

**PROPUESTA DE APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA
MULTICRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE EMPRESAS
TRANSPORTADORAS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DEL NORTE
DEL VALLE DEL CAUCA**



Oscar Humberto Marín Gómez

**Facultad de Ciencias de la Administración
Programa Académico Administración Empresas
Universidad Del Valle – Sede Zarzal**

2019

**PROPUESTA DE APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA
MULTICRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE EMPRESAS
TRANSPORTADORAS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DEL NORTE DEL
VALLE DEL CAUCA**

Oscar Humberto Marín Gómez

**Proyecto presentado como requisito para optar al título
de administrador de empresas**

**Msc. Carlos Alberto Rojas Trejos
Director Proyecto De Grado**

**Facultad de Ciencias de la Administración
Programa Académico Administración Empresas
Universidad del Valle – Sede Zarzal**

2019

Resumen

En la búsqueda de mejores desempeños competitivos, una tendencia mundial es la gestión de las cadenas de abastecimiento, para este propósito, la selección de proveedores constituye una decisión estratégica de alto impacto en el desempeño de la organización. La presente investigación propone una metodología basada en la aplicación de una combinación de herramientas multicriterio tales como el Proceso Analítico Jerárquico AHP (Analytic Hierarchy Process) Proceso Analítico Jerárquico y la Técnica para Ordenar Preferencias por Similitud con la Solución Ideal TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) para la selección de empresas transportadoras en una empresa manufacturera del Norte del Valle en las que se contemplan diversas alternativas para proporcionar a los decisores un acercamiento confiable y que integre criterios cuantitativos y cualitativos que permita establecer la mejor combinación de atributos que satisfaga las necesidades propuestas por la organización y contribuya a la generación de rentabilidad, competitividad y productividad.

Palabras Clave: Selección de proveedores, Análisis de decisión multicriterio, AHP, TOPSIS.

Abstract

In the search for better competitive performances, a global trend is the management of supply chains, for this purpose, the selection of suppliers constitutes a strategic decision of high impact on the performance of the organization. This research proposes a methodology based on the application of a combination of multicriteria tools such as the Hierarchical Analytical Process AHP (Analytic Hierarchy Process) Hierarchical Analytical Process and the Technique for Ordering Preferences by Similarity with the Ideal TOPSIS Solution (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) for the selection of transport companies in a manufacturing company in the North of the Valley in which various alternatives are contemplated to provide decision makers with a reliable approach and that integrate quantitative and qualitative criteria that allow establishing the best combination of attributes that meet the needs proposed by the organization and contribute to the generation of profitability, competitiveness and productivity.

Keywords: Supplier selection, Multicriteria decision analysis, AHP, TOPSIS.

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	7
Planteamiento del Problema.....	9
Justificación.....	12
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	13
Marco Teórico.....	14
Estado del Arte.....	23
Metodología de investigación	28
Desarrollo de Actividades	29
Conclusiones y Recomendaciones	50
Referencias Bibliográficas	51

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo de proceso de selección de proveedores.	30
Figura 2. Árbol de jerarquía.	41
Figura 3. Jerarquía para la selección del proveedor.	42

Lista de Gráfica

	Pág.
Gráfica 1. Resultado de la matriz de comparación de criterios-autor	34
Gráfica 2. Resultado de la matriz de comparación de herramienta-autor.	39

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Indicadores de entregas perfectas año 2018	10
Tabla 2. Total, de entregas perfectas e imperfectas año 2018	10
Tabla 3. Porcentaje de causas asociadas a las transportadoras	11
Tabla 4. Matriz de comparación de criterios-autor	33
Tabla 5. Matriz de comparación de herramienta-autor	38
Tabla 6. Criterios de decisión.	40
Tabla 7. Alternativas a evaluar	41
Tabla 8. Escala de Importancia Relativa (Según Saaty 1980)	43
Tabla 9. Categorización de criterios y alternativas	43
Tabla 10. Matriz de Comparación Pareada de Criterio.....	44
Tabla 11. Matriz Normalizada De Criterios	45
Tabla 12 Vector De Prioridad De Criterios.	45
Tabla 13. Coeficiente De Consistencia De Criterios.	46
Tabla 14. Matriz De Decisión. Resultado De Comparación De Criterios Y Alternativas W	46
Tabla 15. Matriz Normalizada	47
Tabla 16. Soluciones Positivas Y Negativas Para Cada Criterio.....	48
Tabla 17. Medidas De Distancia A La Solución Ideal.....	48
Tabla 18. Proximidad Relativa A La Solución Real.....	49

Introducción

En el ambiente competitivo actual, caracterizado por márgenes estrechos y altas expectativas del consumidor, las empresas deben aprovechar las oportunidades de optimizar sus procesos, en la actualidad, se ha dado mucho énfasis a la logística donde el proceso de abastecimiento debe ser el resultado de la armonización de los procesos internos entre el comprador y proveedor (Rainer & Christian, 2005). En el marco de la administración de la cadena de suministro un proceso clave es la gestión de aprovisionamiento, teniendo en cuenta que de ésta depende la relación mutuamente beneficiosa proveedor-cliente y la adecuada disposición de los recursos necesarios en la cantidad el momento y el lugar exacto a lo largo de la línea de producción garantizando de esta manera materias primas e insumos con calidad, precio, velocidad y servicio requerido (Sarache, W. Hoyos C., & Burbano 2004)

Para esto es necesario tener herramientas que encaminen a las organizaciones hacia la adecuada selección y evaluación de proveedores, que permitan analizar cuáles son los criterios para la toma de decisiones y quienes pueden o son aptos para suplir sus necesidades, en el sector industrial el uso de estas prácticas son necesarias, ya que necesitan de la gestión de aprovisionamiento para asegurarse de la correcta adquisición de materiales y servicios ofrecidos por los proveedores teniendo así el funcionamiento correcto a lo largo de toda la cadena de atención a los clientes.

Se soporta así la necesidad de diseñar las cadenas logísticas que generen valor a las compañías, reduciendo costos en los procesos involucrados, mejorando el nivel de servicio como tiempo de respuesta a un cliente, obteniendo flexibilidad en los procesos, permitiendo invertir los recursos de la compañía de una manera más efectiva. Surge entonces, como una posible alternativa para este fin, la tercerización de servicios logísticos en una compañía especializada. (Ritzma Krajewski, Malhotra & Klassen, 2012)

Por esta razón se pretende aplicar una herramienta multicriterio para la selección de proveedores que sirva como medio para elegir la mejor combinación posible entre todos aquellos elementos que se consideren importantes para tomar la decisión de quiénes serán los entes que podrán abastecer de la mejor manera los estándares de cumplimiento con los clientes, para eso es necesario identificar los factores críticos, calidad, precio, fecha de entrega, entre otros importantes con base en los requerimientos y necesidades de la organización, para posteriormente darles una ponderación definiendo un orden prioritario, y seleccionar así el proveedor que se ajuste más a los criterios que se consideran fundamentales y que fueron seleccionados, inicialmente se expondrá el problema de investigación, a continuación se propondrán los objetivos y justificación para luego abordar el tema bajo la perspectiva de distintos autores en el marco metodológico, se desarrollara cada una de las actividades para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, finalmente se ejecutaran las aplicaciones del capítulo proponiendo las conclusiones.

Planteamiento del Problema

Debido al actual dinamismo del mercado y de la economía, el entorno empresarial es cada vez más competitivo y la consolidación en el mercado va de la mano con estrategias empresariales que involucren la mejora continua de sus procesos (Adriana Martínez 2011), una de estas estrategias es el fortalecimiento uno a uno de los eslabones de la cadena de abastecimiento, en este caso, el proceso de aprovisionamiento, este proceso comprende la selección de proveedores apropiados que puedan cumplir con todos los requerimientos necesarios ofreciendo de la mejor manera un buen servicio, adecuado tanto a las necesidades de la organización como a las de sus clientes (Elda Monterroso 2000).

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 y el servicio ya han tomado un lugar de importancia frente al reto competitivo actual. Por tanto, escoger a los mejores proveedores, es una decisión multicriterio y de impacto estratégico, en este sentido, el paradigma multicriterio se presenta, en el entorno empresarial actual, como una ayuda efectiva en la práctica de la toma de decisiones y de la gestión de las organizaciones económicas, ofreciendo un conjunto de técnicas y métodos capaces de considerar las preferencias del centro decisor y que ayudan a la toma de decisiones (Sarache, W Hoyos, C., & Burbano 2004).

En este sentido muchas empresas que cuenta con un servicio de transporte tercerizado se ven afectadas muchas veces por la no eficiencia en la entrega del producto final al cliente por causales que van directamente conectadas a la transportadora que realiza el servicio, todo esto se ve reflejado en los indicadores de seguimiento que cada organización utiliza para observar el rendimiento de entregas perfectas que este tenga a lo largo de un periodo.

Para analizar mejor la problemática se muestra las estadísticas del indicador de entregas perfectas del año 2018. Ver tabla 1.

Tabla 1. Indicadores de entregas perfectas año 2018

Perfectas	Ene.	Feb.	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acumulado CEDI	
Industria	87,0%	81,0%	80,0%	65,0%	85,0%	82,0%	86,0%	84,0%	84,7%	88,9%	74%	77%	81%	
Grandes Superficies	86,0%	89,0%	91,0%	72,0%	82,0%	78,0%	82,0%	80,0%	80,7%	80,0%	67%	60%	79%	
Grandes Superficies Costa	89,0%	91,0%	98,0%	100,0%	95,0%	92,0%	96,0%	94,0%	94,7%	99,0%	71%	57%	90%	
Autoservicios Independientes	88,0%	82,0%	86,0%	78,0%	82,0%	76,0%	80,0%	78,0%	78,7%	90,5%	63%	60%	79%	
Hard Discount	91,0%	91,0%	89,0%	88,0%	89,0%	86,0%	90,0%	88,0%	88,7%	90,5%	78%	69%	87%	
Promedio Mes	88,2%	86,8%	88,8%	80,6%	86,6%	82,8%	86,8%	84,8%	85,5%	89,8%	70,6%	64,6%	83%	
Meta	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%	93,0%		

Fuente. Empresa caso de estudio

En la estadística se observa la variabilidad que se presenta durante los meses, indicando la no consecución de la meta propuesta, evidenciando una problemática que afecta el nivel de servicio por esto se analizara las causas que inciden negativamente. A continuación, se muestra el consolidado de entregas perfectas e imperfectas. Ver tabla 2

Tabla 2. Total de entregas perfectas e imperfectas año 2018

Mes	N. entregas	Promedio mes	Perfectas	Imperfectas
Enero	580	88,2%	512	68
Febrero	610	86,8%	529	81
Marzo	620	88,8%	551	69
Abril	550	80,6%	443	107
Mayo	350	86,6%	303	47
Junio	400	82,8%	331	69
Julio	380	86,8%	330	50
Agosto	330	84,8%	280	50
Septiembre	480	85,5%	410	70
Octubre	560	89,8%	503	57
Noviembre	500	70,6%	353	147
Diciembre	500	64,6%	323	177
Total año 2018	5860	83,0%	4863	997

Fuente. Empresa caso de estudio

Con base en la tabla anterior se puede observar que el total de entregas realizadas durante el año 2018, el 83.0% fueron catalogadas como perfectas y un 17.0% como imperfectas.

Tabla 3. Porcentaje de causas asociadas a las transportadoras

Causales	Ene.	Feb.	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fallas Mecanicas	25%	15%	12%	13%	11%	13%	16%	10%	10%	19%	12%	14%
Demora en Transito	38%	46%	45%	41%	53%	48%	56%	60%	41%	35%	31%	36%
Disponibilidad de vehiculo	15%	16%	3%	22%	0%	14%	4%	0%	7%	14%	17%	16%
Demora en programacion	7%	6%	12%	6%	0%	7%	0%	0%	10%	9%	5%	8%
Demora facturacion Almagrario	4%	4%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	6%	0%	9%	6%
Demora en proceso de cargue	10%	14%	29%	18%	21%	17%	24%	30%	26%	23%	26%	20%
Total Imperfectas Mes	68	81	69	107	47	69	50	50	70	57	147	177

Fuente. Empresa caso de estudio

En la anterior tabla se puede evidenciar que durante el año 2018 ver tabla3) las tres causas que más impacto tuvieron en el indicador de entregas perfectas fueron fallas mecánicas, demora en tránsito y disponibilidad de vehículos las cuales estas asociadas a las empresas transportadoras, por esto para las empresas manufactureras el contar con empresas transportadoras eficientes se convierte en un punto importante en la competitividad y la credibilidad con los clientes de ahí la importancia de realizar una óptima selección de proveedores de servicio de transporte, en esta decisión intervienen diversos factores o criterios como la calidad, el cumplimiento en las entregas, costo entre otros, los cuales intervienen de manera simultánea y genera que la selección de proveedores se convierta en una decisión multicriterio.

Teniendo en cuenta la importancia de realizar una adecuada selección de proveedores que ayudara a que la empresa no pierda credibilidad por parte de sus clientes y competitividad en el mercado, se deriva la siguiente pregunta. ¿De qué manera se debe aplicar una herramienta multicriterio de tal forma que integre los diferentes factores relevantes para la selección de las empresas transportadoras?

Justificación

La internacionalización, la globalización, el outsourcing y los problemas a los cuales las empresas deben enfrentarse hoy en día, son factores que les obligan a establecer un sistema de evaluación de proveedores (Landoli et al 2004), por esto se hace necesario identificar aspectos cualitativos y cuantitativos, que son relevantes a la hora de seleccionar los entes que se encargarán de proveer los servicios que se requieren, con el fin de minimizar costos y ofrecer en las mejores condiciones todos los bienes y/o servicios.

Además, es importante mantener una buena relación proveedor-cliente considerando que puede traer beneficios a corto y largo plazo, ya que estos en algunos casos resultan ser un aliado en la ventaja competitiva y el cumplimiento de los objetivos estratégicos de las organizaciones (Sarache, W., Castrillón, O., & Ortiz L 2009).

Existen algunas herramientas de carácter multicriterio que facilitan la toma de decisiones; en este caso la selección una empresa transportadora que cumpla con ciertos parámetros como: calidad tiempo de entrega, entre otros; los cuales apoyan fuertemente los eslabones de la cadena de suministro y garantizan el buen funcionamiento de la misma y por ende de la empresa.

El resultado de este trabajo podría beneficiar altamente el proceso de contratación de empresas transportadoras encargadas de los procesos de distribución y entrega de pedidos para la empresa caso de estudio, ya que el objetivo fundamental del proyecto es proponer una herramienta multicriterio que permita la toma de decisiones; en este caso la selección un buen proveedor de transporte cumpliendo con ciertos parámetros como: el tipo de organización, calidad, tiempo de entregas, todo esto en búsqueda de la maximización en productividad y efectividad de la entrega de pedidos a satisfacción a cada uno de sus clientes, minimizando el porcentaje de devolución y la afectación de la imagen de la compañía por incumplimientos y mala atención.

Objetivos

Objetivo General

Proponer una metodología multicriterio en la selección de empresas transportadoras que contribuya al proceso de toma de decisiones de servicios logísticos para una empresa manufacturera en el Norte del Valle del Cauca.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar el proceso actual de selección de proveedores de transporte en la empresa caso de estudio.
- Determinar los criterios o factores críticos que inciden en la selección de un proveedor de transporte.
- Definir una herramienta multicriterio que integre los factores críticos mencionados.
- Validar la herramienta multicriterio mediante un caso de estudio.

Marco Teórico

Para proporcionar una idea más clara sobre la investigación de este tema, se tomaron como referencia diferentes literaturas complementarias con el fin de examinar y analizar el contenido apropiado para guiar la propuesta para la aplicación de una herramienta multicriterio en la selección de empresas transportadoras para una empresa manufacturera en el Norte del Valle.

- **Generalidades sobre logística.**

La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes. (Stock y Lambert 2001)

Según Ballou (2004) divide las actividades logísticas, en actividades clave y actividades de apoyo, entre las actividades clave están: el servicio al cliente, el transporte, el manejo de inventarios y los flujos de información y procesamiento de pedidos, en las actividades de apoyo se encuentran: Almacenamiento, manejo de materiales, compras, embalaje y protección cooperación con producción y operaciones, mantenimiento de la información.

- **Contexto y particularidades de la cadena de abastecimiento.**

Para Sarache Castro, Castrillón Gómez, & Ortiz Franco (2009) en la actualidad el relieve puesto en la logística como un sistema es un enfoque vigente que promueve la exploración de mejores formas de administrar las organizaciones, en las cuales el proceso de abastecimiento debe ser el resultado de la armonización de los procesos internos entre el comprador y el proveedor teniendo en cuenta estos puntos

- El análisis del contexto y las particularidades de la cadena de abastecimiento
- La estrategia y los criterios para la selección de proveedores
- Los métodos de selección.

De acuerdo con Holmberg (2000) en un ambiente de decisión complejo como el que rodea la gestión de una cadena de abastecimiento, las decisiones basadas sólo en los costos resultan un tanto peligrosas si no se sustentan en un análisis integral del contexto económico, en las restricciones existentes y en las prácticas comerciales dominantes. Para realizar una selección de

proveedores se debe efectuar un análisis contextual que incluya la relación con los proveedores las situaciones de compra posibles y el tamaño de la base de proveedores requerido, las relaciones cliente-proveedor pueden ser de dos tipos: de simple intercambio comercial y de socios estratégicos, en una relación de socios estratégicos se considera el desarrollo de relaciones a largo plazo y se piensa en convertir al proveedor en un aliado estratégico.

- **Gestión de transporte.**

Para Johnny Tamayo Arias (2007) el modo de gestionar una logística de inventario con los demás actores de la cadena de abastecimiento como lo son (proveedores, distribuidores y clientes) es básicamente mediante el desarrollo de una gestión de transporte eficiente teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Costos
- Rapidez de entrega
- Eficiencia Seguridad
- Modo
- Servicio al cliente

A continuación, se hablará de cada uno de los factores en su aplicación a la gestión de transporte (Anaya y Tejer 2000).

Costos.

Este costo depende del tipo de transporte utilizado por la empresa para entregar sus productos y pueden llegar a ser fijos o variables si la flota de transporte es propia o subcontratada, los costos fijos son los salarios, seguros, parqueaderos, y variables como: combustibles, llantas, lubricantes mantenimiento, reparaciones y por imprevistos.

Rapidez de entrega.

Tiempo transcurrido desde el momento en que es puesta a disposición la mercancía al área de transporte hasta su llegada al cliente final, cumpliendo las expectativas de entrega oportuna, con calidad y a tiempo.

Eficiencia.

Está definida por la utilización de los medios disponibles de manera racional con el fin de llegar a una meta, teniendo la capacidad de alcanzar un objetivo en el menor tiempo posible y con el menor uso de recursos posible.

Seguridad.

La seguridad operacional del servicio de transporte debe adoptar medidas orientadas para hacer frente a diferentes delitos, robos y demás flagelos que puedan presentarse, con el fin de proveer un servicio seguro en las actividades anexas y complementarias al transporte.

Modo.

El modo de transporte hace referencia a la utilización de los vehículos adecuados, ya sean terrestres, aéreos, marítimos, etc., que garanticen la excelente disposición de la mercancía en el medio transportado, apuntando hacia la conservación de la mercancía en óptimas condiciones.

Servicio al Cliente.

Es un aspecto fundamental en la cadena de abastecimiento pues todas las operaciones deben estar enfocadas hacia la consecución de este objetivo que es brindar una excelente atención y distinción al cliente, satisfaciendo sus necesidades y por ende convirtiéndose en una herramienta eficaz que contribuirá a la imagen de la compañía creando clientes satisfechos y nuevas referencias para nuevos posibles clientes.

Oscar Fajardo (2007) Una disciplina que se convierte en un aliado para la toma de decisión de gestión de transporte es el Trade Marketing consistente en la fijación de objetivos, estrategias y planes de acción conjunta entre el fabricante y el distribuidor con el fin de dar una respuesta eficiente al consumidor mejorar la eficacia y eficiencia de las relaciones entre fabricantes y distribuidores, conseguir una mayor rentabilidad y ajuste de los costos y servir de conexión entre la red comercial, el marketing al consumidor final y la red de distribución.

Podemos decir entonces que el área de Trade Marketing es el sincronizador del desarrollo y priorización de los planes y de su activación con los clientes y compradores, siendo responsables de asegurar un proceso fluido de alineamiento, priorización, desarrollo y activación de planes en el trade.

- **Selección de proveedores**

Dulmin & Mininno (2003) se refieren a la evaluación y selección de proveedores es una de las más críticas actividades de las empresas, tradicionalmente basadas en la habilidad del proveedor de cumplir con estándares de calidad y costo. Para Webber (1991) tradicionalmente los criterios básicos de selección se centran en una evaluación técnica general que evalúa criterios como calidad tiempo de entrega y costo sin embargo la evidencia muestra que entre más se acercan o alejan las relaciones con los proveedores el número de criterios de selección aumenta.

Para González y Garza (2003) es un problema de decisión en presencia de múltiples atributos el cual ha sido resuelto hasta el momento de forma empírica y teniendo en cuenta la experiencia de los especialistas encargados de la actividad, la utilización de las técnicas matemáticas para la toma de decisiones es una herramienta potente para la eficacia de la gestión. Por lo que proponen un procedimiento para obtener el ranking de las alternativas (proveedores) considerando un conjunto de criterios en conflicto, los cuales permiten la selección de proveedores con la utilización de las técnicas multicriterio.

Paso 1: Seleccionar los criterios: es necesario determinar los criterios que se deseen valorar para efectuar la evaluación de los proveedores.

Pasó 2: Determinar la importancia relativa de los criterios: este es un paso realmente importante en el proceso de toma de decisiones, en el mismo se pondera los criterios.

Pasó 3: Establecer la categoría de cada proveedor: aquí se establecen cuatro categorías de proveedores.

Pasó 4: Obtener el ranking de los proveedores: para la selección del mejor proveedor solo se analizarán aquellos proveedores que se encuentran en la categoría 1 y 2, los que se encuentren con categoría 3 y 4 no se tendrán en cuenta nunca.

Parada (2001) propone un procedimiento a través de un conjunto de etapas para realizar una evaluación estratégica de los proveedores sobre la base de parámetros o criterios que inciden directamente en la calidad y eficiencia del servicio hotelero. Las etapas que se proponen son las siguientes

- Clasificación de los proveedores.
- Definición de los parámetros más importantes para la evaluación de los proveedores.
- Formulación de la matriz de evaluación de los proveedores.

- Determinación del nivel de incidencia de los proveedores en la calidad del servicio.
- Selección de los proveedores.

- **Análisis multicriterio**

Son modelos de decisión que contienen diferentes posibles soluciones. Esas soluciones requieren ser evaluadas o clasificadas por la persona o el grupo de personas que toman la decisión, según diferentes criterios que generalmente son evaluados en distintas unidades (Hajkowicz y Collins, 2006)

Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).

Saaty (1997) considera que el AHP posee muchas ventajas para la ayuda a la toma de decisiones en problemas multicriterio que disponen de poco tiempo y requieren seguridad en la respuesta, además de ser muy operativo para cualquier persona a pesar de recibir muchas críticas ha probado ser una herramienta muy útil para tomar decisiones, establecer jerarquías y estimar los pesos de los criterios.

El AHP es un modelo matemático que involucra todos los aspectos del proceso de toma de decisiones, funciona bajo una estructura jerárquica, está basado en escala de prioridades considerando preferencias de un elemento sobre otro, maneja varias alternativas, realiza comparaciones binarias entre los elementos, sintetiza los juicios emitidos y entrega las alternativas en forma de un ranking u ordenamiento de acuerdo a los pesos obtenidos (Arancibia 2006).

Según Toskano (2005) algunas de las ventajas que este proceso presenta frente a otros métodos de decisión multicriterio son:

- Permite desglosar un problema por partes.
- Permite medir criterios cualitativos y cuantitativos mediante una escala común.
- Incluye la participación de varias personas o grupos de interés y busca un consenso entre ellos.
- Presenta un sustento matemático.
- Es de fácil uso y permite que su solución se pueda complementar mediante métodos matemáticos de optimización.
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de efectuar un análisis de sensibilidad.
- Permite verificar la consistencia y hacer las debidas correcciones de ser necesario

Proceso Analítico en Red (ANP)

El ANP fue propuesto por Saaty (2001) y es una generalización de su primer modelo AHP (Proceso analítico jerárquico), partiendo de que muchos problemas de decisión no pueden ser estructurados de manera jerárquica porque es necesaria la interacción de los elementos de más alto nivel con los de nivel inferior, además no solo debe ser la importancia de los criterios la que permita determinar la importancia de las alternativas como en una jerarquía, sino también la importancia de las alternativas, a sí mismo determina la importancia de los criterios, siendo entonces este proceso una solución a los problemas que no pueden ser estructurados jerárquicamente. Por esta razón se representa un problema de decisión como una red de elementos que se encuentran agrupados en componentes y las interdependencias entre estos sin necesidad de hacer específicos una serie de niveles como sucede en el caso de una jerarquía.

Aznar (2010) Comprende de forma resumida cinco pasos principales

- Realizar comparaciones pareadas entre elementos.
- Construir una supermatriz (supermatriz original) con los vectores de pesos (autovectores) resultantes de las matrices de comparación pareada entre elementos.
- Realizar comparaciones pareadas entre componentes.
- Ponderar los bloques de la supermatriz original con los pesos de los componentes para convertirla en una matriz estocástica por columnas (supermatriz ponderada).
- Elevar la supermatriz ponderada a potencias sucesivas hasta alcanzar la convergencia (supermatriz límite).

Se recomienda aplicar cuando el decisor se enfrenta a problemas en los que los elementos están relacionados entre sí, es decir, son interdependientes, este método está dividido en dos partes la primera es un control de jerarquía o de red de objetivos y criterios que controlan las interacciones del sistema objeto de estudio, la segunda corresponde a las diferentes sub-redes pertenecientes a cada criterio

Para Guerrero, Lique y J. Faxas, Guzmán (2015) la mayor diferencia entre ambas metodologías es que ANP permite incluir relaciones de interdependencia y realimentación entre elementos del sistema, mientras que los elementos en la metodología AHP son linealmente independientes, por otro lado, en el método ANP no es necesario establecer diferentes niveles, ya

que, permite obtener una representación del problema de decisión en un entorno complejo con una estructura en red y no una estructura jerárquica.

Despliegue de la Función de Calidad (QFD)

El QFD se originó en Japón en la década de los 60', consiste en un método de diseño de productos y servicios que pretende recoger la voz del cliente y traducirla en características de diseño y operación que satisfagan las demandas y expectativas del mercado, estas características deben ser adaptadas a la organización en cada una de las etapas de desarrollo del producto, desde el diseño hasta la fabricación (Yacuzzi & Martín. 2003).

Según Ying Ming & Kwai Sang (2011) es un método de diseño de productos y servicios que recoge la voz del cliente y la traduce en la voz del ingeniero, mediante la secuencia de pasos sucesivos, a características de diseño y operación que satisfacen la demanda y expectativas del mercado, su uso original fue como herramienta de diseño de nuevos productos.

Para Gutiérrez (2007) el QFD es el procedimiento mediante el cual las características de calidad que se han identificado como expectativas de los consumidores se convierten en definiciones operacionales, con el propósito de que dichas definiciones queden incorporadas en el diseño de los productos a través de:

- Identificar qué es lo que los clientes desean de producto, esto es, que característica quieren los clientes que tenga el producto.
- Traducir dichas características en requerimiento de diseños y de fabricación.

La herramienta Topsis (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) fue desarrollada por Hwang & Yoon (1981) la cual se basa en el concepto de seleccionar la alternativa que se encuentra a una distancia más corta posible de una solución ideal y lo más lejos posible respecto a otra solución anti-ideal.

Está compuesto por siete pasos principales conocidos como Algoritmo de TOPSIS:

- Establecimiento de la matriz de decisión.
- Normalización de la matriz de decisión.
- Construir la matriz de decisión normalizada ponderada.
- Determinar la solución ideal positiva (SIP) y la solución ideal negativa (SIN).
- Cálculo de las medidas de distancia.

- Cálculo de la proximidad relativa a la solución ideal.
- Ordenación de preferencias.

Ponderación lineal (Scoring).

De acuerdo con Roche y Vejo (2005), este método representa una manera sencilla para identificar alternativas preferibles en un problema multicriterio, sigue un método que comienza por la identificación de la meta general del problema, posteriormente propone la identificación de las alternativas, los criterios para tomar la decisión, asignar una ponderación de los mismos establecer en cuanto se satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios, en la última etapa, se calcula la puntuación que obtuvieron, se ordenan y se procede a seleccionar en función de la que obtuvo la puntuación más alta.

Electre

Se puede considerar uno de los métodos más usados durante estas últimas décadas, este procedimiento permite reducir el tamaño de conjunto de soluciones eficientes mediante una participación del conjunto en dos subconjuntos, uno de alternativas muy favorables para el decisor y otro de alternativas menos favorables, en referencia al procedimiento partiendo de una matriz de decisión, se utiliza la relación de sobre clasificación con el fin de obtener una matriz de superación. Una alternativa sobre clasifica a otra y pasa a formar parte de un conjunto de alternativas más favorables cuando es la menos igual de buena, teniendo en cuenta el conjunto de atributos considerados para ello es necesario que la concordancia entre ambas supere un índice y que la discordancia no supere a otro. Cabello (2016)

Estado del Arte

A lo largo de los años se han desarrollado distintas investigaciones y a través de estas han surgido diferentes autores que han dado una nueva idea de aplicar el modelo de decisión multicriterio mostrando sus experiencias en sus empresas o como lo visualizan en esta nueva era por lo tanto, se requiere conocer las últimas investigaciones, definiciones teorías acerca del uso e importancia de las distintas herramientas multicriterio.

En el artículo Europe Aid Cooperation Office Evaluation Guidelines (2005) menciona las ventajas y desventajas de la toma de decisión multicriterio.

Ventajas:

- Simplifica situaciones, facilita el encontrar una solución en ambientes complejos y permite identificar las variables y relaciones presentes en la situación.
- Es un método comprensible las bases sobre las que se realiza la evaluación de criterios y la puntuación de resultados son a menudo fácilmente comprensibles.
- Es un método racional, gracias al estudio homogéneo y simultáneo de un gran número de factores que permite una valoración estable de los diferentes elementos incluidos en el análisis.
- Es una herramienta de negociación útil en discusiones complejas y en contextos conflictivos, contribuye a racionalizar el debate y a aumentar y desarrollar la comunicación entre los actores.

Desventajas:

- Se requieren análisis adicionales para establecer condiciones previas, dado que se requiere un mínimo de puntos de acuerdo entre los actores respecto a los objetivos, criterios, pesos etc. Esto involucra tiempo, procesos y recursos adicionales.
- Dificultad para llegar a acuerdos respecto a la selección de acciones o alternativas a estudiar al definir los criterios de comparación y elaborar las tablas de puntuación, etc.
- Tiempos prolongados, los análisis multicriterio suelen basarse en procesos prolongados e interactivos, que pueden requerir un importante y largo período de negociación.

- Grado de tecnicidad, además de las herramientas informáticas que hay que saber manejar los conceptos y los métodos matemáticos de agregación de datos requieren la capacitación adecuada; de lo contrario, pueden surgir confusiones en el análisis y llegarse a conclusiones erróneas.
- El análisis puede incluir cierto grado subjetivo, a pesar de su enfoque racional, debido a que se incluyen datos provenientes de fuentes que pueden tener intereses diversos.

Mohammady (2006) utiliza la técnica de Análisis Envolvente de Datos (DEA por sus iniciales en inglés de Data Envelopment Analysis) para determinar proveedores eficientes. La técnica DEA considera alternativas (proveedores en este caso) y las evalúa considerando criterios que representan beneficios (outputs) y costos (inputs), a eficiencia de una alternativa se define como la tasa de la suma ponderada de sus outputs sobre la suma ponderada de los inputs. Para cada alternativa, DEA calcula el conjunto de pesos que maximiza la eficiencia del proveedor, los resultados obtenidos pueden ser utilizados para realizar un benchmarking con el objetivo de poder negociar con los proveedores que no son tan eficientes, algunas de las limitaciones de la propuesta se derivan del supuesto de DEA, sobre la homogeneidad de los proveedores analizados. Si los proveedores no son homogéneos, entonces, un proveedor grande podría ser considerado eficiente porque no hay otros proveedores comparables.

Así mismo González, Mataix, y Carrasco (2006), realizaron un levantamiento de criterios y una jerarquización, de los mismos, con el fin de seleccionar un operador logístico con el cual formar una alianza estratégica. Se definieron así en el estudio, tres ejes principales que agrupan los criterios, ajuste estratégico que comprende la compatibilidad de la estructura de objetivos estratégicos de las compañías, ajuste de relaciones que cubre los criterios que ayudan a desarrollar relaciones beneficiosas mutuas y ajuste fundamental que cubre las habilidades y actividades a ser desarrolladas por el operador con el objetivo de alcanzar una ventaja competitiva en la cadena de suministro.

Liu y Wang (2009) presentan un enfoque difuso integrado para la evaluación y la selección de proveedores 3PL. Este método consta de 3 técnicas:

- El método Delphi difuso para identificar los criterios de evaluación más importantes,
- El método de inferencia difusa para eliminar los proveedores inadecuados 3PL y
- Desarrollo de un enfoque de asignación lineal difusa para la selección final

Çelebi, Bayraktar y Bingöl (2010) proponen una aplicación del proceso de Red Analítica para la determinación de la mejor estrategia de asociación logística de un pequeño fabricante de electrodomésticos en Turquía. El modelo incluye factores cualitativos y cuantitativos determinados mediante revisión de literatura y la experiencia de los directivos de la empresa. A través de un modelo de Proceso de Red Analítica se evalúan 3 diferentes alternativas de gestión logística:

- Logística interna propia
- Arreglos con terceros
- Alianza estratégica. Las comparaciones por pares se obtuvieron a través de una encuesta llevada a cabo con personal de la empresa y directivos del sector.

En el artículo presentado por Ramírez, Rengifo, y Gómez (2010), titulado: Diseño de una metodología multicriterio para la priorización de proyectos de inversión del banco de proyectos de la Universidad del Valle Se propone el uso de la herramienta Multicriterio AHP para la priorización de proyectos a ser financiados con recursos de Estampilla Pro-Univalle, con el objetivo de darle prioridad a proyectos de inversión presentados por las áreas administrativas al banco de proyectos de la Universidad del Valle BPUV, con el fin de recaudar eficientemente los recursos de las estampillas. Se emplearon herramientas multicriterio como la metodología AHP apoyada por un grupo de expertos del BPUV. Se presenta entonces, una propuesta Multicriterio que utiliza el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Este modelo permite establecer un ranking, de manera que, si los dineros se agotan, se pueda tener la seguridad de haber seleccionado los proyectos de mayor trascendencia para la Universidad. Los resultados ilustran que se cumplió con el objetivo, por que lograron crear un método eficiente para la evaluación de proyectos de manera integrada a través de criterios cualitativos y cuantitativos permitiéndole al banco estandarizar dicho proceso y priorizar el análisis y asignación de los recursos de los proyectos.

Por su parte, Ho et al. (2012) desarrollan un enfoque integrado que combina Quality Function Deployment (QFD), teoría de conjuntos difusos y AHP para evaluar y seleccionar los proveedores óptimos de servicio logístico (3PL), la importancia de los criterios de evaluación se prioriza con respecto al grado de consecución de los requerimientos de los actores utilizando AHP difuso, sobre la base de los criterios de clasificación, los 3PL potenciales se evalúan y se comparan entre sí utilizando nuevamente números difusos para hacer una selección óptima, la eficacia del enfoque propuesto se demuestra con su aplicación a una empresa de Hong Kong que suministra

componentes de disco duro, el enfoque integrado propuesto supera a los enfoques existentes porque la estrategia de outsourcing y selección de los 3PL derivan de la estrategia de la empresa.

Urbano y Muñoz (2013) Mencionan la metodología aplicada a una empresa industrial colombiana considera el desarrollo de un modelo que combina el AHP difuso y la TOPSIS, con el fin de seleccionar un aliado estratégico para la operación de carga terrestre, el AHP difuso ayuda a establecer el nivel de importancia entre los criterios y subcriterios definidos para la selección, a partir de una comparación cualitativa entre ellos, que posteriormente se traslada a una escala numérica que permite realizar los cálculos matemáticos, la TOPSIS se utiliza para priorizar las alternativas y seleccionar la mejor, en este caso, el mejor proveedor para constituir la alianza estratégica, esta técnica se basa en las distancias positivas y negativas de las alternativas con respecto a una solución ideal

Años después Urbano, Muñoz y Osorio (2016) presentan un modelo para seleccionar un operador logístico de transporte terrestre, visualizándolo como un aliado estratégico, combinando un proceso de análisis jerárquico difuso, y la técnica de orden preferencia por similitud, este modelo fue aplicado a una empresa industrial permitiendo identificar el aliado con las mejores ventajas competitivas.

En el trabajo expuesto por Urbano et al. (2016), se presenta que, para una selección eficaz de los proveedores, se exige el uso de instrumentos para la toma de decisiones, además se determina que para la selección de transporte terrestre de carga es necesario considerar elementos científicos y analíticos con el objeto de identificar a los proveedores como potenciales aliados estratégicos disponiendo de diversas alternativas, cabe destacar que el método de selección abordado debe ser consecuente con el análisis del contexto en el que se aplique, con la situación de la cadena de abastecimiento y los criterios elegidos

Por otra parte, Koc E., y Burham H.A en el año (2014), realizaron un estudio aplicado a la industria automotriz en una compañía fabricante de vidrios en Turquía. Para la misma, aplicaron un análisis AHP para la selección de un proveedor estratégico. En el estudio definieron cinco pasos para la selección de un proveedor. Primero, escoger los criterios y subcriterios, para este caso particular, los criterios escogidos fueron costos, disponibilidad y calidad; Subcriterios como precio de producto, costos de transporte, capacidad técnica, mejoramiento de negocio, entre otros. El segundo paso fue establecer un modelo jerárquico de los mismos, el tercer paso implicó realizar

una comparación de pares y examinar la consistencia, el cuarto paso, incluyo analizar los resultados, calculando los pesos de los criterios y subcriterios y, por último, implementación de los resultados. La principal limitación encontrada en este estudio, es que el mismo fue ejecutado para una industria particular que es la automotriz, así que el mismo, se debe ajustar en función a las necesidades propias del negocio y no puede ser generalizable.

DISEÑO DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

TIPO DE ESTUDIO

El tipo de investigación que se realizará corresponde al descriptivo-explicativo con el fin de describir el problema o fenómeno observado en torno al proceso de selección de empresas transportadoras en la empresa caso de estudio, enmarcado en el problema de empresas transportadoras. De igual forma, proporcionar alternativas que contribuya a mejorar el proceso de selección de proveedores de transporte de carga en la empresa caso de estudio.

Metodología de investigación

Objetivo específico	Actividades	Técnicas y Herramientas
Realizar la descripción del proceso actual de selección de proveedores de transporte en la empresa caso de estudio	- Realizar una visita a la empresa caso de estudio - Realizar una entrevista con el responsable - Reunir información estadística de los indicadores de desempeño del proceso - Describir las actividades del proceso actual.	- Cuestionario. - Tablas de frecuencia, Grafico de barras. - Diagramas de flujo.
Determinar los criterios o factores críticos que inciden en la selección de las transportadoras	- Describir los criterios actuales de selección de proveedores de la empresa. - Realizar una revisión bibliográfica en torno a la selección de proveedores	- Base de datos - Libros, artículos.
Definir una herramienta multicriterio que integre los factores críticos mencionados	- Realizar una revisión bibliográfica y estudios realizados en torno a la aplicación de herramientas multicriterio. - Elaborar la propuesta aplicativa de la herramienta.	Libros y Artículos de investigación y revisión.
Validar la herramienta multicriterio mediante un caso de estudio	- A través de un caso concreto validar la herramienta multicriterio - Evaluación de la herramienta propuesta	Aplicación en hoja de cálculo Excel

CAPITULO I. DIAGNÓSTICAR DEL PROCESO ACTUAL DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES

En la empresa caso de estudio el área encargada de llevar a cabo la contratación del proveedor de transporte en este caso las transportadoras, es el departamento de compras acudiendo a la solicitud que haga el área de logística.

El proceso inicia con el requerimiento de la lista de necesidades, la cual se realiza de forma manual con un formato establecido o por medio virtual, a partir de allí a través de una convocatoria se solicita cotizaciones a un grupo determinado de proveedores provenientes de la base de datos que envían la información necesaria y que cumplan con los requerimientos.

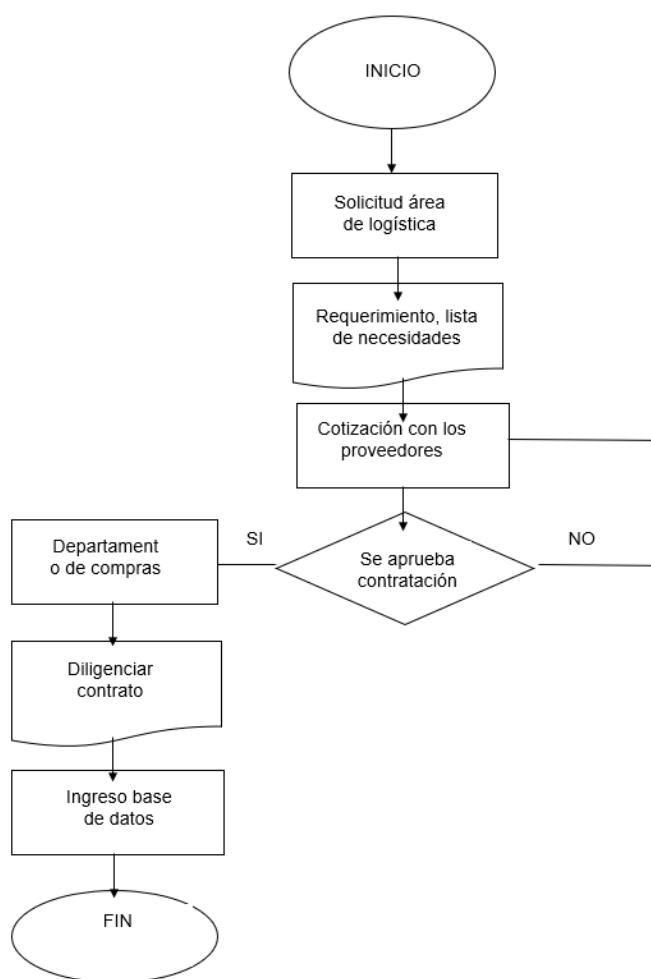
Terminado este proceso y con las cotizaciones, se toma la decisión de seleccionar el proveedor que más se ajusta a las necesidades establecidas, teniendo en cuenta las siguientes especificaciones

- Estar legalmente constituida en certificado de Cámara y Comercio y habilitada por el Ministerio de Transporte
- Debe tener vehículos propios que garantiza control sobre los vehículos en cuanto al envío
- Debe tener certificación **BASC** para dar cumplimiento de todas las normas de seguridad en la cadena de suministro
- Certificación Icontec que de seguridad sobre los procesos de calidad
- Que puedan suplir diferentes rutas.
- Que cuenten con un departamento de tráfico que facilite la trazabilidad de los vehículos que genere una seguridad en la carga y transporte (GPS).

Para finalizar con el proceso, la transportadora seleccionada diligencia el contrato que la vincula con la organización, y es ingresada al sistema de información para facilitar la facturación

En la Figura 1. Se puede observar a manera de resumen el proceso actual en cuanto a la selección de sus proveedores, descrito anteriormente.

Figura 1. Diagrama de flujo de proceso de selección de proveedores.



Fuente: elaboración propia

En la actualidad se cuenta con una base de datos de 30 proveedores de transporte los cuales no se encuentran clasificados por grupos y no son sometidos a ningún tipo de evaluación todo el proceso de selección y evaluación se realiza de forma empírica pues no se ha establecido ningún proceso estándar; el único aspecto relevante consiste en determinar si cumple con aspectos como, la entrega del producto al cliente, disponibilidad de vehículos, disponibilidad de diferentes rutas, contar con diferentes tipos de vehículos y la capacidad de carga.

CAPITULO II. DETERMINACIÓN DE CRITERIOS O FACTORES CRÍTICOS QUE INCIDEN EN LA SELECCIÓN DE UN PROVEEDOR DE TRANSPORTE.

En este capítulo se presenta una compilación de distintas investigaciones y estudios de caso con el objeto de revisar los principales criterios empleados para el proceso de selección de proveedores. Cada trabajo posee diferentes características y metodologías que han sido aplicados en diversas industrias.

Lewis (1995), quien efectuó un estudio en la compañía fabricante de autos Chrysler, en el cual se evaluaron los proveedores basándose en cuatro factores: calidad, administración de los costos, entregas y tecnología.

Sarache W (2004) menciona el caso de una empresa del sector metalmecánico de la ciudad de Manizales donde se plantea los criterios a tener en cuenta para seleccionar un proveedor, los cuales son: Nivel de calidad de los productos suministrados, fiabilidad en la entrega, cercanía geográfica del proveedor, grado de adaptabilidad a los cambios sugeridos por la empresa porcentaje de participación en las ventas del producto al cual suministran materia prima.

Igualmente, Toskano, G. (2005) en su caso de estudio para una empresa dedicada a la producción de envolturas flexibles que desea abastecer su inventario de materiales, presenta una serie de criterios macros los cuales contienen a su vez un conjunto de subcriterios definidos de la siguiente manera:

- Factores de producción: tiempo de entrega, calidad del uso del material
- Factores contables: precios y facilidades de pago
- Confiabilidad del proveedor.

Herrera y Osorio (2006) plantean la categorización de los diferentes aspectos a evaluar de acuerdo a los siguientes criterios.

- Situación de la empresa,
- Criterios del producto,
- Criterios de desempeño del servicio y costos.

Modi y Mabert (2006) resaltan la importancia de la calidad y del costo no sólo como reflejo de las capacidades competitivas de una firma, sino también de su red de proveedores.

Para Masella (2007) adicionalmente, deben considerarse las prácticas de gestión, el manejo de la calidad, las fortalezas financieras, los niveles de tecnología e innovación y la capacidad para trabajar en esquemas colaborativos.

Posteriormente, García, J., et al. (2010) definen para la selección de un proveedor que suministra un componente crítico de su producto final cuatro criterios relevantes:

- Costo
- Servicio
- Administración y organización
- La tecnología que posee el proveedor en sus procesos de producción.

Por este mismo tiempo, Rivera D. (2011) consideran atributos de tipo cuantitativo tales como: el costo del producto, el costo de entrega y los recursos tecnológicos del proveedor y cualitativos como: La flexibilidad de las entregas, calidad del producto y servicio al cliente; para la selección de proveedores de una empresa comercial y de servicios.

Además, Castiblanco, J. & Martínez, P. (2011) en su estudio para la selección, evaluación y reevaluación de proveedores en una empresa del sector productivo y comercial definen sus criterios según el proceso:

- Compras: calidad, cumplimiento, atención y asesoría
- Mantenimiento eléctrico y mecánico: cantidad de servicios, tiempo de entrega y calidad
- Mantenimiento de redes y equipos de cómputo: servicios de valor agregado, tiempo de respuesta y calidad
- Metrología: cumplimiento del valor agregado, tiempo de entrega y calidad
- Mantenimiento locativo y obras civiles: tiempo de respuesta, cumplimiento del valor agregado y calidad
- Distribución: precio, cantidad de servicios, tiempo de entrega y calidad.

Imeri, Shpend (2013) en su estudio intentó evitar darles mucha importancia a los criterios cuantitativos y abarco los nuevos asuntos y los criterios más cualitativos que no eran tan importantes pero que servían para aumentar la relación a largo plazo entre el comprador y el proveedor. Estos factores cualitativos son divididos en cuatro grupos y son:

- Los asuntos financieros
- La cultura organizativa
- La estrategia y la tecnología.

(Laura, 2011) menciona el estudio de Dickson, el cual describe la importancia de 23 criterios clasificados con respecto a su importancia observada a comienzos de los sesenta. De acuerdo con esto propone los criterios más significativos, calidad, entrega a tiempo, rendimiento, garantía y políticas

Viirseda (2011) manifiesta que los criterios para la selección de proveedores se pueden dividir en cinco grupos de acuerdo a su valor. En orden descendente se tiene en primer lugar la innovación seguido del costo, el servicio, la calidad y finalmente, se tiene la garantía de suministro que involucra regulaciones y políticas.

(Cubillos, 2016) La ubicación geográfica es otro factor importante en la selección de proveedores. Porque puede afectar el plazo de entrega, además de incrementar los costos de transporte y logísticos en general. Algunas empresas exigen a sus proveedores que se encuentran a cierta distancia de sus instalaciones.

A partir de la información anterior se realizó una matriz de comparación de criterios-autor, con el fin de definir los factores críticos más representativos y aplicables para el caso de estudio.

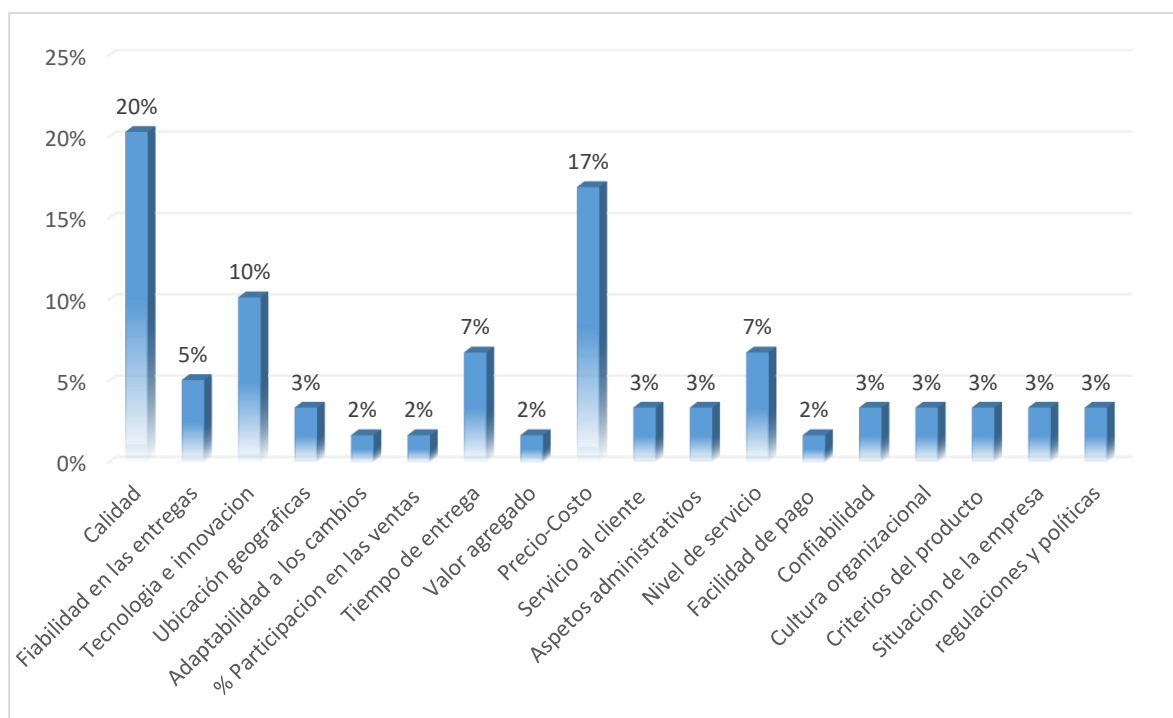
Tabla 4. Matriz de comparación de criterios-autor

CRITERIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	TOTAL
Calidad	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		12
Fiabilidad en las entregas		•						•			•			3
Tecnología e innovación	•					•	•	•		•		•		6
Ubicación geográficas		•											•	2
Adaptabilidad a los cambios		•												1
% Participación en las ventas		•												1
Tiempo de entrega	•		•						•		•			4
Valor agregado									•					1
Precio-Costo	•		•	•	•		•	•	•	•		•	•	10
Servicio al cliente								•	•					2
Aspectos administrativos						•	•							2
Nivel de servicio				•			•				•	•		4
Facilidad de pago			•											1
Confiabilidad			•								•			2
Cultura organizacional						•				•				2
Criterios del producto								•	•					2
Situación de la empresa				•					•					2
regulaciones y políticas											•	•		2

Fuente: Elaboración propia.

1. Lewis (1995), 2.Sarache W (2004), 3.Toskano, G. (2005), 4.Herrera y Osorio (2006), 5.Modi y Mabert (2006), 6.Masella (2007), 7.García, J., et al. (2010), 8.Rivera D. (2011) 9.Castiblanco, J. & Martínez, P. (2011) ,10.Imeri, Shpend (2013), 11.(Laura, 2011), 12.Viirseda (2011), 13.(Cubillos, 2016)

Gráfica 1. Resultado de la matriz de comparación de criterios-autor



Fuente: Elaboración propia.

A través de la revisión de bases de datos y artículos bibliográficos, se analizaron trece artículos donde los autores plantean diferentes criterios a tener en cuenta para la sección de proveedores, con esto se elabora una tabla para agrupar los diferentes criterios proponiendo como resultado en la gráfica 1 que para los autores los criterios más relevantes a la hora de seleccionar un proveedor, son la calidad con un peso del 20% y el precio-costo con un peso del 17% pero también se puede observar que otros criterios pueden ser de importancia como la tecnología e innovación, tiempo de entrega, fiabilidad en las entregas y nivel de servicio, por lo tanto, serán los criterios aplicados a la herramienta multicriterio. Ver grafica 1

CAPITULO III. DEFINICIÓN DE UNA HERRAMIENTA MULTICRITERIO.

A continuación, se presentan estudios realizados en torno a la aplicación de estas herramientas para selección de proveedores, los cuales servirán como base junto con los factores críticos definidos anteriormente, para identificar aquella que más se adapte al caso de estudio.

González, A. & Garza, R. (2003) los cuales proponen las técnicas de análisis multicriterio para la selección y evaluación de proveedores, enfocándose en el uso de los métodos ELECTRE y ELECTRE II por considerarlos una forma sencilla y rápida en la generación de un resultado a la organización; a través de la creación de un modelo basado en las preferencias de un conjunto de especialistas con el fin de tomar la mejor decisión, se aplica a una empresa productora de helados para determinar entre cinco proveedores el que más se ajuste a los criterios evaluados.

Por otra parte, Toskano, G. (2005) aplica la técnica AHP en una empresa comercial para elegir entre tres proveedores de materia prima que difieren entre características, precio y calidad, a través de un aplicativo en software; con el propósito de elegir el que se ajuste más a las políticas de precio, excelencia y calidad de la empresa. El autor considera esta herramienta poderosa en aquellos problemas en los que no solo intervienen factores cuantitativos sino cualitativos y juicios humanos basados en la experiencia, además de que se puede aplicar en todos los campos donde se presentan este tipo de problemas, permitiendo reunir los juicios de expertos idóneos para evaluar cada criterio de las alternativas, siendo esta una herramienta de integración y de trabajo en equipo.

Roche y Vejo (2005), emplean el método Scoring que representa una manera sencilla para identificar alternativas preferibles en un problema multicriterio, que comienza por la identificación de la meta general del problema, posteriormente propone la identificación de las alternativas, los criterios para tomar la decisión, asignar una ponderación de los mismos, establecer en cuanto se satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios. En la última etapa, se calcula la puntuación que obtuvieron, se ordenan y se procede a seleccionar en función de la que obtuvo la puntuación más alta.

En el mismo año, Herrera, M. & Vinasco, M. (2005) presentan un modelo para la implementación y administración del programa de aseguramiento de proveedores de una empresa de servicios, aplicando AHP Difuso como metodología de toma de decisiones ya que permite elegir a partir de varias alternativas y considerando juicios subjetivos de expertos, el proveedor que cumpla con las características y tomar así la mejor decisión

Umaña, María Fernanda y Gómez, Juan Carlos (2006) proponen un modelo diseñado para administrar la gestión de proveedores en una organización de tipo comercial y de servicios. Dicho modelo está sustentado en el proceso de análisis jerárquico difuso (AHP difuso), el cual ha demostrado ser muy efectivo en los procesos de toma de decisiones multicriterio.

Quintero y Vásquez (2008), utilizan un modelo para abordar el problema de la localización de instalaciones en Colombia, dicho modelo se basa en la combinación de dos herramientas, la programación matemática por el lado cuantitativo, en donde consideran variables como el costo lead time, y la capacidad y el AHP por el lado cualitativo, donde consideran variables relacionadas con la calidad de la mano de obra y la calidad del lugar donde se ubicarán las instalaciones.

Zhang y Zhiwei. (2009). Utilizan un modelo AHP difuso para la configuración de cadenas de suministro verdes, la razón del que sea difuso es que argumentan que el AHP tradicional no recoge el efecto de la incertidumbre alrededor de cada uno de los componentes que se evalúan en él. Presentan un caso estudio donde involucran cuatro tipos de factores en el primer grupo identifican factores relacionados con la satisfacción al cliente, en el segundo grupo indicadores relacionados con la transferencia de información entre los eslabones de la cadena, en el tercer grupo indicadores de eficiencia en costo y por último indicadores relacionados con los impactos al medio ambiente.

Luego Fory, S. & Villota, D. (2010) realizan un análisis comparativo de los modelos AHP y QFD difusos para la selección de proveedores, mediante un caso de estudio extraído de la literatura basado en una empresa peruana dedicada principalmente a la impresión de envolturas flexibles donde concluyen que, a pesar de la diferencia entre los modelos, estos presentan resultados confiables, además sirven para evaluar y elegir proveedores de cualquier tipo de suministro.

García et al. (2010) realizan un trabajo donde utilizan la técnica MOORA, la cual consiste en una matriz de decisión final donde las filas representan las alternativas, en tanto, las columnas representan los atributos a evaluar. Después de normalizar los resultados, dada la prevalencia de atributos cuya unidad de medición es distinta, se identifican aquellos que deben minimizarse (costos) y maximizarse (capacidad tecnológica). Al finalizar todo el procedimiento requerido, se obtiene una matriz que indica el orden de cada alternativa, señalando que ofrece ventajas en comparación con TOPSIS, ELECTRE y PROMETHEE, al necesitar de menor tiempo de cómputo por la simplicidad, los cálculos matemáticos requeridos, estabilidad e integración de datos.

En este mismo año Rivera, D. et al. (2011) aplican la técnica TOPSIS para presentar un modelo multicriterio y multiatributo para la selección de proveedores de una empresa comercial y de

servicios. Como conclusión se obtuvo que al aplicar la metodología TOPSIS se pudo comprobar que es de gran utilidad para la selección de proveedores ya que integra en su evaluación variables cuantitativas y cualitativas, considerando el modelo apto por el grupo de decisión que lo empleó.

La metodología AHP es empleada también por Medina, P. et al. (2012) basada en la estructuración de árboles jerárquicos, objetivos, criterios y alternativas, como fundamentos para apoyar la selección de una plataforma WMS para una empresa mediana dedicada a la fabricación y comercialización de cárnicos en la ciudad de Medellín con el fin de aumentar la eficiencia y satisfacción de las necesidades de los clientes. La empresa cuenta con tres alternativas: Un proveedor local, un proveedor internacional o realizar un desarrollo propio que implica contratar personal experto que lo ejecute. Se consideraron cuatro criterios: Funcionalidades para planear apoyar la ejecución y control de las operaciones del CEDI, impacto potencial en aumento de la eficiencia, costo de adquisición del WMS, experiencia y reconocimiento del proveedor del WMS en el mercado. Se concluye como la utilización de métodos de análisis de decisiones basados en modelos cuantitativos y la experiencia de los decisores como es el caso del AHP, son de gran importancia debido a la complejidad en la selección de las características y alternativas de proveedores en el mercado.

Shahroudi, K. & Tonekaboni, S.M. (2012) desarrollaron una metodología para evaluar a los proveedores en el ciclo de la cadena de suministro basado en la técnica TOPSIS proponiendo un método y un procedimiento para extenderla y resolver el problema. Los autores nombran como principales ventajas de la aplicación de esta técnica: La lógica es racional y comprensible, los procesos de cálculo son sencillos, el concepto permite la búsqueda de la mejor alternativa representada en simples matemáticas y la importancia de los pesos se incorpora en los procesos de comparación. Para llevar a cabo esto, proponen un caso hipotético de una empresa que requiere seleccionar su proveedor entre cuatro posibles alternativas y centrándose en los criterios: precio tiempo de realización del proyecto, calidad, cantidad de equipos y distancia.

Singh, R. et al. (2012) Desarrollaron una metodología para la selección de proveedores en el ciclo de la cadena de suministro en una industria automotriz, con la ayuda de la técnica TOPSIS por ser considerada como un método sencillo y comprensible que permite, seleccionar la alternativa adecuada de acuerdo con la importancia de los diferentes criterios. En este caso tienen en cuenta cuatro posibles proveedores y 10 criterios de evaluación: Calidad del material, tiempo de entrega, costo de ordenamiento, precio del producto, estabilidad financiera, plazo de entrega capacidad

técnica, costo de transporte, rechazo de productos defectuosos y facilidades de producción y capacidad

Onder, E. & Dag, D. (2013) proponen un modelo de análisis para la selección de proveedores de materia prima para una empresa manufacturera de cable aplicando de manera combinada el Proceso Analítico Jerárquico y el método TOPSIS. La empresa cuenta con ocho criterios detectados por el departamento de compras y cuatro alternativas de solución. Como conclusión se obtuvo que las técnicas de decisión multicriterio como los métodos AHP y TOPSIS proporcionan un enfoque útil para la compañía de cable, en la selección del mejor proveedor.

Con relación a la información anterior se realizó una matriz de comparación de herramienta autor, para determinar los métodos multicriterio más aplicados al proceso de selección de proveedores, de la cual se obtuvo los siguientes resultados

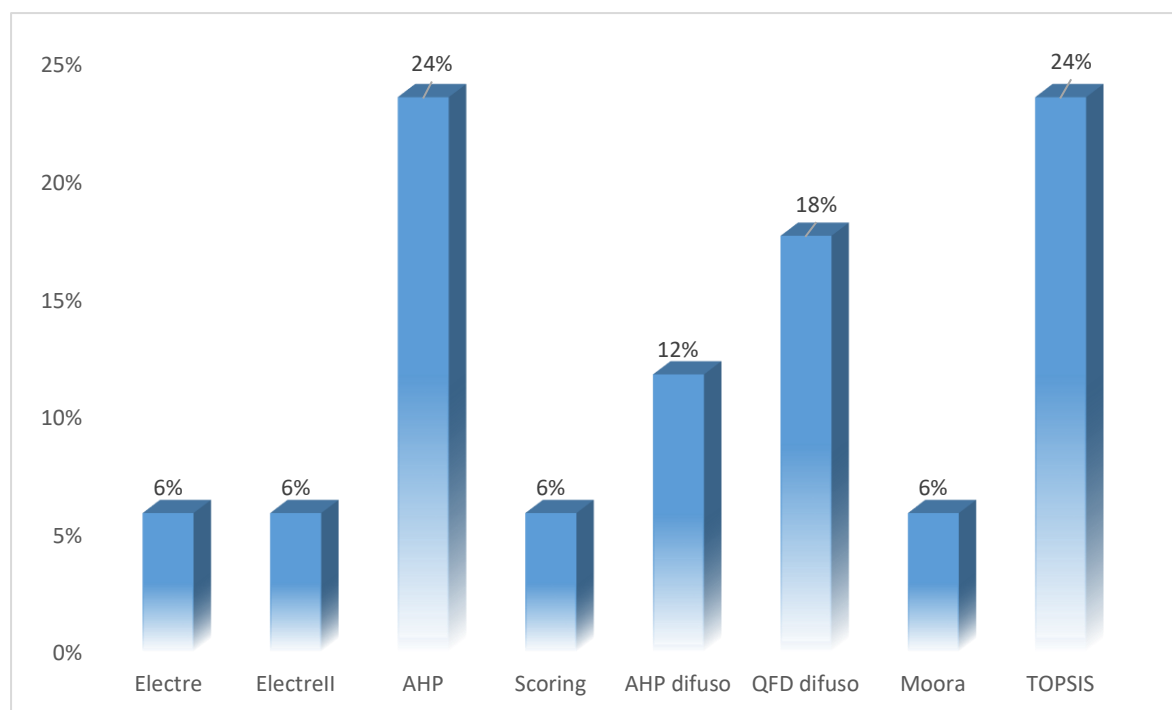
Tabla 5. Matriz de comparación de herramienta-autor

AUTOR(ES)	1	2	3	4	5	6	7	8
González, A. & Garza, R. (2003)	x	x						
Toskano, G. (2005)			x					
Roche y Vejo (2005)				x				
Herrera, M. & Vinasco, M. (2005)						x		
Umaña, María Fernanda y Gómez, Juan Carlos (2006)						x		
Quintero y Vásquez (2008)			x					
Zhang y Zhiwei. (2009)					x			
Fory, S. & Villota, D. (2010)					x	x		
García et al. (2010)							x	
Rivera, D. et al. (2011)								x
Medina, P. et al. (2012)			x					
Shahrودي, K. & Tonekaboni, S.M. (2012)								x
Singh, R. et al. (2012)								x
Onder, E. & Dag, D. (2013)			x					x
TOTALES	1	1	4	1	2	3	1	4

Fuente: Elaboración propia.

1, Electre, 2. Electre II, 3. AHP, 4. Scoring, 5. AHP difuso, 6. QFD difuso, 7. Moora, 8. TOPSIS

Gráfica 2. Resultado de la matriz de comparación de herramienta-autor.



Fuente: Elaboración propia

A través de la revisión de bases de datos y artículos bibliográficos, se analizaron catorce artículos donde los autores comentan que herramientas multicriterio implementaron para la realización de los diferentes casos de estudio, entonces con base en los aportes de estos autores se toma la decisión de aplicar la combinación de AHP y TOPSIS para el desarrollo del caso de estudio, considerando las ventajas que ofrece. Ver grafica 2

CAPITULO IV. VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA MULTICRITERIO MEDIANTE UN CASO DE ESTUDIO.

El problema que se plantea en este caso de estudio es la selección de un proveedor de transporte, entre un conjunto de cuatro proveedores que se encuentran en capacidad de brindar el servicio de entrega al cliente final, los cuales serán denominados A, B, C y D por efectos de confidencialidad, teniendo en cuenta una serie de 6 criterios de decisión. Para el desarrollo de este caso se empleará una combinación de las técnicas multicriterio AHP y TOPSIS, según lo anteriormente mencionado se tuvo en cuenta el perfil académico, profesión y experiencia del grupo de expertos conformado por el jefe de logística y el analista logístico que son los encargados de tomar las decisiones de todo el proceso logístico dentro de la organización, generando así una evaluación confiable y consistente sin problemas de imparcialidad o conflictos de intereses sobre el análisis de los criterios ya mencionados.

- Metodología AHP y TOPSIS.

La metodología está compuesta por dos fases. La primera fase consiste en utilizar AHP para el cálculo de los pesos de los criterios y los pesos totales de las alternativas por cada criterio; y para la última fase se aplicará TOPSIS para evaluar el problema de selección y obtener el resultado sugerido. Al final, se muestra el orden de preferencia de las alternativas y la elección del proveedor adecuado.

- Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

Identificar los criterios

Los criterios a considerar se presentan a continuación y son los obtenidos en la tabla 4 matriz de comparación de criterios-autor, que presenta los criterios que tienen el mayor peso.

Tabla 6. Criterios de decisión.

CRITERIOS	
C1	CALIDAD
C2	PRECIO-COSTO
C3	TECNOLOGIA E INNOVACION
C4	TIEMPO DE ENTREGA
C5	FIABILIDAD EN LAS ENTREGAS
C6	NIVEL DE SERVICIO

Fuente: Elaboración propia.

Definición de las alternativas.

Como se mencionó anteriormente, las alternativas a evaluar son cuatro, denominadas como se observa en la tabla 7, por razones de confidencialidad.

Tabla 7. Alternativas a evaluar

A	PROVEEDOR 1
B	PROVEEDOR2
C	PROVEEDOR 3
D	PROVEEDOR 4

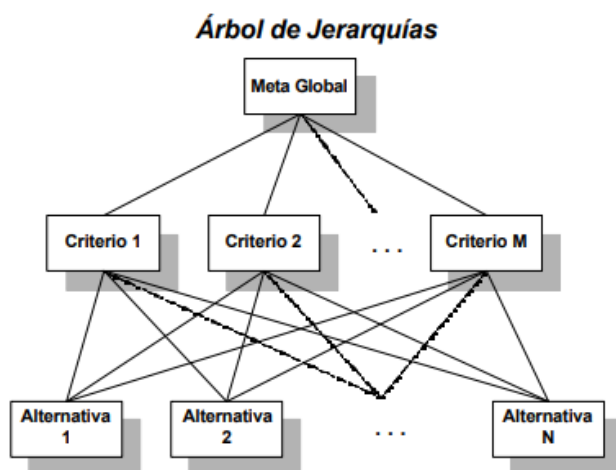
Fuente: Elaboración propia.

Establecer la jerarquía.

Según Toskano Hurtado y Gerard Bruno. (2005) El modelo de jerarquía de AHP se compone de cuatro elementos:

- Identificación del Problema
- Definición del Objetivo
- Identificación de Criterios
- Identificación de Alternativas

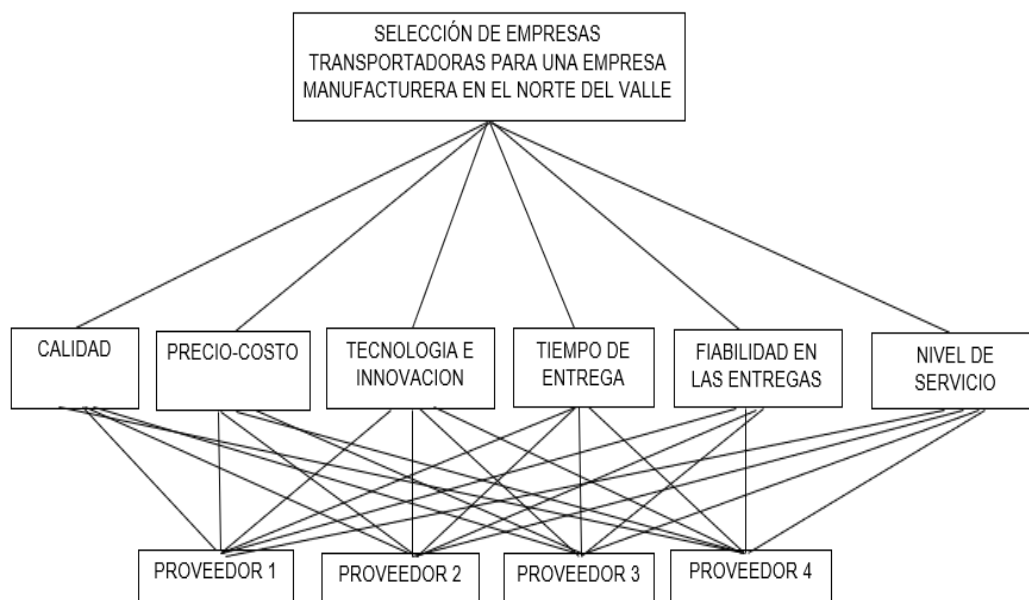
Figura 2. Árbol de jerarquía.



Fuente. Elaboración propia.

En el modelo propuesto, la jerarquía AHP para la selección de los proveedores se muestra a continuación.

Figura 3. Jerarquía para la selección del proveedor.



Fuente. Elaboración propia.

Establecer la comparación por pares de los Criterios.

A continuación, se presenta la tabla con la escala de medición de Saaty, (Saaty, 1980) en la cual se basa la comparación por pares de alternativas y criterios.

Tabla 8. Escala de Importancia Relativa (Según Saaty 1980)

INTENSIDAD DE IMPORTANCIA	DEFINICION
1	IGUALMENTE PREFERIDO (IGP)
2	ENTRE IGP y MP
3	MODERADAMENTE PREFERIDO (MP)
4	ENTRE MP y FP
5	FUERTEMENTE PREFERIDO (FP)
6	ENTRE FP y MFP
7	MUY FUERTEMENTE PREFERIDO (MFP)
8	ENTRE MFP y EXP
9	EXTREMADAMENTE PREFERIDO (EXP)

Fuente: Saaty 1980

De esta manera, en la evaluación de comparación de criterios (6) y alternativas (4), se conocerán como (C) y (A), respectivamente

Tabla 9. Categorización de criterios y alternativas

CRITERIOS	
Calidad	C1
Precio-Costo	C2
Tecnología e innovación	C3
Tiempo de Entrega	C4
Fiabilidad en las Entregas	C5
Nivel de Servicio	C6
ALTERNATIVAS	
Proveedor 1	A1
Proveedor 2	A2
Proveedor 3	A3
Proveedor 4	A4

Fuente. Elaboración Propia

Evaluación de las alternativas y elección de la mejor opción

Al poseer la categorización de los criterios (C_i) y alternativas (A_j), se procede a la evaluación por medio de matrices de comparación pareada, para este caso se recurrió al AHP; basándose en las opiniones de los expertos consultados; se realizaron las comparaciones pareadas de los diferentes criterios.

En la tabla N°10 se consigna el grado de importancia que tiene para el grupo decisor un criterio frente a otro de manera consolidada, para ello inicialmente se utilizó la escala (1 a 9) propuesta por Saaty (1980) para definir la matriz de comparación de criterios por cada experto.

Se tomó como referencia la siguiente fórmula:

Fórmula 1: $\sqrt[n]{n}$: # de expertos

Tabla 10. Matriz de Comparación Pareada de Criterios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	1/2	1/3	1/5	1/5	1/9
C2	2	1	1/2	1/2	1/3	1/7
C3	3	2	1	1	1/2	1/7
C4	5	2	1	1	1/2	1/5
C5	5	3	2	2	1	1/3
C6	9	7	7	5	3	1
	25,00	15,50	11,83	9,70	5,53	1,93

Fuente. Elaboración propia

Posteriormente se procede a construir la matriz normalizada, donde se toma cada elemento de la matriz de comparación pareada y se divide entre la suma de los valores de la columna correspondiente a cada criterio. (Ver tabla 10)

Tabla 11. Matriz Normalizada De Criterios

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1/25	1/31	2/71	2/97	3/83	35/608
C2	2/25	2/31	3/71	5/97	5/83	45/608
C3	3/25	4/31	6/71	10/97	15/166	45/608
C4	1/5	4/31	6/71	10/97	15/166	63/608
C5	1/5	6/31	12/71	20/97	15/83	105/608
C6	9/25	14/31	42/71	50/97	45/83	315/608
	1	1	1	1	1	1

Fuente. Elaboración propia

Tomando los valores obtenidos, finalmente el vector de prioridad se da como resultado del promedio de las filas de la matriz anterior. (Ver tabla 11)

Tabla 12. Vector De Prioridad De Criterios

C1	0,0357927
C2	0,062095
C3	0,1001678
C4	0,1184353
C5	0,187028
C6	0,4964811
	1

Fuente. Elaboración propia.

Una vez obtenido el vector prioridad para el conjunto de los criterios, se analiza la consistencia, la cual indica que si el $C.C < 0,1$ la matriz de comparación pareada de los criterios se considera consistente; de lo contrario ($CC \geq 0,1$), se concluye que la matriz analizada es inconsistente, por lo tanto, es necesario revisar las comparaciones entre criterios realizadas por los expertos. Por lo anteriormente mencionado el C.C se debe medir así:

- **formula 2: Índice de consistencia (IC),** $(\lambda_{max} - n)/(n - 1)$,
- **formula 3: Índice aleatorio (IA):** $1,98 (n-2) /n$, donde (n), es el número de opciones a comparar.
- **Formula 4: Cociente de consistencia (C.C):** IC/ IA (3), para calcular el C.C. se divide el índice de consistencia entre el índice aleatorio (ver tabla 12)

Tabla 13. Coeficiente De Consistencia De Criterios

C1	6,04835307
C2	6,05926904
C3	6,13581591
C4	6,03339207
C5	6,17541806
C6	6,25948355

IND. CONSISTENCIA IC
0,02372439

IND. ALEATORIO IA
1,32

COE. CONSISTENCIA
0,01797302

Observando la anterior tabla de C.C se analiza que se cumple con el rango estipulado por la metodología propuesta, lo cual indica que se puede finalizar el desarrollo de la herramienta AHP con los datos obtenidos anteriormente, se procede a ser agrupados para iniciar la utilización de la herramienta TOPSIS de la siguiente manera. (Ver tabla 13)

Según formula n° 5:

	W_1	...	W_j	...	W_n
	C_1	...	C_j	...	C_n
A_1	x_{11}	...	x_{1j}	...	x_{1n}
...	...	...	...	...	...
A_m	x_{m1}	...	x_{mj}	...	x_{mn}

Fuente: Localización de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios utilizando técnicas Multicriterio, 2012

Tabla 14. Matriz De Decisión. Resultado De Comparación De Criterios Y Alternativas W

W	3,58%	6,21%	10,02%	11,84%	18,70%	49,65%
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	6	9	2	8	7	8
A2	4	7	3	6	3	5
A3	5	8	3	7	5	8
A4	2	9	2	6	6	6
	17	33	10	27	21	27

Fuente: Elaboración Propia

Para la construcción de la matriz normalizada primero se debe elevar al cuadrado cada valor de la matriz base, luego se suman estos valores por cada criterio y se obtiene la raíz a dicha suma obteniendo los valores que se observan en la tabla 15.

Según formula n°6

$$\bar{n}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij})^2}},$$

$$j = 1, \dots, n;$$

$$i = 1, \dots, m$$

Fuente: Localización de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios Utilizando técnicas multicriterio, 2012.

Tabla 15. Matriz Normalizada

	W	3,58%	6,21%	10,02%	11,84%	18,70%	49,65%
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
n1	A1	0,89	0,65	0,43	0,73	0,84	0,72
n2	A2	0,50	0,47	0,73	0,49	0,29	0,39
n3	A3	0,67	0,55	0,73	0,60	0,52	0,72
n4	A4	0,23	0,65	0,43	0,49	0,66	0,49

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se asume como solución ideal positiva el máximo valor y como solución ideal negativa al mínimo valor tomado de la variable en la matriz normalizada.

Según la fórmula 8. Soluciones positivas y negativas para cada criterio.

$$\begin{aligned}
 \bar{A}^+ &= \{\bar{v}_1^+, \dots, \bar{v}_n^+\} \\
 &= \left\{ \begin{aligned} &(\max_i \bar{v}_{ij}, j \in \\ &(\min_i \bar{v}_{ij} \in J' \end{aligned} \right. \\
 \bar{A}^- &= \{\bar{v}_1^-, \dots, \bar{v}_n^-\} \\
 &= \left\{ \begin{aligned} &(\max_i \bar{v}_{ij}, j \in \\ &(\min_i \bar{v}_{ij} \in J' \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

Fuente: Localización de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios utilizando técnicas Multicriterio, 2012

Según la fórmula 9. Medidas de distancia a la solución ideal.

$$\bar{d}_i^+ = \left(\sum_{j=1}^n (\bar{v}_{ij} - \bar{v}_j^+)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad \bar{d}_i^- = \left(\sum_{j=1}^n (\bar{v}_{ij} - \bar{v}_j^-)^2 \right)^{\frac{1}{2}},$$

Fuente: Localización de depósitos internos para residuos sólidos hospitalarios utilizando técnicas Multicriterio, 2012

Tabla 16. Soluciones Positivas Y Negativas Para Cada Criterio

W						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A+	0,03	0,04	0,07	0,09	0,65	1,27
A-	0,01	0,03	0,04	0,06	0,16	0,69

Fuente. Elaboración propia

Tabla17. Medidas De Distancia A La Solución Ideal

d+		d-	
A1	0,76	A1	0,04
A2	0,03	A2	0,76
A3	0,76	A3	0,21
A4	0,45	A4	0,35
(a)		(b)	

Tabla 18. Proximidad Relativa A La Solución Real

	R_i	RANKING
A1	0,04791	4
A2	0,95819	1
A3	0,21522	3
A4	0,44121	2

Fuente. Elaboración propia

El resultado final se muestra en la tabla N°18 donde se puede concluir, que, según el indicador, la A2, tiene la mayor prioridad, seguida de la A4, A3 y por último la A1.

Con base en lo anterior se puede expresar que el uso de las herramientas Multicriterio presenta un alto grado de aplicabilidad en la búsqueda del mejor proveedor de transporte, el uso en especial de las técnicas TOPSIS y AHP permiten determinar la toma de decisiones involucrando las opiniones de los expertos en el objeto del estudio. Por lo tanto, se sugiere a la empresa caso de estudio seleccionar el proveedor A2, Como segunda opción se sugiere seleccionar la alternativa A4, por otra parte, la alternativa menos favorable es el proveedor A1.

Conclusiones y Recomendaciones

En el presente trabajo se evidencia como la selección de proveedores es un proceso clave dentro de la gestión logística, para lograr un mejor desempeño frente a la competencia garantizando que se cumpla con las necesidades de la organización y del cliente final, en este proceso intervienen factores cualitativos y cuantitativos, además de varias alternativas de solución los cuales convierten estas decisiones en problemas de análisis multicriterio, haciendo practico el análisis partiendo de bases técnicas con las cuales se justifique y demuestre que la decisión llegara a minimizar en gran medida las posibles repercusiones negativas para la organización, por otra parte a través de revisión bibliográfica se evidencia que las técnicas multicriterio son ampliamente utilizadas para apoyar la toma de decisiones de este tipo, permitiendo elegir uno o varios proveedores que de acuerdo a unos criterios de evaluación son definidos como los más adecuados.

De acuerdo con lo anterior y basándonos en el caso de estudio propuesta de implementación de herramientas multicriterio en la selección de empresas transportadoras, teniendo como alternativas 6 criterios de decisión, se integraron al juicio subjetivo de expertos (jefe y analista logístico) profesionales y especialistas en el proceso logístico con el fin de seleccionar y analizar los criterios según la metodología aplicada de las herramientas multicriterio AHP y TOPSIS, la cuales generan la posible solución para el proyecto de acuerdo a los requerimientos de obtener un estudio integro para llegar a la toma de decisiones

De esta forma se cumple el primer objetivo, donde se caracterizó la empresa caso de estudio, relacionando el proceso actual de selección de proveedores mostrado en el diagrama de flujo firugura1, cabe mencionar que este proceso actualmente en la organización se realiza de forma empírica donde aquel proveedor que cumpla con los criterios expuestos por la organización iniciara el proceso de ingreso, un punto clave a resaltar es que actualmente la organización no cuenta con ningún tipo de evaluación de proveedores.

De la misma manera para el cumplimiento del segundo objetivo se recolecto información mediante aplicaciones que han realizado diferentes autores donde gracias a la medición se obtuvieron, seis (6), criterios que influyen en la aplicación de las herramientas, llevándolos a consideración del grupo de expertos, para el análisis.

Partiendo de lo anterior se llegó al cumplimiento del tercer objetivo, donde se implementó la misma estrategia, recolectando información sobre aplicación de herramientas multicriterio en las

diferentes investigaciones por parte de los autores arrojando como métodos más utilizados AHP Y TOPSIS siendo estos los utilizados en el caso de estudio.

Para dar continuidad y finalidad al estudio se desarrolló un cuarto objetivo, en el cual se analizó los resultados provenientes de las herramientas AHP y TOPSIS, donde se examinó el vector de prioridad, y la comparación de las alternativas respecto a los criterios, al igual que el ranking en donde la alternativa como proveedor a seleccionar que predominó fue A2, donde se destacó en criterios como precio-costo tiempo de entrega, nivel de servicio y calidad siendo este el recomendado a la empresa caso de estudio.

Por otra parte, el modelo de decisión multicriterio empleado puede ser utilizado no solo para la selección de proveedores sino también en cualquier campo donde se requiera tomar decisiones en el que intervengan varios factores de decisión tanto cualitativos como cuantitativos y diferentes alternativas de solución. Además, esta metodología genera un estudio claro y conciso por medio de comparación entre criterios donde se utilizan ecuaciones y hojas de cálculo convirtiéndose en una herramienta precisa, concreta y de fácil acceso para agilizar la labor de los decisores.

Para la empresa caso de estudio contar con los proveedores adecuados se le recomienda desarrollar un modelo que permita evaluar a los proveedores elegidos y de esta manera garantizar que estos tengan un buen desempeño.

Por último, se recomienda frente a la incertidumbre respecto al valor dado a los criterios entre sí y las alternativas con criterios considerar el uso de la lógica difusa en compañía de la metodología AHP para reducirlas. Finalmente, en los criterios establecidos para la selección de proveedores se puede presentar dependencia entre ellos, por lo cual se recomienda, utilizar en futuros estudios el uso de la herramienta ANP, ya que ésta contempla este aspecto.

Referencias Bibliográficas

- Arancibia (2006) *Evaluación Multicriterio, Aplicaciones al ámbito público*. Santiago: CEPAL.
- Anaya y Tejer 2000 *Logística Integral: La gestión del transporte*. Madrid: ESIC.
- Artículo Europe Aid Cooperation Office Evaluation Guidelines (2005) Tomado de http://ec.europa.eu/euroaid/evaluation/methodology/tools/too_cri_how_es.htm
- Aznar (2010) La valoración de inmuebles urbanos mediante el proceso analítico en red. *Revista de estudios regionales* nº 87, PP. 45-70. Universidad Politécnica de Valencia
- Adriana Martínez 2011 tomado del sitio http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-62762008000100005
- Ballou (2004) *Logística Administración de la cadena de suministro* 5 edición
- Castiblanco, J. & Martínez, P. (2011) Castiblanco, J. & Martínez, P. (2011). *Diseño de la planificación, ejecución y control del proceso de selección, evaluación y reevaluación de proveedores para la empresa Duquesa s.a.* (Informe final de investigación para especialización). Universidad EAN, Bogotá D.C.
- Cabello (2016) <http://bdigital.unal.edu.co/11626/1/7571661.2013.pdf>
- Çelebi, Bayraktar y Bingöl (2010) Del artículo https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/2190/html_48
- (cubillos, 2016) *operations management: goods, services and value chains*.
- Dulmin & Mininno (2003) del sitio <http://bdigital.unal.edu.co/64791/1/1032451246.2018.pdf>
- Elda Monterroso 2000 tomado del sitio https://www.researchgate.net/publication/296483187_El_proceso_logistico_y_la_gestion_de_la_cadena_de_abastecimiento
- González y Garza (2003) *Aplicación de las técnicas multicriteriales en la evaluación y selección de proveedores*. Industrial. Vol.24, No.2. Cuba. pp. 34 – 39

- Fory, S. & Villota, D. (2010) Fory, S. & Villota, D. (2010). *Análisis Comparativo de los modelos AHP y QFD difusos para la Selección de Proveedores*. (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia
- García, J., et al. (2010) García, G., Romero, J. & Canales, I. (2010). Selección de proveedores usando el método Moora. *Culcyt//Septiembre-diciembre 2010* 94 Año 7, No. 40-41.
- González, Mataix, y Carrasco (2006) Tomado del sitio
- González, A. & Garza, R. (2003) Aplicación de las técnicas multicriteriales en la evaluación y selección de proveedores. *Industrial Vol. XXIV/No 2*
- Guerrero, Liquey y J. Faxas, Guzmán (2015) Análisis de toma de decisión con AHP/ANP de energías renovables en República Dominicana
<https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/1571/MBA00501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez (2007) Administrar para la calidad: conceptos administrativos del control total de calidad 2 edición. Editorial limusa
- Herrera, M. & Vinasco, M. (2005) Modelo para la implementación y administración del programa de aseguramiento de proveedores de Coomeva y sus empresas, aplicando AHP Difuso (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Ho et al. (2012) Tomado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592315000601#bib0150>
- Holmberg (2000) del sitio https://www.researchgate.net/publication/299612866_Evaluacion_de_Proveedores_Basad_a_en_el_Metodo_Proceso_Jerarquico_Analitico
- Hajkowicz y Collins, (2006) Del sitio <http://www.scielo.org.co/pdf/eg/v27n121/v27n121a10.pdf>
- Hwang & Yoon (1981) Modelo para la implementación y administración del programa de aseguramiento de proveedores de Coomeva y sus empresas, aplicando AHP Difuso (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia

- Herrera y Osorio (2006) Modelo para la implementación y administración del programa de aseguramiento de proveedores de Coomeva y sus empresas, aplicando AHP Difuso (Trabajo de grado). Universidad del Valle. Cali, Colombia
- Imeri, Shpend (2013) https://www.researchgate.net/publication/326106871_Metodologia_para_la_evaluacion_de_proveedores_Caso_de_estudio_Empresa_Especializada_Importadora_Exportadora_y_Distribuidora_para_la_Ciencia_y_la_Tecnica_EMIDICT_Methodology_for_the_evaluation_of_supplier_selection
- Johnny Tamayo Arias (2007) Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/51418/7/9789584427540.pdf>
- Koc E., y Burham H.A en el año (2014) tomado del sitio <https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/1629/MBA00501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Landoli et al (2004) Selección y evaluación del desempeño de proveedores: caso aplicado en una empresa de la industria automotriz pg. 7
- Lewis 1995 metodología para la selección de un operador logístico trabajo de grado Colegio de estudios Superiores de Administración –CESA
- Liu y Wang (2009) tomado del sitio <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592315000601#bib0150>
- Laura, 2011 Obtenido de http://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12130/FC_LauraVirsedagallego_Resumen.pdf?sequence=1
- Masella (2007) Diseño de sistemas de selección de proveedores para diferentes. Tipos de relación cooperativa cliente / proveedor. Los barcos Revista Internacional de Operaciones y Gestión de la producción
- Modi y Mabert (2006) Desarrollo de proveedores: mejora del rendimiento de los proveedores a través de transferencia de conocimiento. Diario de Gestión de Operaciones
- Mohammady (2006) Journal of Enterprise Information Management, 662-678
- Onder, E. & Dag, D. (2013) Combining Analytical Hierarchy Process and TOPSIS approaches for supplier selection in a cable company. Journal of Business Economics & Finance (2013), Vol. 2.

- Oscar Fajardo (2007) del sitio <https://fbusiness.wordpress.com/2007/10/27/trade-marketing-cuando-el-distribuidor-se-convierte-en-nuestro-aliado/>
- Medina, P., Cruz, E. & Gómez, R. (2012). Selección de proveedor de WMS utilizando método AHP. Scientia et Technica Año XVII, No 52. diciembre de 2012. Universidad Tecnológica de Pereira

Quintero y Vásquez (2008) uso del AHP combinado con un modelo de optimización determinística para la localización de instalaciones en Colombia. Trabajo de grado, Universidad del Valle Colombia, 2008

Ramírez, Rengifo, y Gómez (2010) Localización de unidades residenciales trabajo de grado universidad del valle sede zarzal
- Parada (2001) del sitio <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15542/RiveroRiveraStella2016.pdf;jsessionid=EB2282E6E54426711024B9697DCCF656?sequence=1>
- Rainer & Christian, 2005 tomado del sitio https://www.researchgate.net/publication/299612866_Evaluacion_de_Proveedores_Basada_en_el_Metodo_Proceso_Jerarquico_Analitico_Aplicacion_en_una_Cadena_de_Supermercados
- Rivera D. (2011) Análisis Multi-Criterio Para la Selección de Proveedores Aplicando la Técnica Topsis. Presentado en el Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com. Vol. 3, No. 1. Juárez, Chihuahua, México
- Roche y Vejo (2005) TheInternetandtheCustomer–SupplierRelationship. Ashgate
- Ritzman, Krajewski, Malhotra & Klassen, 2012) tomado del sitio <https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/1629/MBA00501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivera, D. et al. (2011) Análisis Multi-Criterio Para la Selección de Proveedores Aplicando la Técnica Topsis. Presentado en el *Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com*. Vol. 3, No. 1. Juárez, Chihuahua, México
- Roche y Vejo (2005) Tomado de <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>

- Sarache, W., Hoyos, C., & Burbano 2004) Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio. *Scientia et Technica* Año X, No 24
- Sarache, W., Castrillón, O., & Ortiz L 2009) Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte. *Cuad. Adm.* 22 (38): 145-167. Universidad Nacional de Colombia.
- Sarache Castro, Castrillón Gómez, & Ortiz Franco (2009) Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte. *Cuad. Adm.* 22 (38): 145-167. Universidad Nacional de Colombia.
- Saaty (1997) Fundamentals of the analytic network process. University of Pittsburgh. USA.
- Toskano (2005) Recuperado de http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/tools/too_cri_def_es.htm.
- Saaty (2001) The Analytic Network Process. University of Pittsburgh. USA
- Toskano, G. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores* (Monografía). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú
- Shahroudi, K. & Tonekaboni, S.M. (2012) Application of TOPSIS method to supplier selection in Iran auto supply chain. *Journal of Global Strategic Management*, 12-2012, Diciembre. P. 123-131. Islamic Azad University, Iran.
- Singh, R. et al. (2012) Supplier selection by technique of order preference by similarity to ideal solution (top-sis) method for automotive industry. *International Journal of Advanced Technology & Engineering Research (IJATER)*. ISSN NO: 2250-3536 Volume 2, Issue 2, March 2012. P. 157-160.
- Stock y Lambert 2001 Tomado del sitio http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/garcia_m_f/capitulo2.pdf
- Toskano, G. (2005) *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores* (Monografía). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú
- Urbano y Muñoz (2013) Del artículo *Modelo de decisión multicriterio para la selección y evaluación del desempeño de un aliado estratégico en la operación de carga terrestre*. Tesis de maestría Universidad del Valle.
- Urbano, Muñoz y Osorio (2016) tomado de

<https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/1571/MBA00501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Urbano et al. (2016) tomado de Del sitio https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/2190/html_48
- Umaña, María Fernanda y Gómez, Juan Carlos (2006) tomado del sitio <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21209903>
- Viirseda (2011) del sitio https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-342685_recurso_2.pdf
- Webber, M. (1991). Vendor selection criteria and methods. European Journal of Operational Research, 2-18.
- Yacuzzi & Martín. 2003) QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos
- Ying Ming & Kwai Sang (2011) Tomado de <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/234.pdf>