	39,10	15	2	60	6,25	5,25	7,25
T5	38,50	20	1,5	90	7	5,25	5,25
S	36,50	15	1	90	8	6,5	7,25

Con los atributos ya determinados, se procedió a estimar el peso o niveles de importancia que tiene cada uno de los atributos y por ello en la Tabla 8 se ilustra dicho proceso. Obsérvese que el promedio de algunos valores es negativo, dado que son atributos que se desea minimizar o que valores muy altos tienen un impacto desfavorable para la empresa.

Tabla 8. Estimación de Niveles de Importancia de Atributos

	Atributos						
Ei	CO	TE	CA	FP	SE	AO	SO
E1	8	8	6	7	7	6	8
E2	7	8	5	8	8	7	6
E3	7	7	7	6	8	5	7
E4	9	7	6	7	6	5	6
Promedio	7,75	7,5	6	7	7,25	5,75	6,75
wi	-7,75	-7,5	-6	7	7,25	5,75	6,75



En este caso, la suma de los valores absolutos de los promedios dio un valor de 48, por lo que ese es el valor de W .

Para la estimación de los índices de semejanza (IS) se usó la ecuación

$$IS = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{S_i} \right)^{w_i}}$$

donde se integraron los valores de la matriz de decisión final que aparecen en la Tabla 7 y la ponderación que aparece en la última fila de la Tabla 8.

Los resultados de la aplicación de dicha ecuación aparecen en la Tabla 9, en la que se expone el valor de la razón de cada uno de los atributos en relación a la alternativa estándar y elevada a la potencia de su peso.

Tabla 9. Valores $(X_i/S_i)^{w_i}$

Tk	CO	TE	CA	FP	SE	AO	SO
T1	1,000000	0,000264	0,015625	0,058528	0,167004	0,631129	0,278766
T2	0,863102	0,005524	0,087791	0,058528	0,379803	1,000000	0,018056
T3	0,406158	0,115600	1,000000	1,000000	1,000000	0,798102	0,617332
T4	0,586678	1,000000	0,015625	0,058528	0,167004	0,292863	1,000000
T5	0,661377	0,115600	0,087791	1,000000	0,379803	0,292863	0,113186

A continuación, se ilustra el índice de semejanza que tiene cada una de las cinco alternativas en evaluación con respecto a la alternativa estándar; además, aparecen los valores de los índices de preferencia u orden en que debían ser elegidas las alternativas.



Tabla 10. Índices de Semejanza

T_k	IS	Orden
T₁	0,6764	5
T₂	0,7225	4
T₃	0,9245	1
T₄	0,8027	3
T₅	0,8225	2

Lógicamente, la alternativa que debe ser elegida es aquella que tiene un mayor índice de semejanza a la estándar y que en este caso es la alternativa que representa al proveedor tres, dado que se asemeja en un 92.45 % a la alternativa estándar, lo cual es paradójico ya que es el proveedor con un precio de tubería más caro, si sólo tuviésemos en cuenta el precio, nunca sería la seleccionada, y sin embargo atendiendo a más criterios, la decisión se modifica sustancialmente.



4. CONCLUSIONES

El interés de este trabajo fin de máster se centra en destacar la importancia de la selección de proveedores dentro de la gestión de aprovisionamiento, como elemento clave para establecer una relación proveedor-cliente que genere valor dentro de la cadena de suministro de las distintas organizaciones, ya que se sabe que la integración externa de los procesos con proveedores es una estrategia de alto impacto para lograr mejores resultados en el mercado.

Por tanto, es muy importante que las organizaciones dispongan de una política adecuada de selección de proveedores, en la que se debe tomar en consideración al menos tres argumentos:

- 1) El análisis del contexto y las particularidades de la cadena de abastecimiento.
- 2) La estrategia para la función de aprovisionamiento y los criterios de decisión.
- 3) Los métodos de selección como apoyo a la decisión.

El análisis del contexto y el estudio de las particularidades de la cadena de abastecimiento obligan a aplicar un estudio inicial de las características comerciales de los posibles proveedores. Dicha tarea exige un proceso de acercamiento e identificación, el diseño de una política de construcción de relaciones comerciales, la exploración del catálogo de productos y sus alternativas de abastecimiento en función de las características mismas de los proveedores, así como la identificación y definición del tamaño de la base de proveedores adecuada.

Una vez identificada la base de proveedores y las alternativas de desarrollo de políticas de abastecimiento, es necesario seleccionar el conjunto de criterios relevantes que guiarán el proceso de selección.

De acuerdo con el marco teórico, es claro que existe un conjunto amplio de criterios relevantes que dependen en buena medida de las particularidades mismas de la cadena de abastecimiento y, por supuesto, de las exigencias del cliente. Sin embargo, y en todo caso, es fundamental que dichos criterios concuerden con las prioridades competitivas de la organización.



El objetivo es seleccionar y aplicar un método de ayuda a la decisión que permita escoger el mejor o los mejores proveedores que puedan responder a las necesidades competitivas de la empresa.

Realizar el proceso de selección de proveedores es complejo y en este trabajo se propone realizarlo en cuatro etapas:

- 1) Definición del problema
- 2) Determinación de los atributos a evaluar
- 3) Evaluación de los proveedores mediante una técnica
- 4) Selección final de un proveedor

Para la selección de proveedores, hay diversas técnicas que se explican y comparan en este documento, y finalmente lo que se plantea es aplicar una técnica que sea fácil de ejecutar y que permita integrar a la vez los atributos objetivos y subjetivos propios del problema.

Así, en este trabajo se presenta un modelo de selección de proveedores basado en la técnica de análisis dimensional y se aplica en un caso práctico para la compra de tubería de hormigón en una empresa del sector de la construcción, sector en el que hay grandes opciones de mejora en su gestión del aprovisionamiento.

Sólo si se dispone de herramientas accesibles para la mayor parte de las empresas a través de las cuales se puede llegar a seleccionar al proveedor adecuado, se podrá conseguir una mejora importante en la gestión de aprovisionamientos de las organizaciones.



5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, P., Sahai, M., Mishra, V., Bag, M., y Singh, V., (2011), A review of multicriteria decision making techniques for supplier evaluation and selection, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2(4), 801-810.
- Aicha, A. (2007). A nonlinear multiobjective approach for the supplier selection, integrating transportation policies. *Journal of Modelling in Management*, 2 (2), 157-169.
- Ávila S. L.y Osorio J.C. (2015). Modelo de programación multi-objetivo fuzzy para la selección de proveedores *Revista EIA*, ISSN 1794-1237, Año XII, Volumen 12, Edición N.23
- Burt, D., Dobler, N. and Donald, W. (2003). *World class supply management: The key to supply chain management*. New York: McGraw-Hill.
- Chen, K. y Li, R. (2005). Suppliers capability and price analysis chart. *International Journal of Production Economics*, 98 (3), 301-315.
- Chen, C., Lin, T. y Huang, S. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102 (2), 289-301.
- Chen, Y.J. (2011). Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. *Information Sciences*, 181, 1651-1670.
- Chiang, C. and Bai, S. (2006). Supplier selection using combined analytical hierarchy process and grey relational analysis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17 (7), 301-315.
- Chopra, S y Meindl P. (2012), *Supply Chain Management. Strategy, Planning, and Operation*, 5th. Ed, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- De Boer, L., Labro, E. y Morlacchi, P. A (2001) Review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7 (2), 75-89.
- Díaz-Madroño M., Mula, J., y Campuzano F.,(2010).Evaluación de proveedores en una cadena de suministro mediante dinámica de sistemas. 4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management XIV Congreso de Ingeniería de Organización Donostia- San Sebastián.
- Dickson, G. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 2 (1), 5-17.
- Fernández A. I., Gómez V. y Prida B. (2008). La Cadena de Suministro en Proyectos de Construcción. II International Conference on Industrial Engineering and



- Industrial Management XII Congreso de Ingeniería de Organización September 3-5, Burgos.
- García Alcaraz J. L., Meza J., Escamilla M. y Llamas R. (2010). Evaluación y Selección de Tractores Agrícolas con Análisis Dimensional. Revista de la Ingeniería Industrial ISSN 1940-2163
- García-Cascales, M. S., Gómez-López, M.D y Lamata, M. (2009). Sistema de Ayuda a la decisión en el Ranking de Universidades en el ámbito de la Ingeniería Industrial (SADRU_II).
- Ghodspour y O'Brien (2001). The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. International Journal of Production Economics, 73, 15-27.
- Goffin, K. y Lemke, F. (2006). An exploratory study of "close" supplier–manufacturer relationships. Journal of Operations Management, 24, 189-209.
- Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos PMBOK®) – Quinta edición (2013) Project Management Institute.
- Herrera, M., y Osorio, J. (2006). Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso. Estudios Gerenciales, (99), 69-88.
- Ho, W., Xu, X. y Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. European Journal of Operational Research, 202, 16-24.
- Huang, S. and Keskar, H. (2007). Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. International Journal of Production Economics, 27, 510-523.
- Martínez V., Rincón M., Moreno J.M. y García Alcaraz, J.L. (2015). Selección de proveedores con enfoque multicriterio y ecológico. Anales de economía aplicada 29 ISSN: 2174-3088
- Medina P. D., Cruz, E. A. y Gómez R. A. (2012). Selección de proveedor de WMS utilizando método AHP. Scientia et Technica, ISSN 0122-1701, Vol. 2, N°. 52, 2012, págs. 65-72
- Millington, A., Eberhardt, M. and Wilkinson, B. (2006). Supplier performance and selection in China. International Journal of Operations & Production Management, 26 (2), 185-201.
- Ordoobadi, S.M. (2009) Development of a supplier selection model using fuzzy logic. Supply Chain Management International Journal,14, 314-327.



- Rodríguez, E. y Palacios, M. (2010). La integración de la dirección de proyectos con la función de compras integrada. Un caso práctico. XIV International Congress on Project Engineering. UPM
- Saaty T. L. (1997). Toma de Decisiones Para Líderes. El proceso jerárquico analítico. La toma de decisiones en un mundo complejo. RWS Publications, USA.
- Sarache W. A., Castrillón O. D. y Ortiz L. F. (2009) Selección de proveedores, una aproximación al estado del arte. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Colombia.
- Sarache W. A., Hoyos C. y Burbano J. C.. (2004) Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio. Scientia et Technica Año X, No 24
- Terrazas Alvarado P., García Alcaraz J.L. y Coronel N. (2012). Atributos Considerados al Seleccionar Proveedores. Congreso Internacional de Investigación. AcademiaJournals Cd. Juárez. ISSN 1946-5351. Vol 4., No. 1
- Vijay, R. (2006). Buyer-supplier relationships: The impact of supplier selection and buyer-supplier engagement on relationship and firm performance. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 36 (10), 755-775.
- Weber, C., Current, J. y Benton, J. (1991). Vendor selection criteria and methods. European Journal of Operation Research, 50 (1), 2-18.