UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Metodología para la implementación de tecnologías de la información y las comunicaciones TIC's para soportar una estrategia de cadena de suministro esbelta

Julián Andrés Zapata Cortés

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas
Escuela de Ingeniería de la Organización
Medellín, Colombia
2011

Metodología para la implementación de tecnologías de la información y las comunicaciones TIC's para soportar una estrategia de cadena de suministro esbelta

Julián Andrés Zapata Cortés

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Ingeniería Administrativa

Director
Ph. D. Martín Darío Arango Serna
Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Codirector
M.Sc. Wilson Adarme Jaimes
Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Línea de Investigación:

Producción

Grupo de Investigación:

Grupo I+D+I Logística Industrial – Organizacional "GICO"

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Escuela Ingeniería de la Organización

Medellín, Colombia

2011

Año

Agradecimientos

Agradezco a Dios, a mis padres, a familiares, amigos y especialmente al director y co-director del trabajo de grado y a la Corporación de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de la Industria Naval, Marítima y fluvial –COTECMAR-, por su ayuda y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Resumen

Este trabajo de grado para optar al título de magister en Ingeniería Administrativa, desarrolla una metodología para la caracterización y evaluación de tecnologías de la información -TIC's-, soportada en el método del proceso de análisis jerárquico –AHP- mejorado con lógica difusa (FAHP). Con esta metodología es posible incluir la vaguedad asociada a los evaluadores en los problemas de toma de decisiones, relacionadas con la adquisición de Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC's). Este trabajo fue desarrollado para su aplicación en el astillero Colombiano "Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial –COTECMAR".

Palabras clave: Método AHP, Lógica difusa, Análisis de decisiones, Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC's).

Abstract

This thesis for opting to the Master degree in management engineering develops a methodology for the characterization and evaluation of Information and Communication Technologies –ICT- based on the analytical hierarchy process –AHP- improved with fuzzy logic (FAHP). With this methodology, it is possible to include the vagueness associated to experts in the decision making process of selecting Information and Communication Technologies (ICT). This work was developed for its application in the Colombian shipyard "Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial –COTECMAR".

Keywords: AHP Method, Fuzzy Logic, Decision making, Information and communication technologies (ICT).

Contenido

Pág.
Resumen VI
Abstract VI
Lista de figuras XIII
Lista de Tablas XIV

Introducción 1

Capítulo 1. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 5
1.1. Tendencias 7

Capítulo 2. Herramientas de Tecnologías de la Información asociadas a la administración de la cadena de suministro. 9
2.1. Tecnologías de la información asociadas a la captura y la transferencia de la información 9
2.1.1. La internet 9
2.1.2. La banda ancha 10
2.1.3. EDI 10
2.1.4 XML 11
2.2. Tecnologías de la información asociadas al almacenamiento y a la recuperación de la información 12
2.3. Tecnologías asociadas a la identificación y entrega de información 12
2.3.1. Códigos de barra. 12
2.3.2. Radio frecuencia. 14
2.3.3. Bandas magnéticas y tarjetas ópticas 15
2.3.4. GPS 16
2.3.5. Voicepicking. 17
2.3.6. Pick to Light 18
2.3.7. Vision Picking 19
2.3.8. OCR y Reconocimiento por visual artificial 20
2.4. Tecnologías de la información asociadas a la manipulación, administración y reporte de la información 20
2.4.1 ERP 20
2.4.2. WMS 23
2.4.3. TMS 25
2.4.4. CRM 26
2.4.5. VMI 27
2.4.6. Sistemas de abastecimiento 28
2.4.7. Sistemas de planificación y programación avanzada - APS 28

2.4.8. Sistemas de ejecución de manufactura – MES.....29
2.4.9. YMS.....29
2.4.10. e-BUSINESS.....29
2.4.11. Arquitectura empresarial.....30
2.4.12. Sistema de administración de las relaciones con los clientes - SRM.....31
2.4.13. Sistema de administración de los procesos de negocio - BPMS.....31
2.4.14. LMS – Sistema de administración de mano de obra.....32

Capítulo 3. Evaluación de TIC's.....33
3.1. Importancia de los factores cualitativos en el análisis de tecnologías de la información y las comunicaciones.....35
3.2. Herramientas para la adquisición de información cualitativa.....36
3.3. Selección de tecnologías de información.....36
3.3.1. Proceso de análisis jerárquico. El método AHP.....38
3.4. Aplicación de la lógica difusa a los problemas de análisis de decisiones.....42

Capítulo 4. Selección de TIC's con el método AHP extendido con lógica difusa.....45
4.1. Criterios para la selección de software.....46
4.1.1. Aspectos administrativos.....46
4.1.2. Aspectos del producto.....47
4.2. Aplicación de lógica difusa al método AHP.....52
4.3. Método de análisis extendido del AHP con lógica difusa.....52
4.4. Números difusos y nomenclatura para la adquisición de la información.....55
4.5. Recolección de la información para aplicar el método FAHP.....56
4.5.1. Método Delphi para la recolección de la Información alimentadora del método FAHP.....58
4.5.2. Encuesta para determinar los pesos de la estructura jerárquica, factores y subcriterios.....59

Capitulo 5. Metodología de evaluación e implementación de tecnologías de la información.....61
5.1. Metodologías para la evaluación de la selección de tecnologías de la información.....61
5.1.1. Análisis y planeación.....62
5.1.2. Evaluación de costos y ceneficios.....62
5.1.3. Selección e implementación.....63
5.1.4. Evaluación posterior a la implementación.....63
5.2. Metodología para la evaluación de tecnologías de información.....65
5.2.1. Inicio de proceso.....66
5.2.2. Revisión.....66
5.2.3. Contextualización.....68
5.2.4. Proceso de decisión sobre disponibilidad y pertinencia de la tecnología.68
5.2.5. Evaluación de TIC.....68
5.2.5.1. Selección del grupo de expertos.....69
5.2.5.2. Selección de la estructura jerárquica del problema.....69
5.2.5.3. Determinación de las alternativas.....40
5.2.5.4. Recolección de los juicios sobre las comparaciones de los elementos de la estructura jerárquica.....71
5.2.5.5. Determinación de los juicios sobre las comparaciones de las alternativas con respecto a los criterios de la estructura jerarquica.....71
5.2.5.6. Aplicación del método FAHP.....72

5.2.5.7. Determinación de los pesos....73
5.2.5.8. Evaluación de las razones de consistencia....73
5.2.6. Selección de TIC....74
5.2.7. Divulgación del proceso de selección. 75

Capítulo 6. Descripción de la corporación en la cual se desarrolla y aplica la metodología propuesta....77
6.1. Descripción de la corporación....77
6.1.1. Organigrama 81
6.2. TIC'S asociadas a logística utilizadas en astilleros a nivel mundial 81
6.3. Identificación de las tecnologías de la información existentes en Cotecmar. 87
6.3.1. Tecnologías en la captura y la transferencia de la información.....87
6.3.2. Tecnologías en almacenamiento y recuperación de la información.....87
6.3.3. Tecnologías para la identificación y entrega de información. 88
6.3.4. Tecnologías para la manipulación, administración y reporte de la información....89
6.4. Caracterización de las necesidades de TIC's en Cotecmar 90
6.4.1. WMS....90
6.4.2. CRM 90
6.4.3. Sistema de abastecimiento....90
6.4.4. Herramienta de intercambio de información con los proveedores. (EDI; XML o e-Business)....91
6.4.5. BPMS - Business process management system 91
6.4.6. Sistema de administración de mano de obra....91

Capitulo 7. Aplicación de la metodología para la selección de tic's....93
7.1. Inicio del proceso. 93
7.2. Revisión, contextualización y proceso de decisión sobre disponibilidad y pertinencia de la tecnología. 94
7.3 Evaluación de tics. 94
7.3.1. Selección de expertos.....94
7.3.2. Selección Estructura. 95
7.3.3. Selección de las alternativas. 95
7.3.4. Recolección de juicios con respecto a la estructura jerárquica y las alternativas. 95
7.3.5. Aplicación del método FAHP y evaluación de la consistencia de las matrices pareadas.....103
7.3.6. Determinación de los pesos....107
7.4. Selección de la alternativa. 110
7.5. Divulgación de los resultados. 110

Capítulo 8. Conclusiones y trabajos futuros....113
8.1. Conclusiones generales....113
8.2. Conclusiones asociadas a la metodología 113
8.3. Trabajos futuros 114

A. Anexo 1....117
B. Anexo 2....137
C. Anexo 3....157

Bibliografia 163

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Los procesos macro en una cadena de suministro.	7
Figura 2. Código de Barras EAN-UCC 13.	13
Figura 3. Código de Barras GS1-128.	14
Figura 4. Otros códigos de barra	14
Figura 5. Esquema de un sistema de radiofrecuencia.	15
Figura 6. Segmentos del sistema GPS.	17
Figura 7. Esquema básico de un sistema de VoicePicking.	18
Figura 8. DPDs de un sistema de picking-to-ligth.	19
Figura 9. Gafas virtuales para visión Picking.	20
Figura 10. MRP y su integración con otros componentes de la empresa.	21
Figura 11. Arquitectura de un sistema ERP.	23
Figura 12. Estructura Básica de un sistema WMS.	25
Figura 13. Esquema de un sistema CRM básico.	27
Figura 14. Esquema de selección de TIC's. Fuente.	37
Figura 15. Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el AHP.	40
Figura 16. Fases de la implementación del método AHP.	41
Figura 17. Pasos para aplicar el método AHP y flujos de información.	42
Figura 18. Esquema de los aspectos Administrativos.	47
Figura 19. Esquema de los aspectos Administrativos.	49
Figura 20. Esquema de los aspectos del producto.	50
Figura 21. Esquema general para la selección de software.	51
Figura 22. Intersección números difusos.	54
Figura 23. Números difusos triangulares del modelo FAHP.	56
Figura 24. Información requerida para el método FAHP.	57
Figura 25. Esquema de desarrollo del método Delphi.	59
Figura 26. Proceso genérico para la evaluación y selección de TI.	64
Figura 27. Esquema de la metodología propuesta.	67
Figura 28. Astilleros COTECMAR.	80
Figura 29. Organigrama de COTECMAR.	81

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Clasificación de las tarjetas de aplicación en logística. 15
Tabla 2. Funciones de un ERP. 22
Tabla 3. Principales ventajas y desventajas de un ERP. 22
Tabla 4. Documentación gestionada en el WMS. 24
Tabla 5. Clasificación de los métodos para la evaluación de TI. 34
Tabla 6. Escala triangular para conversión a números difusos. 56
Tabla 7. Lista de chequeo de los elementos necesaria para aplicar FAHP. 72
Tabla 8. Índice aleatorio para el análisis de consistencia. 74
Tabla 9. Construcción y diseño de embarcaciones en Cotecmar. 78
Tabla 10. Servicios ofrecidos en Cotecmar. 80
Tabla 11. Resumen de herramientas de software para astilleros. 85
Tabla 12. Lista de algunas tablas de la base de datos corporativa. 88
Tabla 13. Grupo de expertos para evaluar el WMS. 94
Tabla 14. Alternativas seleccionadas. 95
Tabla 15. Escala triangular para conversión a números difusos. 96
Tabla 16. Matrices de comparación para los factores y criterios. 97
Tabla 17. Matrices de comparación de las alternativas. 98
Tabla 18. Pesos de comparaciones sobre la estructura jerárquica y las alternativas. 104
Tabla 19. Pesos de comparaciones de alternativas con respecto a los criterios. 105
Tabla 20. Pesos y cálculos del aspecto administrativo. 107
Tabla 21. Pesos y cálculos del aspecto producto. 108
Tabla 22. Recopilación de cálculos para los aspectos. 109
Tabla 23. Resultados finales del método FAHP para la selección de WMS. 110

Introducción

"Sin importar el proyecto en que se trabaje, siempre habrá algo que ocurra mal. El mundo está cambiando, y continuará haciéndolo. Los consultores y administradores que quieran prosperar en los años venideros, deberán trabajar hacia el mejoramiento de las operaciones. Pero ellos también deberán poner la vista continuamente en las tecnologías emergentes y en los desarrollos conceptuales que les permitirán obtener nuevas formas de mejorar dichos procesos" (Pike, Peterson y Silver ,1998)

El mundo actual se encuentra bajo un ambiente de competencia feroz, en donde solo los actores fuertes y capaces de enfrentarse a constantes cambios, sobreviven. Durante los últimos 20 años se generó un amplio número de metodologías que velan por alcanzar la máxima eficiencia en las empresas, como el TPM, el JIT y la filosofía LEAN, las cuales buscan mejorar el desempeño dentro de las empresas. Un pilar fundamental para lograr una correcta implementación de dichas metodologías en las empresas es la información y las tecnologías asociadas a la misma.

La información permite que las operaciones logísticas y demás proceso empresariales funcionen de forma integral y coordinada. La información es crucial para el buen desempeño de las empresas, porque proporciona la base sobre la cual se ejecutan las transacciones y sobre ella los gerentes pueden tomar las decisiones que afectan el futuro de la empresa o de toda la cadena de suministro (Chopra y Meindl, 2005).

Chopra y Meindl (2005) establecen que la información es la clave del éxito de una cadena suministro, porque permite a los gerentes tomar decisiones con respecto a los factores internos y las relaciones con los actores externos de la compañía, como es el caso de las decisiones sobre la integración con clientes y proveedores. La información permite visualizar la empresa de forma global, lo que facilita al gerente diseñar estrategias que tomen en cuenta todos los factores que afectan a la cadena de suministro, en vez de ver tan solo algunos elementos que afectan una sola etapa o función en particular (Chopra y Meindl, 2005). Estos autores argumentan que el uso de herramientas para la captura, manejo, análisis y gestión de la información, lo cual hace referencia a las tecnologías de información (TI), tienen un impacto significativo en el desempeño de una empresa o una cadena de suministros, brindando las condiciones básicas para el éxito de las mismas (Chopra y Meindl, 2005).

Por otra parte, la necesidad de los administradores de la cadena de suministros por obtener procesos en los que los desperdicios sean mínimos, ha generado la creciente implementación de la metodología Lean (esbeltez), la cual esencialmente permite controlar y eliminar todas aquellas actividades y elementos que no agregan valor (desperdicios) a lo largo de la cadena de suministros (Goldsby y Martichenko, 2005). Este pensamiento también vela por mantener los desperdicios en su menor nivel a lo

largo del tiempo y por eliminar la variabilidad entre procesos y escalones de la cadena de suministro (Goldsby y Martichenko, 2005).

De acuerdo con Lall et al. (2004), Franko (2007) y Hilbert (2001), América Latina se encuentra en un proceso de crecimiento desbalanceado, ya que en muchos casos las tecnologías implementadas en los sectores industriales, educativos y otros, no son las herramientas propicias para seguir el crecimiento experimentado por la región. Este crecimiento desbalanceado genera una diferencia cada vez más grande con los países desarrollados, lo que ocasiona una situación de productividad y competitividad cada vez más desfavorable con respecto a estos países del primer mundo (Lall et al., 2004; Franko, 2007 y Hilbert, 2001). Estudiar el problema de la adecuada selección de tecnología, se convierte en un asunto relevante para la sociedad colombiana, con la intención de generar medios y herramientas para que las empresas adquieran, implementen y utilicen adecuadamente las tecnologías de la información y las comunicaciones.

Mediante el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones es posible compartir la información de una mejor manera a través de la cadena de suministro, permitiendo reducir los efectos generados por el efecto látigo, la incertidumbre en los lead times, disminuir el número de pronósticos de demanda desacertados, incrementar la utilización de la capacidad de las empresas, evitar inventarios excesivos y mejorar los niveles de servicio al cliente y los procesos de adquisición de información (Bowersox et al., 2002; Pyke et al., 1998). La aplicación de las tecnologías de la información han permitido en gran medida ajustar el suministro con la demanda, y con ello reducir los tiempos de producción y de entrega de productos (Pyke et al., 1998).

Los beneficios de compartir la información en las cadenas de suministro han motivado la aplicación de programas industriales como el VMI (Vendor Managed Inventory), Programas de abastecimiento continuo (CRPs) y programas de respuesta rápida (QRPs) (Bowersox et al., 2002).

El problema central abordado con la realización de este trabajo de grado, radica en el diseño de una metodología que permita caracterizar y evaluar exitosamente las tecnologías de información y la comunicaciones TIC's, que permitan mejorar el desempeño de las operaciones logísticas y realizar procesos basados en la filosofía de la logística esbelta para COTECMAR "Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial", basándose en las tecnologías de información más apropiadas para su actividad industrial. Esta metodología busca entregar los lineamientos de evaluación de herramientas de tecnologías de información y las comunicaciones para la gestión de la cadena de suministros de la empresa COTECMAR.

Este documento presenta los elementos más relevantes en la investigación realizada como trabajo de grado para optar al título de Magister en Ingeniería Administrativa. El objetivo general de este trabajo es elaborar una metodología para la caracterización y evaluación de Tecnologías de la Información y las comunicaciones TIC's, que permita el desarrollo de una estrategia de logística esbelta para la cadena de suministros de la empresa COTECMAR, fundamentada en las tecnologías de información más apropiadas a las operaciones de la compañía y con miras a mejorar los procesos de la misma.

Los objetivos específicos propuestos para logar alcanzar el objetivo general del trabajo son:

Realizar una caracterización de las tecnologías de la información actuales que son implementadas en COTECMAR y analizar la funcionalidad de las mismas.
Identificar las tecnologías de información y las comunicaciones necesarias para la gestión de los procesos y la administración de la cadena de suministro de COTECMAR, según permitan mejorar el desempeño global de la cadena.
Desarrollar un proceso de valoración y análisis de decisión basado en modelos adecuados sobre las herramientas informáticas relacionadas con las Tecnologías de la información y las comunicaciones TIC´s requeridas para soportar una estrategia de logística esbelta COTECMAR.

Proponer una metodología que permita implementar exitosamente las tecnologías de la información y las comunicaciones TIC's en COTECMAR con miras a desarrollar una estrategia de logística esbelta para su cadena de suministro.

Este trabajo de grado se inicia con una descripción de los conceptos más importantes de tecnologías de la información y las comunicaciones TIC's, presentadas en el capítulo 2, siguiendo con la revisión de las Herramientas de Tecnologías de la Información y las comunicaciones asociadas a la administración de la cadena de suministro en el capítulo 3, y se entregan los elementos para la selección de las mismas en el capítulo 4. En el capítulo 5 se muestra el proceso de selección de TIC's con la ayuda del método AHP extendido con lógica difusa - FAHP y en el capítulo 6 se elabora la metodología propuesta para la selección de Tecnologías de la Información y las comunicaciones. En los capítulos 7, 8 respectivamente, se realiza una descripción de COTECMAR y se muestra la aplicación de la metodología en dicha Corporación, para finalmente presentar las conclusiones en el capítulo 9.

CAPITULO 1. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES

Las tecnologías de información son un elemento que han modificado el mundo moderno en tan solo las dos últimas décadas, permitiendo generar procesos y operaciones hace algunos años impensables en cuanto a la integración de la cadena de suministros y a la veracidad, calidad y disponibilidad de la información (Goldsby y Martichenko, 2005; Pyke et al., 1998). La información se ha convertido en un componente fundamental en el accionar de las empresas del mundo actual, ya que permite conocer lo que ocurre en los escalones inferiores y superiores de la cadena de suministro, disminuyendo la incertidumbre asociada los proveedores y a la demanda, pero fundamentalmente, esta facilita la medición, gestión y mejora de todas las operaciones logísticas, con la misma idea de la logística esbelta: Optimizar los procesos y las operaciones, y reducir todos los desperdicios a lo largo de la cadena de suministro (Goldsby y Martichenko, 2005).

De acuerdo con Paleta y Vieira (2008) “las tecnologías de la información pueden ser resumidas como un conjunto de todas las actividades y soluciones producidas por una fuente computacional y con aplicaciones en muchas áreas. El término tecnologías de la información y las comunicaciones es comúnmente utilizado para denotar el conjunto de recursos automáticos (no-humano) dedicados al almacenamiento, procesamiento y a la comunicación de la información, así como al modo como estos recursos están organizados en un sistema capaz de ejecutar dicho conjunto de tareas”.

Las tecnologías de la información y las comunicaciones son una fuente para la estimulación de la innovación en los servicios, incrementar la eficiencia en la producción y al mismo tiempo facilitar los procesos de manejo de inventario y la administración de costos (Paletta y Vieira, 2008). Estas tecnologías han favorecido la organización dentro de las empresas y han permitido reducir los costos de operación de las actividades propias de la empresa y de las cadenas de suministro (Paletta y Vieira, 2008; Zapata et al., 2010).

Por otro lado, las tecnologías de información y las comunicaciones TIC´s son importantes en el desarrollo y éxito de las empresas, ya que estas permiten obtener ventajas competitivas, lo cual es un elemento fundamental en el mundo actual (Garrido et al., 2008). La importancia de las tecnologías de la información en la logística y en la administración de la cadena de suministro, radica en que estas hacen posible que la información correcta esté disponible en el momento y el lugar adecuado, lo cual permite que el flujo de inventario, a través de la empresa y de la cadena de suministro, se produzca de la mejor forma posible.

De esta forma, muchas empresas están generando soluciones tecnológicas para mejorar los elementos y actividades dentro de sus operaciones y para facilitar la administración empresarial (Goldsby y Martichenko, 2005). Mientras las tecnologías de la información son frecuentemente efectivas en la captura y procesamiento de información y sirven como medida del desempeño de una operación o una persona, estas también presentan la característica de permitir al sistema, el mantenimiento de sí mismo. La información dentro de una empresa fluye a través de la compañía en diferentes formas, a diferente velocidad y por variadas razones. La información es usada para administrar el presente, planificar el futuro y reflejar el pasado de las empresas. Administrar toda la información puede ser una tarea dificil, desalentadora e insoportable, pero debe realizar y desarrollar exitosamente para el correcto funcionamiento de las empresas (Goldsby y Martichenko, 2005).

De acuerdo con Goldsby y martichenko (2005) existen tres áreas estratégicas sobre las cuales se centran los flujos de información.

Flujo de datos.
Flujo de conocimiento.
Flujo de comunicación.

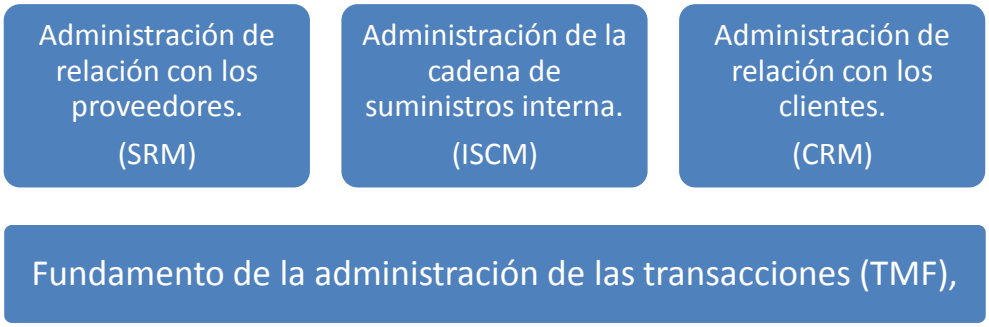
Goldsby y martichenko (2005) argumentan que las actividades logísticas generan más información que cualquier otra función empresarial, razón por la cual es necesario que los profesionales en logística busquen la mejor forma de utilizar la información disponible. La idea central es convertir los datos en información y la información en conocimiento. Sin embargo, no todos los datos producen información, es necesario que el personal de logística verifique cuales son aquellos datos que se pueden convertir en información dependiendo de sus necesidades. Una de las ventajas más importantes de obtener eficiencia en la adquisición, manejo e intercambio de información a través de la cadena de suministro, es que de ésta forma es posible eliminar las variaciones en la percepción exagerada de la demanda (Efecto Bullwhip) (Goldsby y martichenko, 2005). Entre más información se tenga sobre cada elemento que compone la cadena de suministros, más fácil y precisas se hacen las predicciones de las necesidades futuras (Goldsby y Martichenko, 2005).

Chopra y Meindl (2008) establecen que los procesos de gestión y análisis de decisiones que los administradores de la cadena de suministro deben implementar, se deben enfocar en los tres principales grupos de procesos de la cadena, denominados procesos macro. Esto debido a la necesidad de obtener un enfoque holístico y no particular de la cadena, ya que el éxito de la misma depende del resultado global y no del particular de las operaciones internas y externas (Chopra y Meindl, 2008). Estos procesos macro, compuestos por la administración de las relaciones con los clientes (CRM), la administración de la cadena de suministro interna (ISCM) y la administración de las relaciones con los proveedores (SRM) deben estar soportados sobre las tecnologías de la información, ya que en cada uno de ellos, y fundamentalmente la integración de los mismos, se basa en la transferencia e intercambio de la información (Chopra y Meindl, 2008).

En la figura 1 se observa cómo estos procesos macro se deben relacionar con lo que se conoce como el Fundamento de la administración de las transacciones (TMF), que es el sistema central de información que incluye los sistemas básicos ERP, software de infraestructura y el software de integración. Este proceso TMF es necesario para que los

procesos macro funcionen exitosamente y se comuniquen entre sí (Chopra y Meindl, 2008).

Figura 1. Los procesos macro en una cadena de suministro. Tomado de Chopra y Meindl (2008).



La gestión de los sistemas de información se debe enfocar en cada uno de los procesos macro presentados en la figura 1, en el adecuado diseño del sistema y en la correcta administración de las transacciones de la información. El sistema de planificación de requerimientos empresariales – ERP, permite realizar estas actividades, así como gestionar integralmente toda la cadena de suministro (Chopra y Meindl, 2008). En este sentido, Chopra y Meindl (2008) afirman que "las tecnologías de información habilitan los procesos macro, así como su integración" y argumentan que "los buenos sistemas de información no solo permiten la recopilación de datos de toda la cadena, sino también el análisis de las decisiones que maximizan la rentabilidad de la cadena de suministro".

1.1 Tendencias

Uno de los desarrollos más importantes a futuro en tecnologías de la información asociadas a logística y administración de la cadena de suministro, es el esparcimiento de las herramientas ERP, como es el caso de SAP, gracias a su versatilidad, mayor flexibilidad y a la posibilidad de ser sincronizado con herramientas de tercera parte de alto desempeño, en áreas como el manejo de inventarios y la planificación de la producción. Actualmente estos sistemas son utilizados en su mayoría para la administración de una o varias compañías, pero tienen el potencial de integrar toda la cadena de suministro, lo cual es una herramienta muy poderosa y de gran utilidad en el mundo actual y futuro (Pyke et al., 1998).

También se encuentran iniciativas de gran expansión como el VMI – Vendor Managed Inventory (Inventario manejado por el vendedor) en donde la decisión tomada en un punto de la distribución, determina los niveles de inventario para una gran porción de la cadena de suministro.

Según Pyke et al., (1998), sí la información de la demanda y el suministro está disponible para todas las partes de la cadena de suministro, una fuente de ventaja competitiva es utilizar dicha información coordinadamente (Pyke et al., 1998). Las empresas y las cadenas de suministro que prosperen en este nuevo ambiente de alta competencia, serán aquellas que no solo implementen nuevos y adecuados software y relaciones

coordinadas, sino que también manejen el inventario de una buena forma (Pyke et al., 1998).

Un desarrollo importante en los próximos años, es el crecimiento del internet para las compras y ventas por parte de las compañías y los consumidores (Arango et al., 2008). Consumidores y empresas pueden comprar casi cualquier producto desde su casa o punto de trabajo a través del internet. De esta forma, pueden ser eliminadas un gran número de líneas de distribución (al menos para algunos clientes), reduciendo así los tiempos de reposición (lead times) desde la producción hasta el consumidor final. En estos casos, el manejo del inventario y la planificación de la producción y de las operaciones se vuelven aún más importantes, debido a que con la reducción de las líneas de distribución, también se reducen los almacenamientos (buffers) a lo largo de la cadena de suministro (Pyke et al, 1998).

Un gran número de errores en logística pueden ser atribuidos a las interrupciones en comunicación, lo que hace necesario que exista una comunicación efectiva a través de toda la cadena de suministro (Pyke et al., 1998; Bowersox et al., 2002). Compartir la información de forma rápida, precisa y veraz es absolutamente necesario, y las iniciativas de logística esbelta requieren de un plan estratégico para lograr transmitir la información entre todas las partes de la cadena de suministro. Procesos de comunicación efectivos pueden hacer la diferencia entre alcanzar o no las metas organizacionales (Pyke et al., 1998; Bowersox et al., 2002).

En la actualidad, muchas empresas gastan gran cantidad de recursos de tiempo y dinero en sistemas de información que no son los adecuados para el tipo de empresas o negocio en que estas interactúan, por lo tanto, los administradores no confían en estos sistemas o reciben de los mismos información inadecuada e imprecisa, lo que en ambos casos lleva a malos procesos de planificación y ejecución de las actividades logísticas, generando desperdicios, inconvenientes e induciendo turbulencia a lo largo de la cadena de suministro (Pyke et al., 1998). Lo anterior dejar ver la importancia de utilizar herramientas adecuadas para la correcta selección de tecnologías de la información y las comunicaciones en las empresas.

Capitulo2. Herramientas de Tecnologías de la Información asociadas a la administración de la cadena de suministro

Las tecnologías de la información asociadas a logística pueden ser discriminadas en cuatro grupos básicos, los cuales surgen gracias a la aplicabilidad o función de dichas herramientas tecnológicas (Zapata et al., 2010). El primer grupo hace referencia a aquellas tecnologías destinadas a la captura y la transferencia de la información, el segundo al almacenamiento y a la recuperación de la información, el tercero a la identificación y entrega de información y el último, a la manipulación, administración y reporte de la información. Las herramientas tecnológicas encontradas en la literatura asociadas a cada uno de estos grupos son: (Zapata et al., 2010)

2.1 Tecnologías de la información asociadas a la captura y la transferencia de la información

La transferencia de la información juega un papel fundamental dentro de la logística, ya que de la velocidad depende la mejora y correcta operación de las actividades logísticas, así como la reducción del efecto látigo en las empresas (Chopra y Meindl, 2005). Las herramientas para la captura y transferencia de la información más relevantes en logística son la Internet, la banda ancha, el EDI y el XML (Hugos, 2003).

2.1.1 La Internet

La Internet es la red de comunicación de datos globales que utiliza el formato IP (Internet Protocol) para transferir la información desde un lugar a otro y permite conectar cualquier computador y cualquier dispositivo a nivel mundial (Hugos, 2003).

La real academia de la lengua española la define como *"una red informática mundial, descentralizada, formada por la conexión directa entre computadoras u ordenadores mediante un protocolo especial de comunicación"* (rae.es). Una de las principales características del Internet, es que una vez el computador esté conectado a Internet, este se puede comunicar con cualquier otro dispositivo, sin importar los diferentes formatos de información que estos utilicen (Hugos, 2003).

Con el Internet, las empresas pueden conectar sus sistemas de computadores y operar entre ellos de una forma rápida y a muy bajo costo. El Internet permite trabajar con protección extra de la información, mediante la tecnología de redes privadas virtuales (VPN's), las cuales utilizan el Internet para crear redes de comunicación altamente seguras (Hugos, 2003).

2.1.2. La banda ancha

La banda ancha es básicamente cualquier tecnología de comunicaciones que permita acceder al Internet a altas velocidades (velocidad superior a 56 Kbytes por segundo). Ejemplo de estas tecnologías son el cable coaxial, el DSL (Digital Suscriber Line), metro Ethernet, redes inalámbricas y satélites. La banda ancha permite a las empresas conectarse fácilmente, de forma veloz y a costos muy bajos con otras compañías de la cadena de suministros, con la capacidad de transferir grandes cantidades de datos en tiempo real (Hugos, 2003).

La banda ancha permite a las empresas conectarse internamente utilizando tecnología de redes de área local (LAN), como es el caso de la Ethernet, la cual ofrece suficiente capacidad de comunicación interna (Hugos, 2003). Por otro lado, la comunicación con compañías o instalaciones en diferentes posiciones geográficas, es posible a través de la banda ancha, mediante la tecnología de redes de área amplia (WAN).

Como se ha comentado, las principales ventajas de la banda ancha es la alta velocidad de transferencia de la información, su relativo bajo costo y su capacidad de conectividad interna y externa.

2.1.3. Intercambio electrónico de datos - EDI

El intercambio electrónico de datos (EDI), es una tecnología desarrollada para la transferencia automática de datos entre empresas, mediante el uso de un formato electrónico aprobado y utilizado por las mismas. Según Bowersox et al., (2002) EDI involucra la transmisión electrónica de información y documentos directamente entre computadores de diferentes empresas, basados en formatos estándar estructurados y mecanizables (Bowersox et al., 2002). Los estándares del EDI, llamados X.12, son fijados por el Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI) y se especializan según el tipo de industrias (Bowersox et al., 2002).

EDI permite la reducción de costos y el incremento en la productividad de las empresas, a través de la eliminación de los errores de digitación. Esta herramienta también permite la disminución del uso de papel y la mejora las relaciones entre negocios, como resultado de la reducción de errores en la comunicación de datos (Bowersox et al., 2002).

EDI intercambia información entre empresas mediante vínculos de telecomunicaciones directas entre sistemas de computadores (punto a punto) o a través de redes de valor agregado VAN. Una VAN es un servicio de comunicación de tercera parte, que envía información entre buzones electrónicos de diferentes compañías para su eventual descarga (Bowersox et al., 2002).

Los documentos que pueden ser transferidos mediante EDI son: (edinet.com, 2002)

- pedidos de compra.
- Aviso de despacho.
- Catálogo de Precios.
- Reporte de Ventas.
- Reporte de Inventario.
- Información de las partes y otros.

Sin importar estos beneficios, la adopción del EDI no ha cumplido las expectativas en cuanto a su utilización a nivel mundial, esto básicamente a que muchas empresas han utilizado ampliamente el internet para realizar las operaciones de comercio electrónico entre compañías (B2B).

2.1.4. eXtensible Markup Language – XML

El XML (eXtensible Markup Language) es una tecnología capaz de transmitir datos entre computadores, y de estos a humanos a través de formatos flexibles. A diferencia del EDI, el cual utiliza conjuntos de datos predefinidos rígidos, el XML es extensible y puede, según acordado entre las partes a comunicar, utilizar algunos formatos estándar y comunicar un amplio rango de datos diferentes, así como las instrucciones de cómo utilizar estos datos entre diferentes sistemas computarizados. Existen varios estándares que envuelven el XML en diferentes industrias, donde el más utilizado es el adoptado en las industrias electrónicas, llamado el RosettaNet (Hugos, 2004).

Según Hugos (2003), se han desarrollado herramientas hibridas entre el XML y EDI para comunicar diferentes empresas entre una misma cadena de suministro. Para esto, algunas extensiones XML se han insertado en sistemas EDI, y además existen aplicativos de software capaz de traducir datos provenientes de EDI a XML y viceversa. Según Hugos (2003), desde los primeros años de la década pasada, las empresas proveedoras de sistemas de transferencia de información están ofreciendo sistemas EDI basados en internet a pequeñas empresas que realizan negocios con grandes empresas, que utilizan EDI como medio preferido para el intercambio de la información (Hugos, 2003).

De acuerdo a Hugos (2003) la principal ventaja que el XML ofrece a las cadenas de suministros, es la gran flexibilidad en las comunicaciones, las cuales se pueden realizar de forma más espontánea y fácil, casi como si fuera entre humanos. Esta versatilidad permite que los humanos se comuniquen más fácilmente con los computadores y con otras personas, lo que permite coordinar mejor las operaciones de las cadenas de suministros, permitiendo una mejor administración diaria de dichas operaciones (Hugos, 2003).

2.2. Tecnologías de la información asociadas al almacenamiento y a la recuperación de la información

Las tecnologías de la información destinadas al almacenamiento y la recuperación de la información son las Bases de Datos. Estas son la organización de los datos y la información que es guardada electrónicamente.

Existen varios tipos de bases de datos, donde la más común son las bases de datos relacionales, las cuales almacenan grupos de datos relacionados en tablas individuales y permiten la recuperación (entrega de la información consultada) mediante el uso de un lenguaje estándar llamado SQL[1] – Structured Query Language (Hugos, 2003).

Una base de datos se define por el nivel de agrupación de la información que almacena, siendo la variable más importante el balance entre almacenar la información altamente agregada o almacenarla altamente detallada, variable que depende de las necesidades específicas de los usuarios y de los costos de mantener información altamente detallada (Hugos, 2003).

Una característica fundamental que tienen las bases de datos, es que las transacciones que se realizan pueden ser registradas, almacenadas y posteriormente consultadas, y es el administrador de la base de datos quien determina cuales operaciones, en qué nivel de detalle y con qué excepciones, dichas transacciones son registradas y vigiladas (Hugos, 2003).

2.3. Tecnologías asociadas a la identificación y entrega de información

2.3.1 Códigos de barra

Los códigos de barra son sistemas de codificación de productos, que de forma inequívoca identifica la mercancía. Existen diversos sistemas de codificación según se trate de distribución comercial, industrial, etc., los cuales pueden leerse mediante lectores especiales y pueden imprimirse mediante impresoras especiales, para adherir en el producto la etiqueta que contiene el código.

Los códigos de barra permiten la identificación de las mercancías de forma rápida y sin papeleo, lo que conlleva a una operación más eficiente en la identificación de materiales en las actividades de entrega y despacho. De esta manera se disminuyen los costos asociados al tiempo de identificación y a los costos de errores de enviar y/o recibir productos que no corresponden a las órdenes de pedido (Frazalle y Soho, 2007).

[1] SQL es un lenguaje declarativo a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en éstas.

Este sistema, que incorpora las referencias y otros datos relevantes de los productos, permite una rápida identificación de la mercancía, elimina errores y en combinación on-line con el computador central (Host), efectúa operaciones de forma eficiente, que de otra manera requerirían muchos más tiempo para su ejecución (Frazalle y Soho, 2007).

Los códigos de barras se pueden utilizar para:

- Identificación de productos.
- Identificación de contenedores.
- Identificación de ubicaciones.
- Identificación de operadores.
- Identificación de equipos.
- Identificación de documentos.

El ancho de las barras y la separación de las mismas son la base de dicha codificación. Los códigos de barras varían dependiendo de la forma como almacenan la información, de la cantidad de la misma y del tamaño requerido en los mismos, los estándares más conocidos sobre códigos de barras son el EAN/UPC, RSS, GS1-128, ITF-14, Data Matrix y Componente Compuesto (GS1 Colombia).

Los códigos EAN/UPC están diseñados para alto volumen de lectura, motivo por el cual son muy utilizados en las tiendas de grandes superficies. La figura 2 muestra un esquema del código de barras EAN-UCC 13, donde se muestra claramente que los primeros tres dígitos del código corresponden al código del país de fabricación, del cuarto al séptimo digito identifican la compañía productora, los dígitos ocho a doce dan la información referente al tipo del producto y el ultimo digito, es un valor de verificación.

Figura 2. Código de Barras EAN-UCC 13.

Existen códigos de barras capaz de contener mayor información como es el caso del código GS1-128, el cual contempla la información contenida en el código EAN-UCC 13, más otra información relevante como tiempo de expiración del producto, tal como se muestra en la figura 3. Los códigos de barra también pueden variar dependiendo de la forma como almacenan los datos y del tamaño de los códigos, La figura 4 muestra algunos códigos de barras que difieren en estas características, como lo son el GS1 Data Bar, GS1 Data Matrix y Componente Compuesto.

Figura 3. Código de Barras GS1-128.

Figura 4. Otros códigos de barra – a) GS1 Data Bar, b) GS1 Data Matrix y c) Componente Compuesto.

a) b) c)

2.3.2. Radiofrecuencia

La radiofrecuencia es una tecnología de uso creciente en almacenamiento e identificación de productos. Se trata de comunicar por radiofrecuencia, sin cables, el equipo de manipulación con el ordenador central. De esta forma es posible disponer de la información en dicho equipo de manejo de materiales, con lo cual se ahorran tiempos de desplazamiento (del operador a oficina para tomar las órdenes de carga, etc.), las ubicaciones y el inventario se actualiza en línea automáticamente, con lo cual se reduce el número de errores (Hugos, 2003; Bowersox et al., 2002; Pyke et al., 1998).

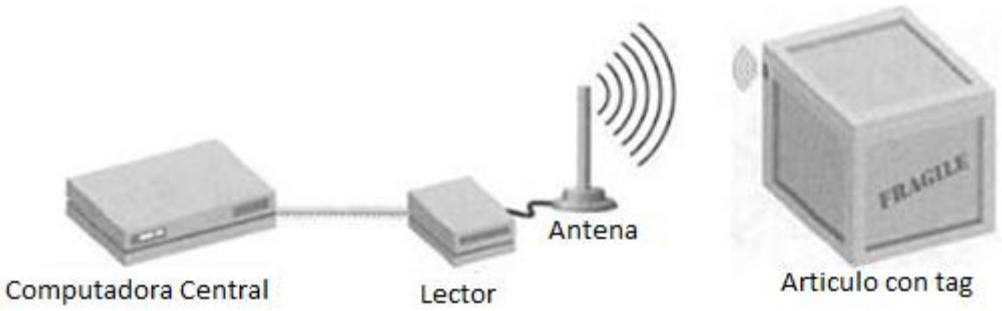
Los sistemas de radio frecuencia también permiten identificar automáticamente la configuración y el tipo de materiales en un pedido, a través de un sistema de antenas estratégicamente ubicadas en el almacén (Frazelle y Soho, 2007).

Para la captura de datos, el sistema utiliza unos pequeños chips que son adheridos a los productos, los cuales son rastreados e identificados a una cierta distancia por las antenas. Estos chips, denominados Etiquetas o Tags de Radiofrecuencia, están dotados con una micro antena y varían en tamaño, forma y color (Frazelle y Soho, 2007). Básicamente existen dos tipos de tags, los pasivos y los activos, los primeros no tienen fuente de alimentación independiente y pueden tener un alcance entre dos centímetros y 13 metros, y los activos, que poseen una batería o fuente propia de energía, pueden ser leídos desde una distancia de varios kilómetros (Fernández, 2004).

De acuerdo a Frazelle y Soho (2007) la utilización de radiofrecuencia requiere grandes volúmenes de productos, ya que el grado de inversión es alto (Frazelle y Soho, 2007). Básicamente, el sistema de identificadores por radiofrecuencia consta de un ordenador central, un PC conectado al anterior y que comanda el almacén mediante órdenes a unas terminales portátiles situados en la carretilla o que son llevadas por los usuarios. Si las distancias son grandes y/ o el almacén no es diáfano, es preciso colocar una serie de amplificadores de señal (Glover y Bhatt, 2006).

La figura 5 muestra el esquema fundamental de un sistema de radiofrecuencia, donde se observan los componentes fundamentales del mismo.

Figura 5. Esquema de un sistema de radiofrecuencia. Tomado de Glover y Bhatt (2006).



2.3.3. Bandas magnéticas y tarjetas ópticas

Se usan para almacenar gran cantidad de información en un espacio pequeño y pueden leerse aun cuando estén sucias. Las bandas magnéticas y tarjetas inteligentes se utilizan para diversas funciones que van desde la identificación de empleados, hasta la composición de carga de material de un camión o la composición de un recorrido de preparación de un pedido (picking) (Frazelle y Soho, 2007). El rango de tarjetas puede ir desde tarjetas plásticas de caracteres en relieve, hasta tarjetas ópticas, una breve descripción de este tipo de tarjetas es presentada en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de las tarjetas de aplicación logística. Tomado de Marimón (1999).

Tarjeta	Descripción
Tarjeta Plástica de Caracteres en relieve	Escasa capacidad. Información siempre visible. Aplicaciones: Evitar errores en la identificación
Tarjetas Magnéticas	Las Tarjetas de Banda Magnética toman su nombre de la banda magnética, con un grosor de 0.5 pulgadas. Presentan poca capacidad (unos 200 caracteres), seguridad Baja. Aplicaciones: Tarjeta de identificación de persona y sus derechos, tarjeta de acceso

Tabla 2 (Cont). Clasificación de las tarjetas de aplicación logística. Marimón (1999)

Tarjetas Electrónicas (tarjetas de memoria o memory cards)	Chip con capacidad de fragmentación (de unos 8.000 caracteres), con posible segmentación de las áreas de la memoria. Ejemplo de las tarjetas bancarias. Aplicaciones: Tarjeta administrativa, tarjeta de emergencia
Tarjetas Electrónicas (Tarjetas inteligentes o Smart cards)	Chip que contiene un microprocesador de software (16 – 64K) para procesamiento con capacidad graduable e igual lector que las tarjetas de memoria. Aplicaciones: Aplicaciones de seguridad sofisticadas, tarjetas profesionales, firma electrónica, validación de transacciones.
Tarjetas Ópticas	Estas tarjetas poseen una banda similar a las tarjetas de banda magnética en donde se sitúa una superficie magnética. Esta superficie magnética se compone de dos capas, una con un nivel de refracción de la luz muy alto, y la segunda con un nivel muy bajo. Estas características físicas permiten leer la información de mejor manera. Presentan mayor capacidad (de 4 a 64 Mb), lento acceso a los datos, alto costo del lector y de las tarjetas.

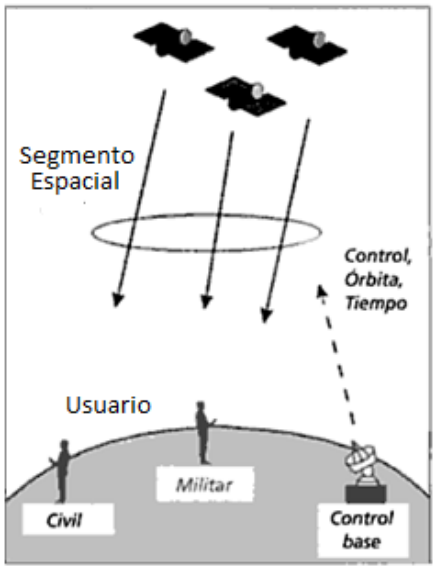
2.3.4. GPS

El GPS – Sistemas de posicionamiento global - por sus siglas en inglés (Global Posicioning System) es un sistema de satélites que permite durante las 24 horas del día, conocer la posición de un dispositivo en la superficie terrestre con un rango de error casi despreciable (aproximadamente 15 metros de desfase) (Letham, 2002).

De acuerdo a Letham (2002) *"El sistema de posicionamiento global consiste en un conjunto de 24 satélites que circundan la tierra y envían señales de radio a la superficie. Un receptor GPS es un dispositivo electrónico pequeño, utilizado por aquellos que viajan por tierra, mar o aire, que permite recibir las señales de los satélites. Este receptor utiliza las señales de radio para calcular su posición, que es entregada como un grupo de números y letras que corresponden a un punto sobre un mapa"*

El sistema de GPS se compone entonces por un segmento espacial, un segmento usuario y además por una parte de control que se denomina segmento de control terrestre. Este último es un conjunto de estaciones terrestres que rastrean los satélites para sincronizar sus relojes atómicos, verificar las orbitas exactas y enviar toda la información orbital a cada satélite, de manera que estos puedan emitir correctamente a los receptores en tierra. En la figura 6 se muestra los tres segmentos del sistema GPS (Letham, 2002).

Figura 6. Segmentos del sistema GPS. Fuente: (Letham, 2002).

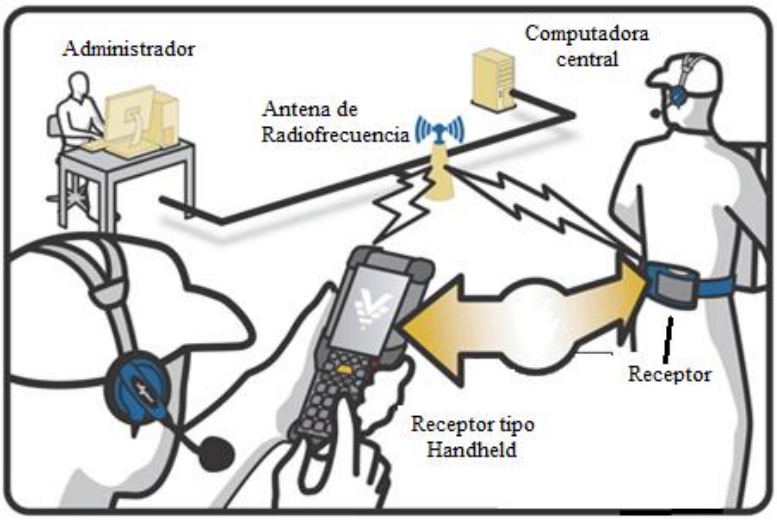


Además de los beneficios de la precisión, el GPS permite trabajar bajo cualquier condición climatológica, de día y de noche y sin sacrificar calidad de la información. Sin embargo tiene la limitación de que las señales de radio emitidas por los satélites pueden ser distorsionadas por algunos objetos, así, en bosques o instalaciones muy grandes, la señal puede no ser recibida. Para la sincronización de las entregas y la administración de flotas de carga, las compañías están utilizando sistemas de posicionamiento satelital, con lo cual pueden conocer en todo momento el lugar donde se encuentran los vehículos, mejorando notablemente el sistema de entrega y distribución, mediante la trazabilidad, seguimiento y auditoria de los envíos (Frazelle y Soho, 2007).

2.3.5. Voicepicking

El VoicePicking o recolección por voz, son sistemas en los cuales el operario recibe las instrucciones del ordenador mediante un sistema de recepción que convierte la señal en una instrucción verbal, la cual es escuchada por el operario mediante un auricular. El operario puede retroalimentar al sistema mediante un micrófono, que conduce la información al transmisor, y este la convierte en una señal capaz de ser entendida por el ordenador central. De esta forma el operario continuamente está hablando con la computadora central, la cual le está dando las órdenes de los materiales a recoger en cada posición del almacén. La estructura básica del sistema de VoicePicking se muestra en la figura 7, donde se observa claramente la interacción entre el operario y la computadora central, la cual generalmente está conectada al WMS o al ERP de la compañía.

Figura 7. Esquema básico de un sistema de VoicePicking. Fuente: Egomexico (2009)



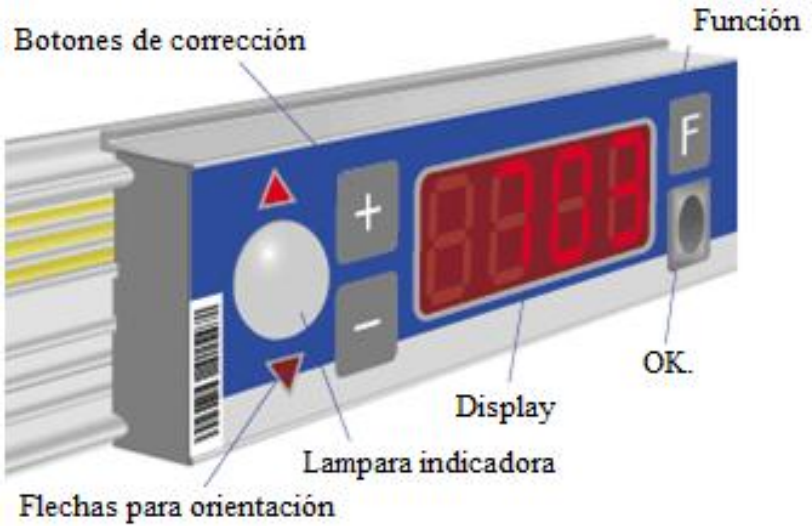
La principal ventaja del sistema de recogida por voz es que permite obtener rendimientos en los almacenes del 99.9% (Egomexico, 2009), debido a que todas las instrucciones son transmitidas directamente por el ordenador central. Además, este sistema incrementa la capacidad de trabajo de los operarios, al permitirles tener las manos libres para las operaciones y evita los papeleos innecesarios en el almacén. Por último, es posible realizar un sistema de auditoria del desempeño de los trabajadores, permitiendo conocer el tiempo empleado para realizar una rutina y calcular el tiempo laboral y ocioso de los mismos.

2.3.6. Pick to Light

El Pick-to-Light (recogida por luz) es un sistema que ayuda al operario a recoger las mercancías, mediante un conjunto de ayudas visuales que permiten que el operario llegue directamente a la posición deseada. Para su identificación, cada posición dentro del almacén posee un dispositivo con una pantalla digital, la cual indica la operación y la cantidad de elementos a recoger, además permite al operario realizar las operaciones de chequeo, corrección o modificación de las órdenes. Estos dispositivos llevan por nombre DPDs (Digital Picking Display), un esquema de los mismos es mostrado en la figura 8.

Gracias a estas herramientas indicadoras en todas las posiciones de almacenamiento, el sistema Pick-to Light es reconocido como el sistema de mayor efectividad en cuanto a recogida y cumplimiento de órdenes perfectas (Lightning Pick Technologies, 2010). Sin embargo, tiene la desventaja del alto costo de instalación y mantenimiento de los DPDs en todas las posiciones del almacén (Lightning Pick Technologies, 2010).

Figura 8. DPDs de un sistema de picking-to-ligth. Fuente: Lightning Pick Technologies (2010)



2.3.7. Vision Picking

El Vision Picking es una tecnología que mediante gafas de visión virtual guía al operario a través del almacén, con la ayuda de señales y símbolos hasta el lugar donde éste debe llegar para recoger un producto o hacer alguna operación de rutina (LRM, 2009). Esta tecnología es apenas incipiente, pero la idea de sus impulsadores es que las gafas, que serán muy similares a unas gafas de sol, guíen al operario hacia la posición de recogida, en donde, gracias a una cámara incrustada en las mismas gafas, permitirá la lectura de los códigos de barra de los productos y los lotes para asegurar la correcta operación (LRM, 2009).

De acuerdo a LRM (2009), el reconocimiento visual automático tiene una precisión mayor que los sistemas de voz y trata de ser una solución 100 % libre de errores (LRM, 2009). Esta herramienta acelera los tiempos de entrenamiento de personal nuevo y al igual que la recogida por voz, ambas manos quedan libres para realizar las operaciones de recogida (LRM, 2009).

El principio de funcionamiento, en cuanto a la interacción con el computador central, es muy similar al presentado en la herramienta de VoicePicking, en donde son enviadas señales desde una antena a las gafas y viceversa, dichas antenas están directamente conectadas con el ordenador central, el cual debe funcionar bajo un WMS o un ERP. En la figura 9 se muestra una fotografía de cómo serían las gafas que permiten que este sistema funcione (LRM, 2009).

Figura 9. Gafas virtuales para Visión Picking. Fuente: LRM (2009)

2.3.8. OCR y Reconocimiento visual artificial

El OCR (Optical Character Recognition) y el reconocimiento visual artificial se llevan a cabo mediante sensores ópticos y cámaras digitales que llevan la imagen capturada a un computador principal, el cual, a través de la comparación con ciertos patrones, puede reconocer códigos, materiales, formas e inclusive condiciones de los productos. Esta tecnología permite la identificación casi automática de productos y automóviles, permitiendo mejorar las operaciones de almacenamiento y trazabilidad de producto a través de la cadena de suministro.

Esta técnica –la visión artificial- es una de las ramas más prometedoras en logística, en cuanto a que permitirá la identificación inmediata de productos, personas y medios de transporte, lo cual debe generar un incremento considerable en la efectividad de las operaciones logísticas de las empresas. Actualmente la Visión artificial está siendo utilizada para el reconocimiento de códigos, patrones en procesos de manufactura, reconocimiento de placas de vehículos, contenedores y hasta reconocimiento facial, y se espera que su alcance vaya mucho más allá.

2.4. Tecnologías asociadas a manipulación, administración y reporte de la información

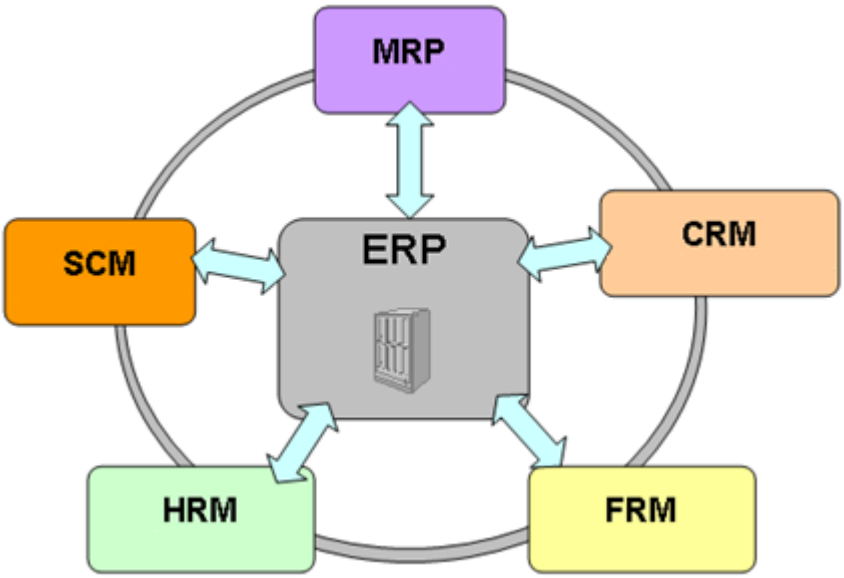
2.4.1 Planificación de requerimientos empresariales -ERP

El sistema de planificación de requerimientos de materiales, (del inglés Enterprise Resource Planning) ERP, es un conjunto de aplicaciones modulares de programas de gestión de los flujos administrativos de la empresa (Bowersox et al, 2002).

El ERP es un sistema de información, donde los diferentes tratamientos (transacciones y ejecución) y funciones clásicas de una empresa son integradas alrededor de una base de datos y de un proceso único. Los ERP son unos sistemas de gestión de empresa, soportados por un paquete de programas integrados y parametrizables. Permiten administrar el conjunto de las funciones (Finanzas, Logística, Recursos humanos, Gestión Comercial, etc.) y los procesos de una empresa.

La figura 10 muestra la integración del ERP con los sistemas básicos de una empresa: MRP – *Material Resource Planning* (planificación de requerimientos de materiales), CRM - *Customer Relationship Management* (Sistema de administración de relaciones con clientes), FRM - *Finance Resource Management* (sistema de administración de los recursos financieros), HRM *Human Resource Managemet* (Sistema de administración de los recursos humanos) y el sistema SCM - *Supply Chain Management* (sistema de administración de la cadena de suministros) (Free-Logistics.com, 2010).

Figura 10. ERP y su integración con otros componentes de la empresa. Fuente: Free-logistics.com



Para Bowersox et al. (2002) el ERP y los sistemas de ejecución de la compañía, son los componentes más importantes de los sistemas de información en logística. Los ERP proveen las bases de datos de las capacidades de transacción para inicializar, medir, monitorear y reportar las órdenes provenientes de los clientes o hacia los proveedores. Los sistemas de ejecución empresariales proveen la interface entre el ERP y las operaciones día a día con los clientes, proveedores, transportadores y almacenamiento, a través de los sistemas CRM, SRM, TMS y WMS respectivamente. El beneficio final de un ERP es alcanzar la integración entre la compañía, los proveedores y los clientes (Bowersox et al., 2002).

En la tabla 2 se reportan las principales funciones de un sistema ERP, discriminadas por funciones básicas y funciones avanzadas. En la tabla 3 se consignan las ventajas y desventajas más relevantes de estos sistemas de información.

Tabla 3. Funciones de un ERP.

FUNCIONES DE UN ERP	
Normales	**Avanzadas**
• Administra las cuentas por cobrar y las cuentas por pagar. • Libro mayor. • Admón. de recursos Humanos. • Lista de materiales. • Control de Inventarios. • Itinerarios. • Administración de pedidos. • Planificación de requerimientos de un pedido. • Desarrolla sistemas de ejecución.	• Planeación en colaboración, predicción y re abasto. • Administración de las relaciones con el cliente. • Administración de eventos de la cadena de suministro. • Aplicaciones habilitadas en la web. • Planeación y programación avanzadas.

Tabla 4. Principales ventajas y desventajas de un ERP.

ERP	
Ventajas	**Desventajas**
• Sistema único para manejar los procesos de la empresa. • Consolidación de todos los datos de la empresa en una base de datos única. • Integración entre las diferentes funciones de cada aplicación. • Permite mejorar el ROI (Retorno de las Inversiones) de la empresa. • Reduce el costo de mantenimiento de las aplicaciones.	• Alto costo de compra y de instalación. • Complejidad y posible mala utilización. • Puede requerir una modificación de los procesos de la compañía. • Es difícil de encontrar personal interno para administrar el ERP.

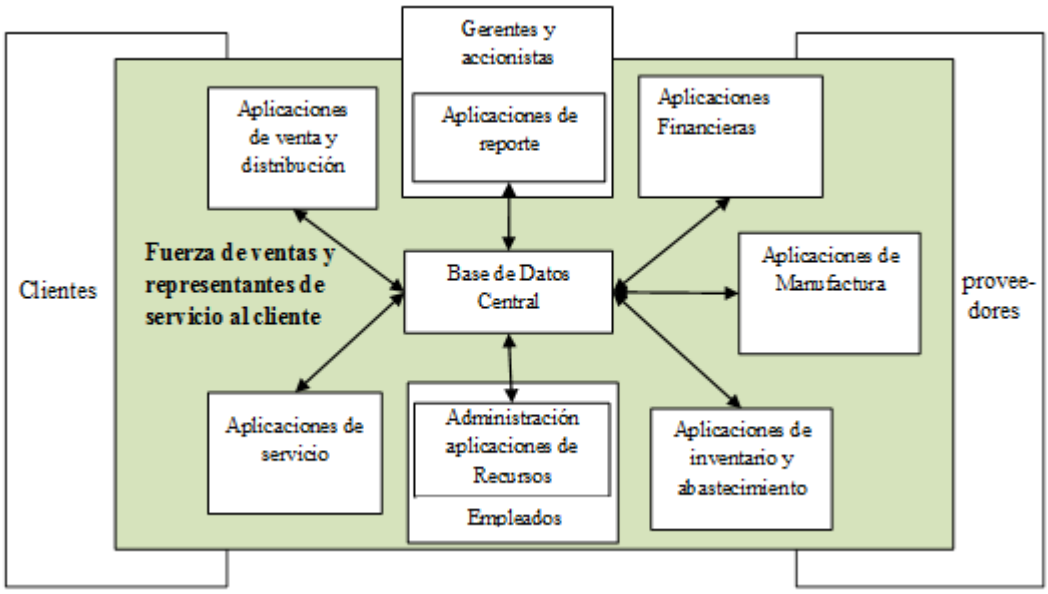
La industria de los ERP está dividida en dos grandes ramas: las grandes empresas y los independientes. SAP es la empresa que lidera el mercado de los ERP a nivel mundial, de origen Alemán y ofrece un ERP bajo su nombre. Otras marcas de ERP importantes son Oracle, Microsoft Business Solutions, SSA Global e Infor. Los independientes son casas de software independiente y en algunos casos libres (open software), tales como Intentia, IFS, IBS y Epicor (Taylor, 2008).

Según Bowersox et al. (2002), una nueva generación de sistemas ERP está evolucionando para producir integraciones adicionales, especialmente con clientes. Estos sistemas, identificados como ERP II, integran el ERP tradicional con un sistema de manejo de relaciones con clientes (CRM), para integrar mejor los requerimientos de los clientes claves con las plantas de la compañía. La mayor mejora ofrecida por el ERP II es la conectividad externa, lo cual es crucial para la colaboración a lo largo de la cadena de suministro. Una herramienta adicional del ERP es la posibilidad de integrarse con

internet, lo cual permite el mando del sistema desde cualquier lugar del mundo, bastando solo con una conexión a internet adecuada (Bowersox et al., 2002).

En la figura 11 se muestra la arquitectura fundamental de un sistema ERP, donde se aprecia la interrelación entre los diferentes aplicativos del sistema con la base central de datos, así como se representa las relaciones con clientes y proveedores.

Figura 11. Arquitectura de un sistema ERP. Fuente: Bowersox et al. (2002).



2.4.2. Sistema de administración de almacenes – WMS

El sistema de administración del almacén - WMS (Warehouse Management System), es la herramienta informática más importante después del ERP, que permite la administración del almacén mediante la cobertura de múltiples actividades propias de los mismos. Normalmente, las actividades de almacenamiento se entienden como la recepción de materiales de abastecimiento, la colocación en los estantes y la recogida de órdenes, sin embargo, las operaciones actuales de logística de almacenes implican la ejecución de otras múltiples actividades, como servir adecuadamente a manufactura o la gestión de las operaciones en base a la metodología justo a tiempo. Otras actividades contempladas en las operaciones de almacenes modernos es la administración del patio, preocupándose por la gestión de los vehículos que se encuentran en el área de almacenamiento (Bowersox et al., 2002).

Las actividades actuales en los almacenes necesitan contar con una gran visibilidad y conocimiento exacto de los elementos al interior de los mismos, así como la realización de actividades con el mínimo de errores y con personal capacitado para cumplir con múltiples tareas. Otra actividad fundamental realizada en los almacenes, es la optimización de las instalaciones, la cual se refiere a la mejor forma de acomodar y distribuir los estantes y las áreas de recogida, carga, descarga y almacenamiento dentro

de las bodegas, con lo cual se logra disminuir los costos totales de la actividad de almacenamiento (Bowersox et al., 2002).

Los sistemas de gestión de almacenes (WMS), son herramientas de software que permiten realizar las operaciones mencionadas en el párrafo anterior e integrar las decisiones y operaciones del almacén con toda la compañía a través de su unión con el sistema ERP. El sistema WMS puede ser implementado en una empresa sin contar con un ERP en la misma.

Las principales actividades de un WMS, según Christopher (1992) son:

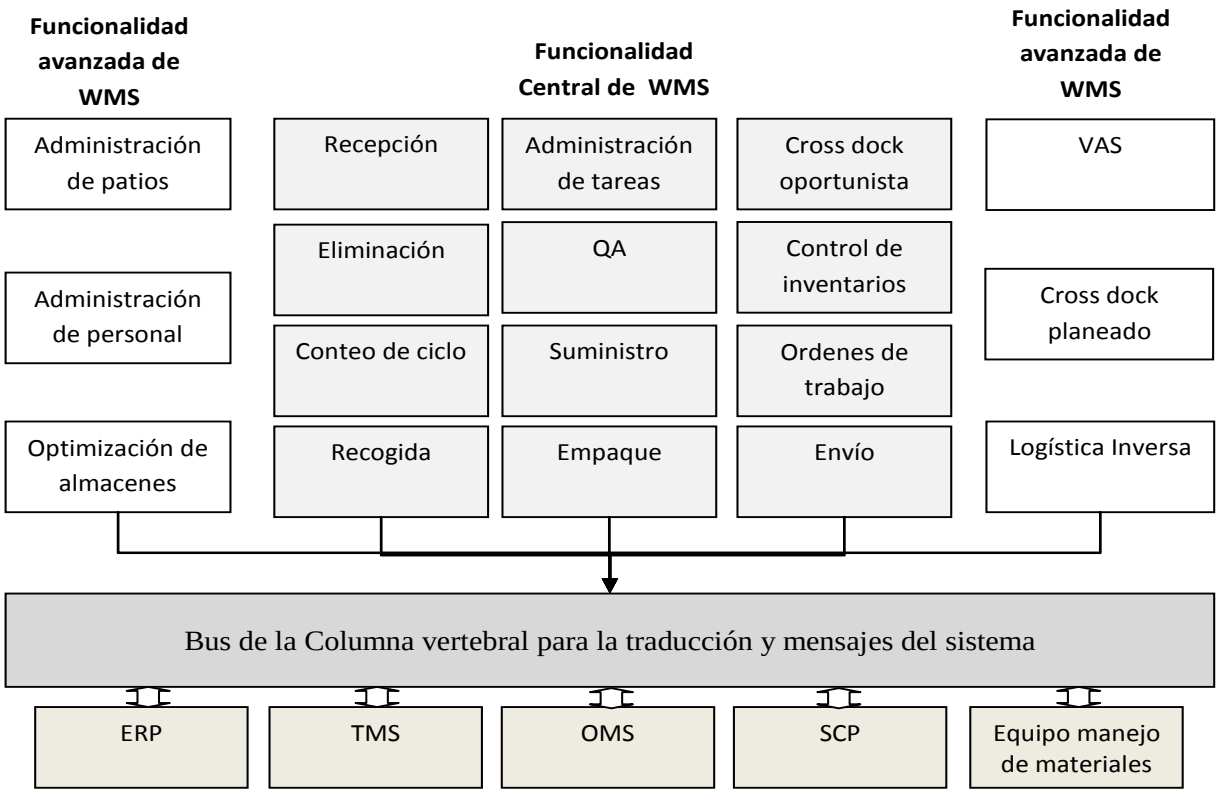
- Documentación y parámetros.
- Recepción.
- Gestión de las existencias
- Preparación de encargos
- Expedición
- Reportes e Indicadores clave de desempeño - KPI (Key Performance Indicators)

La tabla 4 resume la documentación gestionada por un sistema WMS, de donde se puede apreciar aquella documentación relacionada con la identificación y gestión de los productos, la información asociada al almacén y aquella relacionada con el embalaje y salida de productos. En la figura 12 se muestra la estructura de un WMS típico, donde se muestran las funciones centrales y las funciones avanzadas del mismo y la posible integración con otros sistemas de información empresariales.

Tabla 5. Documentación gestionada en el WMS.

Documentación producto:	Documentación almacén:	Documentación embalaje:
• Referencia producto • Descripción producto • Clasificación - ABC del producto • Familia logística del producto • Embalaje asociado al producto	• Código o referencia del lugar de almacenamiento • Dimensión del lugar de almacenamiento • Tipo de embalajes/paletas permitidos • Cantidad max. permitido de embalajes/paletas • Carga máxima permitida • Tipo de ABC permitido • Tipo de familias de producto permitidas • Umbral de reabastecimiento	• Tipo de embalaje • Dimensiones del embalaje • Peso máximo de carga soportada en el embalaje • Peso máximo de carga soportada en apilado

Figura 12. Estructura Básica de un sistema WMS: Fuente: Bowersox et al. (2002)



2.4.3. Sistema de administración del transporte - TMS

El sistema de administración de trasporte es una herramienta de administración logística, la cual está generalmente vinculada a sistemas ERP y que busca la reducción de los costos totales de la cadena de suministros asociados al movimiento de materiales entre la misma y los eslabones externas de la cadena. Su función es la gestión de las operaciones de transporte, tanto en los niveles de ejecución como en los de funcionamiento (Bowersox et al., 2002).

Los beneficios principales del TMS son ahorro en costos e incremento en la funcionalidad del servicio. Las funciones típicas de un sistema de administración de transporte son:

- Consolidación de órdenes.
- Optimización de rutas.
- Administración de los tarifas de los transportadores.
- Vínculos entre los transportadores y el EDI.
- Trazabilidad vía internet de los envíos.
- Administración integral de reclamos.
- Identificación del modo de transporte más económico.
- Calcular la mejor ruta de transporte.
- Selección de transportistas basados en costos y servicio, incluyendo el desempeño de los mismos.

Este sistema permite identificar y evaluar estrategias del transporte en las empresas, así como determinar los mejores medios para mover los productos con las restricciones existentes. Los TMS manejan tres procesos clave de la gestión de los transportes: (Bowersox *et al*., 2002)

Planificación a corto plazo y decisión
El TMS define los esquemas de transporte más eficientes según parámetros, que tienen menor o mayor importancia, de acuerdo con la política del usuario. Ejemplo: los costes de transporte, el tiempo más corto, menos paradas posibles para asegurar la calidad, coeficientes de los flujos de reagrupación.

Seguimiento del Transporte
El TMS permite seguir cualquier operación física o administrativa en relación con el transporte. Ejemplos: trazabilidad de evento de transporte (expedición desde A, llegada en B, despacho de aduanas, etc.), edición de documentos de recepción, despacho de aduanas, facturación y reservas, envío de alertas de transporte (retraso, accidente, paradas no previstas, etc.)

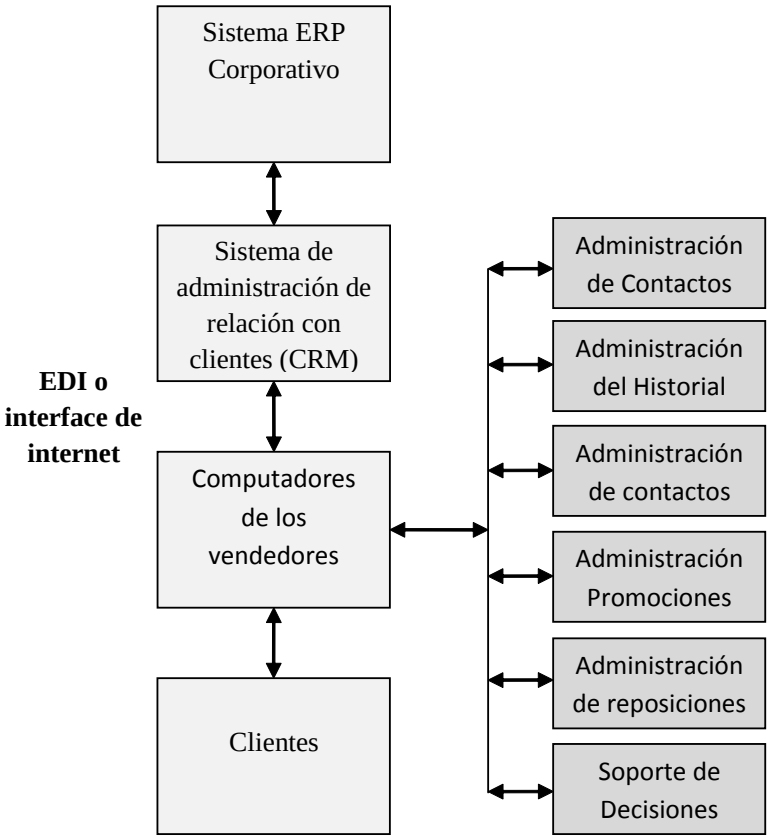
Medición.
El TMS dispone de una función de elaboración y presentación de indicadores clave de desempeño del transporte.

2.4.4. Sistema de administración de las relaciones con clientes - CRM

El sistema de administración de las relaciones con clientes es una funcionalidad para extender ERP con las ventas y las entregas de productos. Este sistema rompe con la tradicional apreciación de recibir del cliente únicamente órdenes de pedidos y como máximo integrar los sistemas de comunicación con el mismo. Ir más allá, permite hacer más eficiente los procesos, entendiendo que el cliente es un activo que debe ser cultivado, y por lo tanto, existe un rango de capacidades necesarias para manejar las relaciones con el mismo. Más allá de esta funcionalidad básica, el CRM requiere trazabilidad de las ventas, análisis de los históricos de ventas, administración de precios, promociones y mezcla de productos y categorías (Bowersox et al., 2002).

En la figura 13 se muestra la estructura básica de un sistema CRM, de donde se puede observar claramente que este es una extensión del sistema ERP de la compañía.

Figura 13. Esquema de un sistema CRM básico. Fuente: (Bowersox et al., 2002).



2.4.5. Sistemas para la administración de VMI (Vendor Managed Inventory)

El VMI es una técnica para el manejo de inventarios que ha modificado el pensamiento tradicional de almacenamiento y distribución de bienes, en cuanto que el inventario, en la etapa de distribución, es administrado por un almacén central que está comprometido con reducir los costos de almacenamiento al centralizar dicha operación y especialmente preocupado por reducir los faltantes de productos en los puntos de distribución. Este sistema rompe con la tradicional operación, en donde son los distribuidores quienes deciden cuando y donde ordenar, aumentando los costos asociados a un manejo de inventarios individual en cada etapa de distribución. Esta última herramienta es conocida como RMI - Retailer Managed Inventory.

El VMI puede ser informatizado mediante el sistema de administración VMI, el cual permite tomar las decisiones acerca de la cantidad de inventario a ubicar en las instalaciones de los clientes y los procesos de transporte para las actividades de reabastecimiento.

2.4.6. Sistemas de abastecimiento

Los sistemas de abastecimiento (Procurement Systems), son sistemas especializaos en las actividades de compras realizadas entre la compañía y los proveedores. El objetivo fundamental de estos sistemas es dinamizar y hacer más eficientes las operaciones de abastecimiento (Hugos, 2003). De acuerdo a Hugos (2003), estos sistemas generalmente reemplazan los catálogos de productos por bases de datos que contienen toda la información requerida, al tiempo que también evalúan el número de unidades comprados, precio de compra, historial de compras y desempeño de los proveedores (Hugos, 2003).

Una de las funciones principales de los sistemas de abastecimiento es ayudar a la selección y evaluación de proveedores, para esto, los sistemas de abastecimiento permiten comparar precios, características y condiciones de negociación, de forma que la mejor opción pueda ser seleccionada como empresa proveedora (Hugos, 2003).

2.4.7. Sistemas de planificación y programación avanzada - APS

Los sistemas de planificación y programación avanzada (Advanced Planning and Schedulling), son aplicaciones altamente analíticas que buscan calcular las capacidades de planta, disponibilidad de material y demanda de los clientes, para posteriormente realizar planes de la cantidad optima a producir, determinando el lugar, la cantidad y el momento de producir (Hugos, 2003).

Estos sistemas están basados en información suministrada por el ERP o proveniente de la base de datos empresarial, y utiliza, entre otras, las siguientes técnicas matemáticas para realizar la planificación de la producción y las operaciones:

- Programación lineal.
- Algoritmos greedy aleatorios.
- Algoritmo exhaustivo de descenso.
- Recocido simulado.
- Búsqueda tabú.
- Algoritmos genéticos.
- Colonias de hormigas.

Los beneficios que pueden ser adquiridos a través del APS son:

- Integrarse transparentemente con el ERP.
- Mejor servicio al cliente y entregas a tiempo.
- Reducción de costos indirectos.
- Rápido ROI (Retorno sobre la inversión).
- Mayor utilización de los equipos.
- Eliminación de la "Lista de Urgentes".
- Reducción de las urgencias y las necesidades de tiempo extra.
- Eliminación de interrupciones en el piso de planta.
- Reducción de inventario de producción en proceso y producto terminado.
- Minimización de los tiempos de manufactura.
- Incremento en el "throughput" y la utilidad.

2.4.8. Sistemas de ejecución de manufactura – MES

Los sistemas de ejecución de manufactura – MES (Manufacturing Execution Systems) son herramientas encargadas de llevar a cabo los planes para las actividades de producción en una planta. Son sistemas de planificación de menor capacidad que los APS, pero permiten realizar planes a corto tiempo, con una buena velocidad, y están limitados a los planes de producción a corto plazo y a la asignación de materiales y recursos de producción dentro de una planta de manufactura. En otras palabras, estos sistemas pueden considerarse, en términos de operación, similares, pero en menor escala a las herramientas ERP (Hugos, 2003).

2.4.9. Sistemas de administración de patios - YMS

Los sistemas de administración de patios YMS (Yard Management System) se encargan de la coordinación de las operaciones de envío, recibo, administración de órdenes, supervisión y administración del espacio físico del patio de maniobras de una compañía, así como de la administración de los muelles y las puertas. Estos sistemas permiten mejorar las operaciones de recibo y control de inventarios, lo cual los convierte en una herramienta fundamental para el correcto desempeño de una cadena de suministros.
Los beneficios que son encontrados a través de la implementación de los sistemas de administración de patios son:

- Administración y trazabilidad del inventario en patio.
- Permite categorizar y acelerar cargas decisivas.
- Visibilidad de prestadores de servicio de transporte, tanto para logística de entrada como para logística de salida.
- Establecer las operaciones basados en el tipo de envío y en la carga.
- Programar y administrar las puertas.
- Ayuda a los transportistas a cumplir las ventanas de tiempo establecidas.
- Medición de los activos y movimientos en el patio.
- Incrementa la seguridad en el patio de la empresa.
- Permite realizar solo las operaciones requeridas.
- Eliminar tiempos de espera innecesario de los camiones.
- Permite controlar todas las operaciones.

Este sistema puede ser integrado con tecnologías como la radiofrecuencia, con lo cual se obtiene mejor conocimiento de la situación del patio, y por tanto, mejor proceso de administración de las operaciones realizadas en este.

2.4.10. e-Business

El e-Bussines es la forma de realizar negocios a través del internet, en donde vendedores y compradores no tienen interacción directa. El e-business presenta grandes ventajas a las empresas en cuanto a visibilidad, tanto de los clientes como de la empresa misma (Arango, 2008).

En el mercado actual, casi todas las compañías deben ofrecer sus productos por internet, donde recientemente, y gracias a la consolidación del e-Commerce (comercio virtual), este ofrecimiento ha pasado a ser más que una simple muestra del catálogo de los productos. El e-Commerce permite la compra y venta de los productos, permitiendo inclusive que el cliente determine como desea que su producto sea transportado, entregado y hasta el lugar de su preferencia (Arango, 2008).

La aplicación de soluciones de e-Business posibilita la gestión integrada de:

- Distintas actividades logísticas.
- Distintas localizaciones de una red logística.
- Coordinación con otros elementos de la cadena logística (EDI).

2.4.11. Arquitectura empresarial - AE.

De acuerdo a Arango et al. (2010), *"la Arquitectura Empresarial – EA, es un conjunto de directrices arquitectónicas que permiten asegurar un desarrollo armónico entre los modelos y necesidades de la empresa, con los procesos de negocio y las tecnologías de información utilizadas en la misma".* La AE adopta una vista integral que cubre los procesos de negocio, los sistemas de información, los datos y la infraestructura tecnológica, permitiendo explicar cómo todos los elementos de las tecnologías de la información, los procesos, los sistemas, la estructura organizacional y las personas, se deben integrar (Arango et al, 2010).

Los beneficios que una empresa obtiene al aplicar la arquitectura empresarial expuestos por Arango et al, (2010), son:

- *"La AE permite la identificación del estado actual de la empresa y la describe como una estructura coherente y articulada en todos sus componentes".*
- *"La AE actúa como una fuerza integradora entre aspectos de planificación del negocio, de operación del negocio y aspectos tecnológicos".*
- *"La AE permite capturar la visión completa del sistema empresarial en todas sus dimensiones y complejidad".*
- *"La AE permite conocer de forma real, medible y detallada, la brecha que existe entre el estado actual de los procesos del negocio y la tecnología que los soporta, respecto al estado requerido o deseado que exige el direccionamiento estratégico".*
- *"La AE permite unificar, mejorar y/o eliminar procesos y tecnologías redundantes, disminuyendo los costos operacionales que ello conlleva".*
- *"La AE actúa como una plataforma corporativa que apoya y prepara a la empresa para afrontar de manera fácil y oportuna cambios del mercado, retos de crecimiento y respuesta a la competencia, entre otros aspectos".*
- *"La AE proporciona un mapa integral de la empresa y la planeación para afrontar los cambios empresariales y tecnológicos, permitiendo identificar oportunamente los impactos organizacionales y técnicos antes de que sean implementados".*
- *"La AE es aplicada por las empresas en sus estrategias de negocio con el fin de mejorar el desempeño y productividad".*

2.4.12. Sistema de administración de las relaciones con los proveedores - SRM

El sistema de administración de las relaciones con los proveedores – SRM (Supplier Relationship Management) es una herramienta que permite gestionar las interacciones entre la empresa y sus proveedores, tanto de bienes como de servicios, con el objetivo de dinamizar y hacer más eficiente los procesos de comunicación y negociación entre una compañía y sus proveedores (Techtarget, 2003; SAP, 2005).

Los sistemas SRM incluyen tanto prácticas empresariales como aplicaciones de software para crear un marco de referencia común, que permita la comunicación efectiva con los proveedores, para la adquisición de materiales, servicios, administración de inventarios y el procesamiento de materiales (Techtarget, 2003; SAP, 2005).

Algunos beneficios que se producen con la aplicación de un sistema SRM son: (SAP, 2005).

Mejores estrategia para la contratación.

- Racionalización y optimización de la cadena de suministros.
- Un mejor acceso a los datos de rendimiento de los proveedores.
- Mejora de la calidad de la oferta y la reducción del riesgo.

Menores Lead times

- Automatización de los tediosos procesos de solicitud de cotizaciones y de propuestas.
- Mayor velocidad de ejecución mediante la aprobación de órdenes en línea.
- Reconocimiento y respuesta más rápido de los proveedores.

Reducción de costos

- Reducción de la complejidad mediante la consolidación de contenidos.
- Aumento de la eficiencia mediante la automatización de adquisiciones.

Menores precios unitarios

- Consolidación de la demanda a través de múltiples unidades de negocio.
- Reducción de costos de inventario.
- Mejora de los precios a través de licitaciones públicas.

2.4.13. Sistema de administración de los procesos de negocio - BPMS

Elzinga *et al*. (1995) define al sistema de administración de los procesos de negocio, BPMS (Business Process Management System) como *"un enfoque sistemático y estructurado para analizar, mejorar, controlar y administrar los procesos, con el fin de aumentar la calidad de los productos y de los servicios"*. Zairi (1997) lo describe como "*un enfoque bien estructurado para analizar y continuamente mejorar las actividades fundamentales dentro de las empresas, como lo son manufactura, marketing, comunicaciones y otras operaciones elementales de la compañía* ".

El sistema de administración de los procesos de negocio es una herramienta informática (software) que le permite a las empresas modelar, desplegar y administrar los procesos de negocio críticos para la empresa, y hasta en aliados comerciales (Lee and Dale, 1998).

2.4.14. Sistema de administración de mano de obra - LMS.

Los sistemas para la gestión de la mano de obra – LMS (Labor Management System) son utilizados para la gestión y supervisión de las actividades laborales en las cadenas de suministro, aunque su mayor uso se da en las actividades de distribución. Estos sistemas permiten obtener información sobre las tareas en ejecución por parte de los trabajadores, cuantos sitios han visitado, que inventario han manejado, el equipo que utilizaron y hasta los recorridos que estos han ejecutado (SCD, 2009; TEC, 2010)

De acuerdo a Tompkins Associates (2010) y a TEC (2010), los sistemas de administración de mano de obra pueden ayudar a las empresas a:

- Reportar las tareas directas e indirectas realizadas por los trabajadores.
- Permite comparar la forma de hacer los trabajos contra los estándares laborales.
- Ejecutar programas de recompensa por actividades realizadas.
- Generar mayor rendimiento en la ejecución de los procesos planificados.
- Medir la productividad de los trabajadores.
- Comparar el desempeño entre diferentes áreas funcionales.
- Asegurar que la mano de obra utiliza todo su potencial.
- Identificar los cuellos de botella y los obstáculos en las actividades de la empresa.
- Monitorear el tiempo de producción de los trabajadores.
- Monitorear y determinar los tiempos improductivos de los trabajadores.
- Monitorear los niveles de desempeño de los trabajadores en tiempo real.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE TIC's

El proceso de evaluación de las tecnologías de la información puede ser visto como un proceso de balanceo entre el costo de la adquisición y el impacto que esto conlleva en la compañía (Grembergen 2001). Sin embargo, Wang (2006) establece que en muchas ocasiones, y particularmente cuando se trata de direccionamiento estratégico, mejorar la posición competitiva, incrementar el valor percibido de la empresa o mejorar el servicio al cliente interno o externo, la actividad de adquisición de tecnologías de la información no debe fundamentarse en análisis económicos (Wang, 2006)

Según Wang (2006) las tres razones fundamentales de por qué la adquisición de tecnología no debe basarse en análisis económicos son:

- Primero: los métodos cuantitativos son incapaces de involucrar toda la información alrededor de las mejoras que trae la aplicación de una nueva tecnología.
- Segundo: la incapacidad de tratar aspectos cualitativos
- Tercero: En la mayoría de los casos, los beneficios obtenidos por la aplicación de tecnología no se reflejan en un flujo de fondos, ya que generalmente se basan en métodos económicos para determinar la viabilidad de la aplicación de tecnología.

Las técnicas formales para la evaluación de tecnologías de información pueden ser clasificadas en cuatro grandes ramas: El enfoque económico, el enfoque estratégico, el enfoque analítico y el enfoque integrado (Khakasa, 2009).

La tabla 5 realiza una descripción de los enfoques más importantes para la evaluación de tecnologías de la información y las comunicaciones, considerando tanto enfoques económicos, como es el caso de las tasas de descuento, hasta herramientas analíticas que permiten considerar variables del orden cualitativo, como es el caso de la planificación de escenarios.

Tabla 6. Clasificación de los métodos para la evaluación de TIC's. Fuente: Tomado de Khakasa, 2009 (Adaptado de *Irani et al*, 1997).

Clasificación	Técnica de evaluación
	Instinto
ENFOQUES ECONÓMICOS (basado en relaciones)	Ingresos asociados a la inversión Retorno de la inversiones (ROI) Análisis costo beneficio (CBA)

Tabla 7 (Cont). Clasificación de los métodos para la evaluación de TIC's. Fuente: Tomado de Khakasa, 2009 (Adaptado de *Irani et al*, 1997).

ENFOQUES ECONÓMICOS (Técnicas de descuento)	**Valor presente Neto(NPV)**
	Tasa interna de retorno (IRR)
ENFOQUES ECONÓMICOS (Técnicas de valor futuro)	Teoría del precio real de la opción
ENFOQUES ESTRATÉGICOS	Importancia técnica
	Ventaja competitiva
	Factores críticos de éxito
	Enfoque de aplicación de portafolios
ENFOQUES ANALÍTICOS (Portafolio)	No Numéricos
	Modelos de puntuación
	Técnicas basadas en computadores
	Lógica difusa
ENFOQUES ANALÍTICOS (otros)	Análisis de riesgo
	Análisis de valor
ENFOQUES INTEGRADOS	Teoría de la utilidad multi-atributo
	Planificación de escenarios
	Economía de la información
	Cuadro integral de mando (BSC)

De acuerdo a Khakasa (2009), si bien algunas empresas han adoptado técnicas de evaluación de tecnologías de la información, que pueden ser altamente complejas, generalmente la mayoría no utilizan técnicas sofisticadas y desarrolladas por académicos para mejorar la calidad de las decisiones. El mismo autor atribuye este fenómeno a la dificultad de los administradores de entender y aplicar estas técnicas, así como al uso de métodos que no hacen parte de las herramientas formales, tales como la toma de decisiones basados en sentimientos personales o creencias acerca del potencial de las inversiones – Actos de Fe, Fe ciega o instinto visceral - lo cual se debe, en gran medida, al desconocimiento de estas técnicas formales o a la falta de guías para su uso (Khakasa 2009).

En la evaluación de las tecnologías de la información se encuentran múltiples elementes que interfieren en la toma de decisión. Estas interferencias van desde la definición misma de los objetivos, hasta los criterios que los evaluadores tienen, los cuales pueden ser cualitativos o cuantitativos. Diferentes objetivos de evaluación requiere la utilización de diferentes métodos de evaluación (Kaplan y Duchon, 1988).

Cuando un evaluador desea estudiar elementos que no son fácilmente determinados como entidades discretas, o requiere examinar estas entidades en contextos cambiantes, los métodos cuantitativos se quedan cortos y es ahí donde los métodos cualitativos juegan un papel fundamental y determinante en la toma de decisiones y en la aceptación del método por parte de los evaluadores. La característica principal de los métodos cualitativos, es que permiten entender el significado y el contexto de los fenómenos estudiados, de eventos particulares y de los procesos que generan estos fenómenos a través del tiempo, en términos reales, permiten entender las condiciones naturales (Kaplan y Duchon, 1988).

Según Kaplan y duchon (1988), los métodos cualitativos son importantes para los siguientes procesos:

- *"Determinar qué es lo importante a medir, ¿por qué los resultados de medida son de la forma encontrada?, o si el objeto de estudio puede no ser medido fácilmente.*
- *Entender no solo lo que pasa o lo que la gente está respondiendo acerca de algo, sino el por qué. Entender cómo piensan o sienten las personas acerca de algo y por qué lo hacen de esa forma.*
- *Investigar la influencia de contextos sociales, organizacionales y culturales en las áreas de estudio o al contario.*
- *Examinar procesos causales y no simplemente cuales son las relaciones causales existentes.*
- *Estudiar los procesos tal y como se desarrollan y emergen, y no solamente sus impactos o resultados."*

De acuerdo a Mack et al (2005), la principal fortaleza de los métodos cualitativos radica en que pueden expresar las complejas descripciones que las personas experimentan al respecto de un elemento en particular. En otras palabras, estos proveen información acerca del "lado Humano" de una problemática, que generalmente está afectada por las creencias, opiniones, emociones y la relaciones entre los individuos. Cuando son utilizados junto con los métodos cuantitativos, las investigaciones cualitativas permiten interpretar y mejorar el entendimiento acerca de una situación real compleja y de las implicaciones de la información cuantitativa.

3.1. Importancia de los factores cualitativos en el análisis de tecnologías de la información y las comunicaciones.

De acuerdo a Kaplan y Duchon (1988) existen principalmente cinco razones fundamentales que conllevan a implementar métodos cualitativos en la evaluación de sistemas y herramientas de información, estas razones son: (Kaplan y Duchon, 1988)

- Entender cómo los usuarios perciben y evalúan los sistemas y las herramientas de información, y que significado tienen estos elementos para ellos. Es fundamental conocer lo que los usuarios de los sistemas y herramientas de información consideran y conocen de cada uno de los mismos, ya que la apreciación es un factor fundamental para el éxito o el fracaso en la aceptación y apropiación de las tecnologías, y por ende del éxito o fracaso de los sistemas y herramientas de información. Los métodos cuantitativos se quedan cortos en evaluar dichos factores, por lo que las técnicas cualitativas deben ser la respuesta para solucionar dicha problemática (Kaplan y Duchon, 1988).
- Entender la influencia del contexto social y organizacional en el uso del sistema y de las herramientas de información. Las tecnologías de la información hacen parte del ambiente en que se utilicen y por ende están sujetas a consideraciones del orden social y organizacional. Kaplan y Duchon (1988) establecen que los sistemas de información dependen del contexto en que se implemente y de la

forma como estos son introducidos a estos contextos. Los métodos cualitativos son entonces muy útiles en estudiar y entender estas influencias y también para generar teorías e hipótesis probables (Kaplan y Duchon, 1988).

- Investigar procesos causales. los métodos cualitativos frecuentemente permiten al evaluador descubrir los elementos desconocidos presentes en el diseño de experimentos y estudios, así como en descubrir los procesos reales involucrados en la generación de los resultados de tales estudios, es decir, la investigación cualitativa permite adquirir explicaciones de los eventos reales y de los procesos que conducen a resultados específicos, o cuando la causalidad es multidireccional y por ende no hay un efecto o impacto claro de uno o varios factores en los resultados obtenidos (Kaplan y Duchon, 1988).
- Proveer evaluación formativa que impulsa hacia la mejora de programas en desarrollo, más que a la accesibilidad de otros ya existentes. Aunque los métodos cuantitativos y el diseño de experimentos son importantes al momento de producir resultados asociados a un estudio específico, estos no producen resultados satisfactorios en el análisis de desarrollo y uso de sistemas y herramientas de información (Kaplan y Duchon, 1988).
- Incrementar la utilización de los resultados de evaluación. Los resultados obtenidos mediante métodos cuantitativos son generalmente numéricos, los cuales sin conocer su significado y contexto, se convierten en simples datos sin valor. Los análisis cualitativos permiten incrementar la credibilidad y uso de los resultados al integrar las perspectivas y condiciones de los evaluadores, así como las herramientas propias del fenómeno analizado (Kaplan y Duchon, 1988).

3.2. Herramientas para la adquisición de información cualitativa

Existe gran número de técnicas para la adquisición de información cualitativa en cuanto a las tecnologías de la información y las comunicaciones, sin embargo, en la literatura se hace especial énfasis a cuatro técnicas, las cuales son las más implementadas dependiendo del grado de información disponible y la especificidad de la información requerida (Mack et al., 2005; Patton, 2001; Wang, 2006). Las herramientas más ampliamente utilizadas para recolectar información cualitativa con respecto a los análisis de decisión en TIC's son:

- Observación de participantes. (Mack et al., 2005)
- Entrevistas exhaustivas. (Mack et al., 2005)
- Grupos Focales. (Mack et al., 2005)
- Método Delphi. *(*Büyüközkan et al., 2004)

3.3. Selección de tecnologías de información

El proceso de selección de tecnología de información y de comunicaciones, se convierte en un problema de análisis de decisiones tanto multi-criterio como multi-personal, por lo cual este proceso hace necesario realizar un análisis de las prioridades y posiciones de los integrantes del grupo decisor y analizar sus preferencias. De esta forma es posible mejorar el proceso de análisis de decisiones (Maggie et al, 2001)

Maggie et al. (2001) establecen que el problema de la selección de tecnologías de la información no es un problema fácil, ya que es necesario involucrar un gran número de criterios, como por ejemplo, las especificaciones de requerimientos técnicos y el costo de tales tecnologías. El costo de las herramientas de tecnología no solo debe considerar el valor de compra, sino que también se debe contemplar el costo de la operación, mantenimiento, actualización y el costo de soporte de la herramienta (Maggie et al., 2001).

Con respecto a los criterios relacionados con el desempeño de la herramienta, es necesario considerar factores como fiabilidad, disponibilidad y capacidad de servicio. Los aspectos técnicos incluyen características de las herramientas, capacidad de actualización, desarrollos futuros, conformidad con estándares de tecnología, conectividad con sistemas existentes y capacidades de administración vía red. También es fundamental tener en cuenta varios factores con respecto a la calidad del fabricante, tales como tiempo de respuesta, seguridad, accesibilidad, reputación, calidad en los servicios de soporte, entre otros (Maggie et al., 2001).

La figura 14 esquematiza los diferentes criterios a tener en cuenta en la selección de herramientas de tecnología de la información, tal como ha sido explicado anteriormente.

Figura 14. Esquema de selección de TIC's. Fuente: Elaboración Propia.

En la literatura científica relacionada con la selección y evaluación de tecnologías de la información, se pueden encontrar una serie de métodos y herramientas que permiten realizar un análisis de toma de decisiones, los cuales deben analizar múltiples criterios y múltiples niveles de decisión, siendo el método AHP (Analytical Hierarchy Process) "Proceso de Análisis Jerárquico" es una de las herramientas más utilizadas para este fin, ya que es ampliamente implementado para los proceso de selección de tecnologías de la información. El método AHP es un elemento diseñado para evaluar los elementos de

análisis racional e irracional cuando las personas encargada de las tomas de decisión deben decidir sobre problemas multi-objetivo, multi-criterio y multi-objetivo, con o sin certeza acerca de una o varias alternativas (Saaty, 1990).

En el área de la selección de tecnología, se han realizado varios estudios aplicando el método AHP sobre la evaluación o el cálculo de las tecnologías, tales como: "Technological Choice in the Less Developed Countries: An Analytical Hierarchy Approach" (Ramanujam y Saaty, 1981]; "The Analytical Hierarchy Process for Choice of technologies" (Sivarama Prasad y Somasekhara, 1990); "The Prioritization of Technologies in a Research Laboratory" (Melachrinoudis y Rice, 1991); "Prioritizing Telecommunications Technologies for Long-Range R&D Planning to the Year 2006" (Suh et al, 1994); and "Justification of New Manufacturing Technology: A Strategic Approach Using the AHP" (Albayrakoglu, 1996).

Por su parte, Chopra y Meindl (2008) sugieren tener en cuenta varios elementos al momento de la toma de decisiones respecto a las tecnologías de información en la cadena de suministro. Estas recomendaciones son:

- Seleccionar un sistema de TI que tome en cuenta los factores clave del éxito de la compañía. Es necesario que los sistemas de información permitan soportar y ayudar a lograr la estrategia propuesta en la empresa y no entorpecerla.
- Dar pasos incrementales y medir el valor**.** Implementar un gran número de elementos al tiempo puede ser un desastre para la empresa; se debe realizar la implementación gradualmente, evaluando los resultados obtenidos y el paso posterior.
- Alinear el nivel de complejidad con las necesidades. Es necesario analizar el grado de complejidad que necesita la compañía para alcanzar sus metas y después asegurar que el sistema seleccionado se ajuste a ese nivel.
- Usar los sistemas de TI para apoyar la toma de decisiones y no para la toma de decisiones. Si bien las tecnologías de información facilitan la toma de decisiones, e incluso existe software que toman decisiones por si solos, la responsabilidad de las decisiones recae sobre los administradores y no sobre las respuestas de una computadora. Los sistemas de información facilitan la toma de decisiones, pero esta debe ser hecha por las personas, con base en su conocimiento.
- Pensar en el futuro. Es realmente importante que los gerentes incluyan el estado futuro de la compañía en el momento de la toma de decisiones sobre las TI a utilizar, ya que de esto depende el éxito o fracaso de la empresa en los tiempos venideros.

3.3.1. Proceso de análisis jerárquico. El método AHP

El modelo AHP fue diseñando para ayudar a las personas encargadas de la toma de decisión a incorporar tanto variables cualitativas como cuantitativas en aquellos problemas en la que las decisiones son relevantes y no cruciales. El método fue inicialmente presentado por Thomas Saaty en 1976 y desde ese momento ha evolucionado gradualmente hasta nuestros días, encontrando diversas aplicaciones en los campos de decisiones relacionadas con inversiones energéticas, marketing, proyectos, evaluación, selección de tecnología y recientemente, la resolución de conflictos (Saaty, 2005).

Los procesos de toma de decisiones, al incluir personas, se encuentran fuertemente ligada a aspectos biológicos y sicológicos de las mismas, como la percepción y los prejuicios, por tanto, dichos procesos de análisis de decisiones se ven afectados y enormemente influenciados por aquellos seres humanos que realizan el proceso de decisión.

El uso de herramientas analíticas permite reducir los problemas asociados con la interferencia de los factores humanos sobre los procesos de análisis de decisión, ya que mediante un procesamiento analítico y basado en fundamentos de programación matemática, es posible eliminar toda divergencia sobre una alternativa, la cual se generaría por la mente humana. Sin embargo, evitar la percepción humana también puede llegar a ser un factor negativo en los procesos de toma de decisión, ya que factores que no son fácilmente modelables en ecuaciones matemáticas, como la experiencia humana, son determinantes en el éxito o fracaso de un proceso de toma de decisiones. Luego, el reto de las herramientas analíticas para la toma de decisiones, deben combinar los beneficios de eliminar la característica humana de equivocarse al generar prejuicios sobre algunas alternativas y tener en cuenta algunos factores personales, como la experiencia, que notablemente mejoran dichos procesos de selección.

El método AHP es una herramienta que permite combinar estas dos características, al ser una teoría de medida relativa, sobre escalas absolutas, de los criterios tangibles e intangibles, basados en juicios de conocimientos, la experiencia de personas expertas y en medidas y estadísticas necesarias para la toma de decisiones (Hurtado y Bruno, 2005).

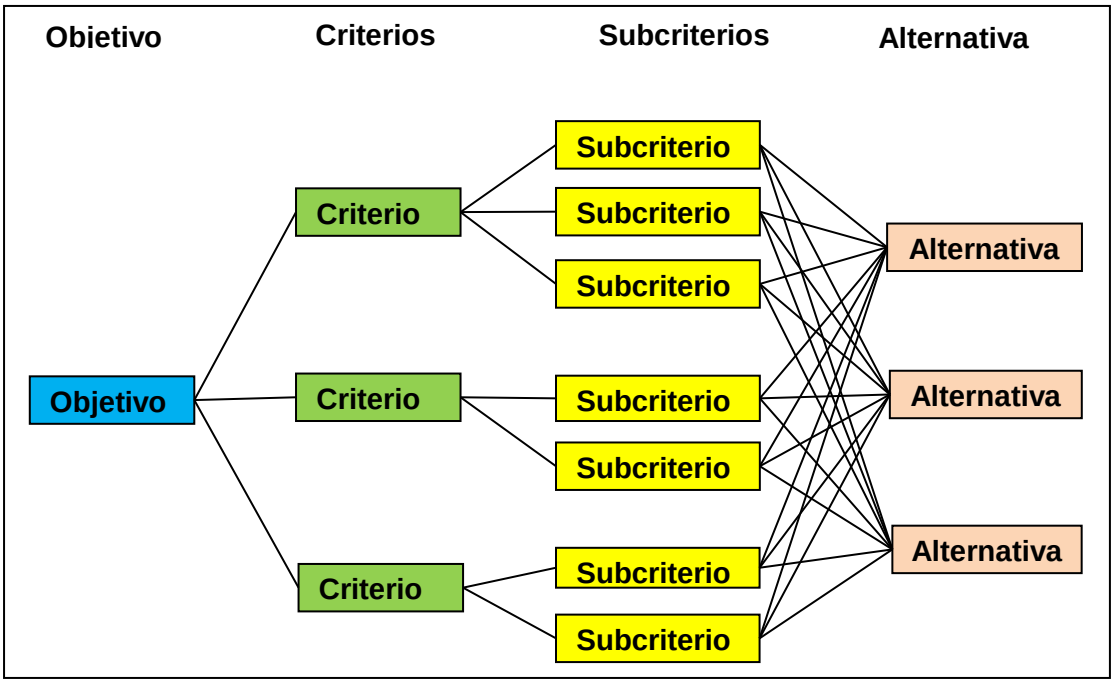
Una preocupación acerca del modelo AHP, surge de la problemática de cómo medir los criterios intangibles para la toma de decisiones. Para ello, al momento de establecer las relaciones entre varios factores y criterios intangibles, los juicios, que son usualmente representados en términos cualitativos, se hacen con expresiones numéricas mediante una escala lingüística que representa un número puntual (Saaty, 1990; Saaty, 2005). Para esto, se realiza una comparación reciproca de las combinaciones en un método científico cuidadosamente diseñado. Al final, se consigue obtener todo un conjunto de experiencias en un sistema de prioridades, lo cual permite tomar las decisiones de forma más acertada (Saaty, 2005).

El método AHP está basado en cuatro axiomas: 1. juicios recíprocos, 2. elementos homogéneos, 3. estructura dependiente jerárquica o de retroalimentación, 4. rango de orden de expectativas. En síntesis, el AHP combina escalas multidimensionales de medidas entre una única escala de prioridades unidimensional, y la decisión está determinada por un único número para la mejor respuesta o por un vector de prioridades, que proporciona un orden de diferentes respuestas posibles, para las cuales es posible establecer una como la mejor solución, dependiendo de las restricciones tangibles e intangibles (Berumen, 2007).

El método AHP realiza comparaciones pareadas entre los diferentes criterios, sin embargo, el método también provee una forma de valorar alternativas, las cual permite realizar juicios absolutos. En la figura 15 se muestra el modelo jerárquico del método AHP, de donde se observa claramente que el principal orden jerárquico corresponde al objetivo principal para la toma de decisión y el menor corresponde a las alterativas, las

cuales interactúan todas entre sí, gracias a las comparaciones relativas y absolutas permitidas en el modelo (Berumen, 2007).

Figura 15. Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el AHP. Fuente: Berumen (2007).



Según Mendoza et al, (2009), el método AHP se basa en tres principios fundamentales, los cuales son: (Mendoza, et al., 2007)

- Descomposición del problema en objetivos, criterios, reglas de decisión, y en una estructura jerárquica.
- Juicios comparativos por pares del mismo nivel jerárquico entre los objetivos y criterios, con respecto al nivel superior de la jerarquía.
- Síntesis de criterios y objetivos prioritarios. Su objetivo es la construcción de un grupo de prioridades para los elementos al nivel más bajo de la jerarquía (criterios).

Para la aplicación del método AHP, es necesario seguir 4 fases, las cuales son: (Tummala y Wan, 1994)

- Estructuración del problema de decisión.
- Medición y recolección.
- Determinación de los pesos normalizados.
- Síntesis o solución del problema.

En la figura 16 se esquematiza los pasos a seguir para la aplicación del método.

Figura 16. Fases de la implementación del método AHP. Fuente: Elaboración Propia

De forma similar a Tummala y Wan (1994), Lin y Hsu (2007) establecen que para la aplicación del método AHP, se debe seguir 4 pasos, con los cuales se soluciona el problema de decisión (Lin y Hsu, 2007).

Paso 1. Estructuración del problema de decisión.
Este paso involucra el desarrollo de una estructura jerárquica del problema, donde el número de niveles del modelo depende de la complejidad del problema de decisión. El modelo típico de la estructura es como se mostró en la figura 15, donde se tiene un objetivo principal, unos criterios, subcriterios y luego las alternativas (Lin y Hsu, 2007). El número de los subcriterios o niveles intermedios depende del problema y de las consideraciones que tengan las personas encargadas de la toma de decisiones. Sin embargo, es recomendable que el modelo se estructure de la forma más simple posible, disminuyendo al máximo el número de subniveles, con lo cual el proceso de análisis se desarrolla con mayor calidad (Lin y Hsu, 2007).

Paso 2. Crear la matriz de comparación por pares.
La matriz de relaciones por pares busca encontrar la importancia relativa entre los criterios. (Lin y Hsu, 2007). Para este fin, es utilizada una escala de nueve puntos, con la cual se busca obtener una comparación de todos los criterios de cada nivel (Lin y Hsu, 2007).

Las comparaciones son hechas de forma que los elementos de un nivel son comparados con los elementos del siguiente nivel de jerarquía, empezando desde el nivel más alto hasta el más bajo. Cuando estas comparaciones son hechas por un grupo de personas, cada miembro del mismo debe asignar su calificación. La forma de llevar estos diferentes consensos a un valor en la matriz de comparaciones se realiza mediante la selección de un valor ya sea por consenso, votación, media geométrica o modelos separados.

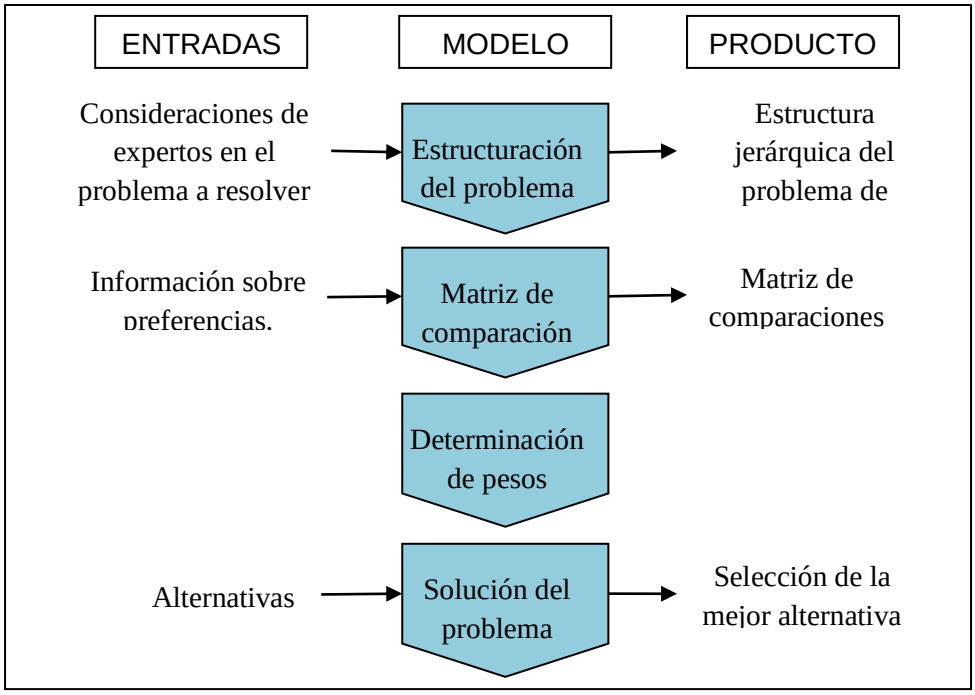
Paso 3. Determinación de los pesos normalizados
Una vez obtenida la matriz de comparaciones relativas indicada en el paso anterior, se debe normalizar la información para generar un único peso de prioridad para cada criterio. Para validar la consistencia en la fijación de las prioridades, el método AHP utiliza un índice de chequeo, conocido con el nombre de índice de consistencia (Lin y Hsu, 2007). El autor del método (Saaty, 1990) establece que este índice de consistencia no puede ser mayor de 0,1; con lo cual se asegura la consistencia en los juzgamientos de las personas que los realizan. (Lin y Hsu, 2007).

Paso 4. Síntesis de prioridades o solución del problema.
El paso final trata de sintetizar la solución del problema, de forma que se obtenga un conjunto de prioridades globales para las alternativas (Lin y Hsu, 2007). *"Las prioridades locales normalizadas de los criterios o subcriterios obtenidas en el paso anterior, son analizadas en conjunto para producir los pesos globales de los mismos, los cuales son usados para evaluar las alternativas de decisión"* (Lin y Hsu, 2007).

De acuerdo a lo anterior, el método AHP está estructurado de forma clara, pero, requiere de una fuerte interacción con el ambiente que involucra la herramienta que va a ser analizada, en el sentido de que se hace necesario obtener información de alta calidad con respecto a la estructuración jerárquica del proceso. Además, es trascendental realizar un proceso de investigación complejo para obtener los criterios con los cuales se realiza la matriz de comparación, la cual es el punto determinante con respecto a las preferencias que llevan a seleccionar una u otra alternativa. Los pasos tres y cuatro están compuestos por la manipulación matemática y por la obtención de los resultados que provienen de los pasos uno y dos, y por ende, la calidad de esta respuesta de selección está determinada por la calidad de la información obtenida en dichos pasos iniciales.

La figura 17 realiza una representación gráfica de los pasos por los cuales está compuesto el método AHP, en la cual se observan los flujos de información necesarios para una correcta aplicación del método AHP en procesos de toma de decisiones.

Figura 17. Pasos para aplicar el método AHP y flujos de información requeridos. Fuente: Elaboración propia.



3.4. Aaplicación de la lógica difusa a los problemas de análisis de decisiones

Debido a que los procesos de análisis de decisión de tecnologías de la información y las comunicaciones deben considerar variables cualitativas, y que las personas responsables e involucradas en estos procesos deben jugar un papel fundamental, determinando las necesidades que deben suplirse con dicha adquisición de tecnología, los modelos de análisis de decisión deben esforzarse por involucrar, en el mayor grado

posible, los pensamientos y apreciaciones de estas personas encargadas de la toma de decisiones.

Como se mencionó anteriormente, el método AHP permite involucrar variables cualitativas, lo cual conlleva a un nuevo interrogante: ¿cómo hacer para tratar la subjetividad de las personas que alimentan estas variables?. La respuesta a esta pregunta, en la mayoría de los casos, se resuelve con la aplicación de la lógica difusa. La teoría de números difusos permite, mediante un procedimiento matemático, utilizar un rango de respuestas en vez de un numero puntual, rango que puede ser incluido en el modelo matemático, con lo cual se asegura que la borrosidad y vaguedad asociada a las percepciones de los evaluadores, también se incluye en el proceso de análisis de decisiones (Zadeth, 1965; Tanino, 1994; Buckley, 1984 y Van Laarhoven y Pedrycz, 1983).

Dado que el objetivo central de este trabajo de grado no es realizar una revisión sobre lógica difusa y teoría de conjuntos difusos, se sugiere al lector remitirse a los trabajos realizados por Zadeth (1965), Ross (2008), Pérez y león (2007) y Arango et al. (2009), de donde pueden obtener una revisión amplia sobre este tema.

En la literatura científica relacionada con los procesos de análisis de decisión, es posible encontrar varias aplicaciones de la lógica difusa en problemas de análisis multi-criterio, que involucran la consideración de varios juicios de expertos, algunos asociado directamente a la selección de tecnologías de información y algunos no, pero ambos tipos son aplicables dado la condición del análisis (multi-criterio y multi-objetivo).

Dentro de los métodos para el análisis de decisión que involucran lógica difusa, se pueden resaltar los trabajos de:

- Bezdek et al (1978).
- Tanino (1984).
- Buckley (1985).
- Van Laarhoven y Pedrycz (1983).
- Liang y Wang (1994).
- Chang y Chen (1994).
- Chang (1996).

Bezdek et al (1978), establecen la preferencia de una alternativa sobre otra en forma de una relación reciproca difusa. En el trabajo de Bezdek et al. (1978), las preferencias individuales de varios expertos son promediadas para establecer la preferencia del grupo. Tanino (1984) discute el uso del ordenamiento de las preferencias difusas, definidas como una relación difusa binaria para satisfacer la reciprocidad y la transitividad máxima y mínima en un grupo de analistas de decisión.

Van Laarhoven y Pedrycz (1983) presentan un modelo extendido con lógica difusa del método de comparación de Saaty, en donde las opiniones de los expertos sobre la importancia relativa de múltiples criterios u objetivos son expresados como números difusos, con funciones de preferencia triangulares. Buckley (1985) también estudio el establecimiento de relaciones difusas en vez de relaciones puntuales, para establecer comparaciones entre las alternativas y los criterios de análisis jerárquicos, pero a

diferencia de Van Laarhoven y Pedrycz (1983), este utilizó números difusos con funciones de preferencia trapezoidales para tratar la vaguedad.

Liang y Wang (1994) establecen el uso de una escala lingüística previamente establecida (representada por números difusos con función de transferencia triangular), para calcular las preferencias y la importancia relativa de cada criterio. Chang y Chen (1994) establecieron un análisis muy similar al propuesto por Liang y Wang (1994) para analizar problemas de transferencia tecnológica, diferenciado en que cada persona evaluada puede entregar su propia percepción, lo que permite diferir en la escala lingüística establecida.

Por ultimo Chang (1996), basado en el modelo de Van Laarhoven y Pedrycz (1983), presenta un nuevo enfoque para trabajar el método AHP extendido con lógica difusa, utilizando igualmente números difusos triangulares e implementando la ponderación de las preferencias de los expertos para establecer las preferencias del grupo, y de esta forma alimentar el modelo AHP. Dado a que este último modelo recoge los elementos más importantes de los trabajos analizados anteriormente, y a que varios autores como Büyüközkan et al. (2004), Huang y wu (2005) y Liang y Lien (2007) han fundamentado sus análisis de decisión relacionados con tecnologías en este modelo, este será escogido para la selección de herramientas de TIC's, objeto final de este documento de trabajo de grado.

CAPITULO 4. SELECCIÓN DE TIC'S CON EL MÉTODO AHP EXTENDIDO CON LÓGICA DIFUSA

Lin y Hsu (2007) claramente establecen que la selección de herramientas de software es un proceso complejo, debido a la gran cantidad de productos disponibles en el mercado, la rápida velocidad de cambios, a mejoras en los mismos, y a múltiples y frecuentemente encontrados objetivos, que entran en conflicto en dicho proceso de selección (Lin y Hsu, 2007).

Igualmente, Lin y Hsu (2007) argumentan que la literatura encontrada con respecto a la selección de software utilizando el método AHP, se ha limitado a estudiar las aplicaciones del método en dichos procesos y no tanto a la selección misma. Sin embargo, dado el gran número de estudios al respecto, demuestran la diversidad de software que puede ser seleccionado mediante el uso de AHP (Lin y Hsu, 2007). Inclusive, ellos en su trabajo, presentan una descripción de varios pasos para la selección, donde terminan indicando como seleccionar la herramienta de software, basándose en la aplicación del método AHP (Lin y Hsu, 2007).

De acuerdo a Lin y Hsu (2007) los tipos de software, en los cuales han sido utilizado el método AHP para su selección son:

- Software para automatización de oficinas.
- Sistemas de información contable.
- Sistemas de administración de bases de datos.
- Sistemas operativos.
- Sistemas expertos.
- Software de logística.
- Sistemas de manufactura automatizada.
- Software de simulación de manufactura.
- Sistemas de administración de procesos administrativos.
- Software AHP.
- Sistemas de planificación de recursos de materiales (ERP).
- Otros.

Una de las principales razones por la cual la selección de estas herramientas de software son analizadas con el uso del método AHP, es la complejidad en los factores y criterios que deben considerarse para abordar, en buena medida, todas las características que puede tener un software, que van desde características técnicas y administrativas, hasta

múltiples alternativas. Además, en la mayoría de los casos es necesario involucrar, dentro de estas características, varias condiciones del orden cualitativo y cuantitativo, tal como se ha explicado en apartados anteriores.

Además, Lin y Hsu (2007) establecen que "*debido al hecho de que la selección de software es un importante asunto para muchas empresas, muchos estudios han establecido la preferencia sobre las jerarquías y los criterios del método AHP para la selección de software*" (Lin y Hsu, 2007).

4.1. Criterios para la selección de software

De acuerdo a Lien y Chang (2007), para la selección de sistemas de información, es necesario considerar varios factores, los cuales se encuentran agrupados en dos grandes categorías: Aspectos Administrativos y aspectos del producto (Lien y Chang, 2007).

4.1.1. Aspectos Administrativos.

Los aspectos administrativos comprenden todas aquellas apreciaciones relacionadas con las características relevantes para los administradores de la empresa, los cual hace referencia a los aspectos financieros, de ejecución, de relación con empresas proveedoras de servicios, entre otros. Por tal motivo, Lien y Chang (2007) y Liang y Lien (2007) establecen que los criterios relevantes para la selección de software con respecto a este aspecto son:

- Factor Vendedor de la herramienta.
- Factor Tiempo.
- Factor Costo.

Lien y Chang (2007) y Liang y Lien (2007) también argumentan que cada uno de estos factores se encuentran divididos en varios criterios, los cuales son relevantes con respecto al aspecto administrativo y que son decisivos al momento de la selección adecuada de una herramienta de software. Estos criterios son:

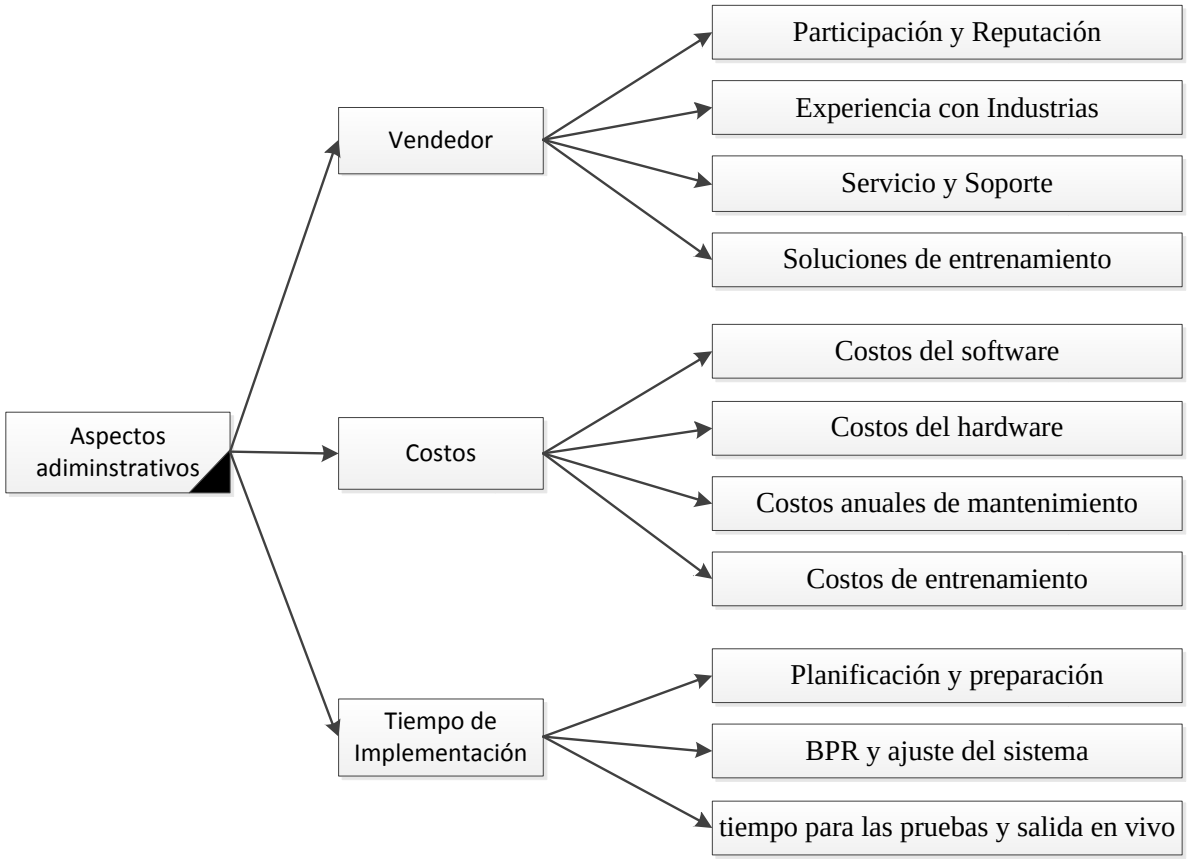
- Criterios relacionados con el vendedor: Porcentaje de participación en el mercado y reputación, experiencia con industrias, servicio, soporte y soluciones de entrenamiento.

- Criterios relacionados con el costo: Costos de la herramienta, costos del hardware, costos anuales de mantenimiento y costos de entrenamiento.

- Criterios relacionados con el tiempo: Tiempo de planificación y de preparación, tiempo para la organización de los recursos (BPR – Business Process Management) y ajuste del sistema, tiempo para las pruebas y tiempo para la salida en vivo.

En la figura 18 se hace un resumen esquemático de cómo se relaciona el aspecto administrativo con cada uno de los factores y criterios del mismo.

Figura 18. Esquema de los aspectos Administrativos. Fuente: Elaboración propia.



Sin embargo, en el caso de la adquisición de software y de herramientas de tecnología para una empresa, es fundamental analizar los criterios propios de la empresa, para lo cual es necesario realizar un estudio investigativo, que permita determinar cuáles son los factores que realmente deben ser contemplados en el aspecto administrativo. Por tal motivo, en apartados posteriores se desarrollará una herramienta de investigación que permitirá recoger esta información.

4.1.2. Aspecto del producto

Para la selección de los criterios asociados con el producto, Lien y Chang (2007) y Liang y Lien (2007), se basan en el estándar internacional ISO 9126, el cual presenta los elementos claves para la selección de herramientas de software. Este modelo establece seis (6) factores fundamentales para la selección de software con relación a la calidad del mismo (Lien y Chang, 2007; Liang y Lien, 2007).

Los seis factores establecidos en la en norma ISO 9126 son funcionalidad, confiabilidad, utilidad, eficiencia, mantenimiento y portabilidad. A continuación se realiza una breve descripción de cada factor y se mencionan los criterios que componen cada uno de estos factores.

- Funcionalidad: Es el conjunto de atributos relacionados con la existencia de un conjunto de funciones y sus propiedades específicas. Estas funciones son aquellas que satisfacen las necesidades establecidas por la compañía. Los criterios relacionados con este factor son: Pertinencia, precisión, interoperabilidad, conformidad y seguridad (Lien y Chang, 2007).

- Confiabilidad: Es el conjunto de atributos que están relacionados con la capacidad del software para mantener su nivel de desempeño bajo las condiciones o un periodo de tiempo establecido. Los criterios relacionados con este factor son: Madurez, tolerancia a errores y capacidad de recuperación (Lien y Chang, 2007).

- Utilidad: Es el conjunto de atributos que se relacionan con los esfuerzos necesitados para el uso y sobre las consideraciones para ello, los cuales son establecidos o implicados por los usuarios. Los criterios relacionados con este factor son: estabilidad, aprendizaje y operatividad (Lien y Chang, 2007).

- Eficiencia: Es el conjunto de atributos que tienen que ver con la relación entre los niveles de desempeño del software y la cantidad de recursos utilizados, en otras palabras, hace referencia al grado en el cual el software hace uso óptimo de los recursos del sistema, bajo una condición específica. Los criterios relacionados con este factor son: comportamiento de los tiempos y comportamiento de los recursos (Lien y Chang, 2007).

- Mantenencia: Es el conjunto de atributos que se relacionan con los esfuerzos necesarios para hacer las modificaciones requeridos para recuperar el software, es decir, con qué facilidad el software puede ser reparado. Los criterios relacionados con este factor son: capacidad de Análisis, capacidad de cambio, estabilidad y capacidad prueba (Lien y Chang, 2007).

- Portabilidad: Es el conjunto de atributos que se relacionan con la capacidad que tiene el software de ser transferido, desde un ambiente a otro. Los criterios relacionados con este factor son: Adaptabilidad, instalación, conformidad, sustitución (Lien y Chang, 2007).

La figura 19 muestra un esquema de estos seis factores, y asocia los criterios de cada factor, para una correcta selección de software.

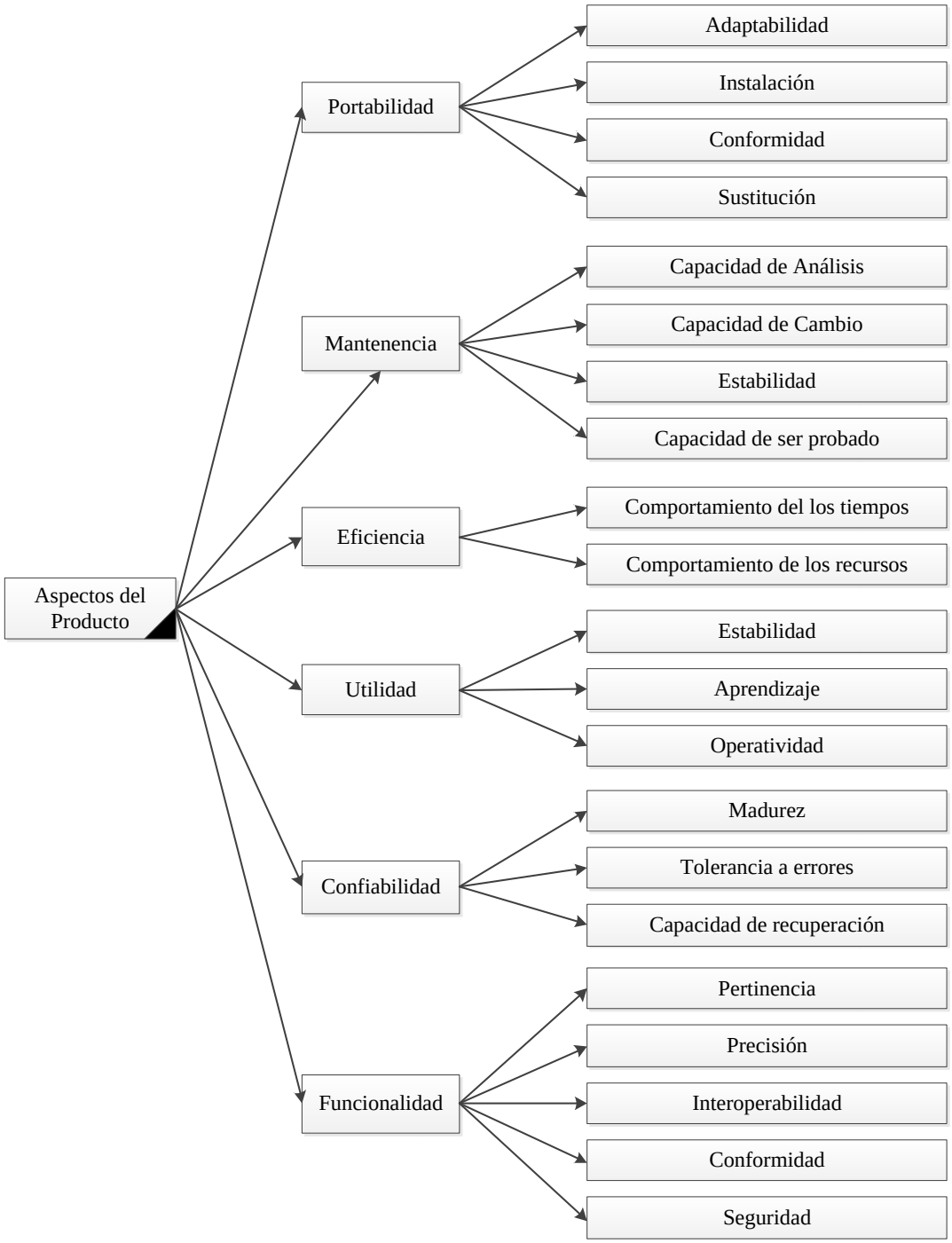
Figura 19. Esquema de los aspectos Administrativos. Fuente: Adaptado de Lien y Chang (2007).

Para producir procesos de selección de software efectivos, es necesario considerar estos factores y criterios.

De forma similar al aspecto administrativo, se debe realizar un proceso de investigación para determinar cuáles otros factores y criterios son necesarios para el proceso de selección particular en la empresa donde se realiza el análisis. Para esto, más adelante en el documento se presenta una herramienta investigativa, que permite determinar cuáles factores adicionales se deben considerar.

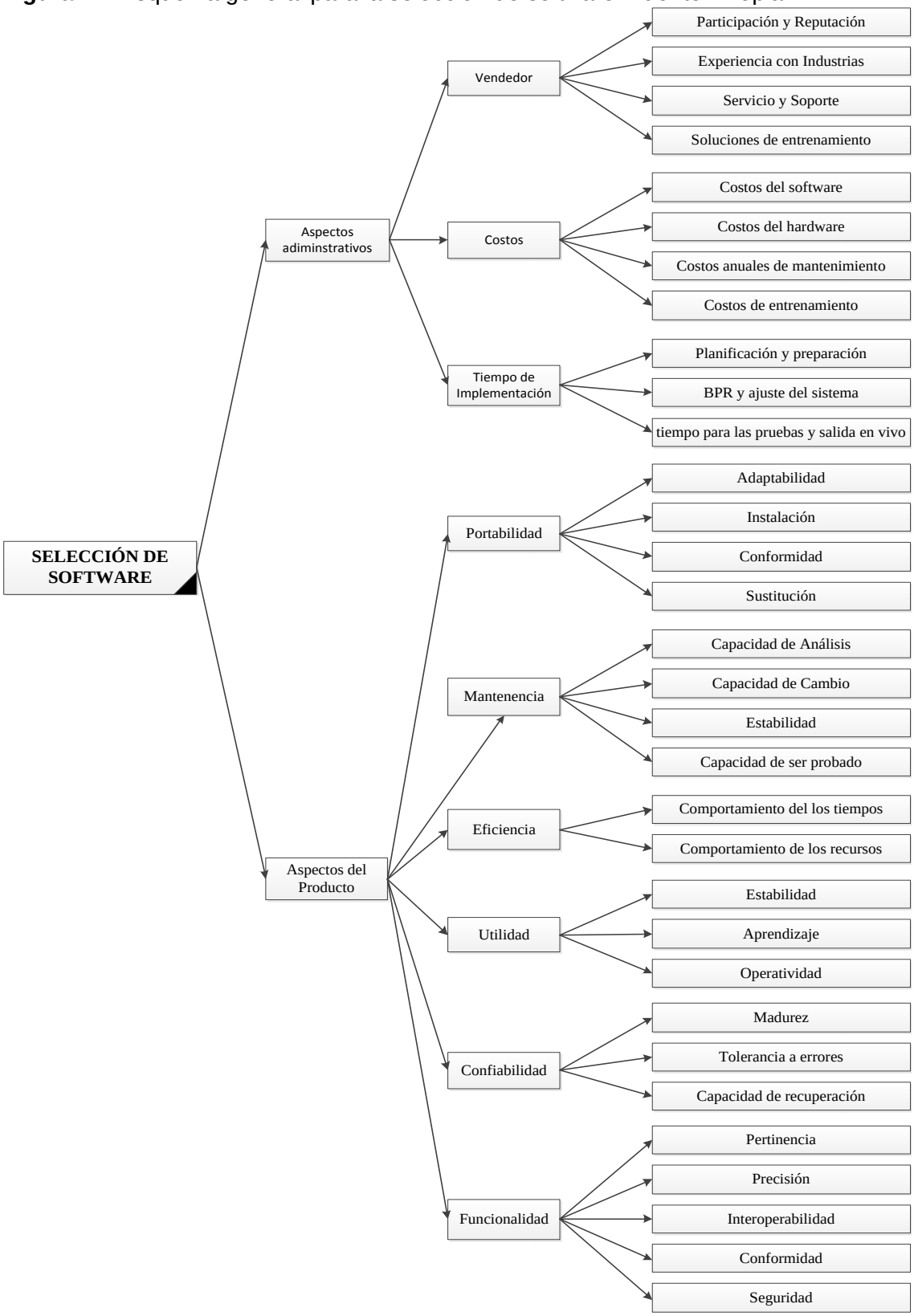
La figura 20 muestra el esquema de cómo estos factores están relacionados en el aspecto del producto.

Figura 20. Esquema de los aspectos del producto. Fuente: Elaboración propia.



En la figura 21 se muestra el esquema completo de dichos aspectos, sus factores y criterios, con los cuales se puede asegurar que los elementos más importantes en la selección de software son estudiados. De esta forma, es posible argumentar que esta evaluación cubre los elementos necesarios para un correcto proceso de selección de una herramienta de software (Lien y Chang, 2007; Liang y Lien, 2007).

Figura 21. Esquema general para la selección de software. Fuente: Propia.



4.2. Aplicación de lógica difusa al método AHP

El método AHP propuesto por Saaty en 1976, requiere que las comparaciones y las consideraciones acerca de los criterios y alternativas se representen en un número puntual, y de esta forma poder elaborar la matriz de preferencias, en las cuales se basa el método para seleccionar la mejor alternativa (Saaty, 2005 y Huang y Wu, 2005). Sin embargo, tal como lo expresa Büyüközkan et al. (2004) *"las personas encargadas de la toma de decisiones usualmente encuentran que se sienten mejor presentando sus juicios como un intervalo, en vez de dar un valor puntual y fijo. Esto se debe a que el, ella o ellos, son incapaces de explicar sus preferencias, dado a la naturaleza difusa de los procesos de comparación humana" (*Büyüközkan et al., 2004).

De forma similar, Huang y Wu, (2005) argumentan que la condición difusa de los pensamientos humanos puede ejercer cierta influencia en la respuesta de los expertos, acerca de los cuestionamientos sobre sus preferencias con respecto a los factores, criterios y alternativas, y de sus cálculos y juicios subjetivos.

Con el objetivo de poder involucrar esta condición difusa de los seres humanos, Buckley (1985) incorporó una matriz difusa en el método AHP, de tal forma que la vaguedad en las respuestas de las personas involucradas en el proceso de decisión, es contemplada en el método, acercándose más a la realidad humana y dándole mayor validez al proceso de análisis de decisión (Huang y Wu, 2005).

La aplicación de la lógica difusa al método AHP se conoce con el nombre de método AHP difuso, conocido con las siglas FAHP del Inglés Fuzzy Analitical Hierarchical Process, y es definido por Huang y Wu (2005) en tres grandes pasos.

"El primer paso contempla el uso de un numero difuso triangular para transformar las ideas de los expertos en una matriz reciproca positiva. En segundo lugar se encuentra un método de media geométrica que sopesa los valores difusos para cada opción, con la conexión jerárquica establecida, y finalmente, una función de membrecía para cada opción desarrolla el ranking de las prioridades" (Huang y Wu, 2005).

De esta forma, el método FAHP es ampliamente utilizado en la evaluación de programas de software y es aplicable a todos los procesos de análisis y toma de decisiones, ya que como lo establecen Huang y Wu (2005), *"con la ayuda de la teoría de la lógica difusa, algunos defectos encontrados en el método AHP tradicional pueden ser solucionados. Este es el caso de la aplicación de escalas limitadas para la explicación de los consideraciones de los expertos, la correlación entre atributos para la toma de decisión, la imprecisión, ambigüedad y la incertidumbre al momento de hallar los valores para las comparaciones por parte de los expertos o del grupos de expertos, si es el caso."* (Huang y Wu, 2005).

4.3. Método de análisis extendido del AHP con lógica difusa.

El método de análisis extendido del AHP con lógica difusa, fue propuesto por Chang (1992 y 1996) y debe su nombre a la extensión realizada al método propuesto por Saaty.

El modelo presentado por Chang (1996) se describe a continuación:

Sea $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots x_n\}$ un conjunto de objetos, y $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots u_n\}$ un conjunto de objetivos. De acuerdo a al método de análisis extendido (Chang, 1992), se tiene entonces cada objeto y se desarrolla el análisis extendido para cada objetivo. Por consiguiente, es posible obtener los valores del análisis extendido *m* para cada objeto, con la siguiente notación:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \ i = 1,2,3, \dots n. \qquad (1)$$

Donde todos los $M_{g_i}^j \ j = 1,2,3, \dots m.$ son números difusos triangulares.

Büyüközkan et al. (2004) resume los pasos clave del modelo extendido propuesto por Chang (1996) como:

Paso 1. El valor del *i*-ésimo objeto del análisis extendido es definido como: (Büyüközkan et al., 2004)

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j\right]^{-1} \qquad (2)$$

Para obtener $\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j$, se debe desarrollar la operación de adición de números difusos, de los valores del análisis extendido m para una matriz particular, tal que:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j\right) \qquad (3)$$

Para obtener $\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j\right]^{-1}$ se debe desarrollar la operación de adición de números difusos $M_{g_i}^j \ j = 1,2,3, \dots m.$, tal que:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right) \qquad (4)$$

La matriz inversa de la ecuación (4), se calcula como:

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) \qquad (5)$$

Paso 2. El grado de posibilidad de que $M_2 \geq M_1$ es definido como:

$$V(M_2 \geq M_1) = sup_{y \geq x}\left[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))\right] \tag{6}$$

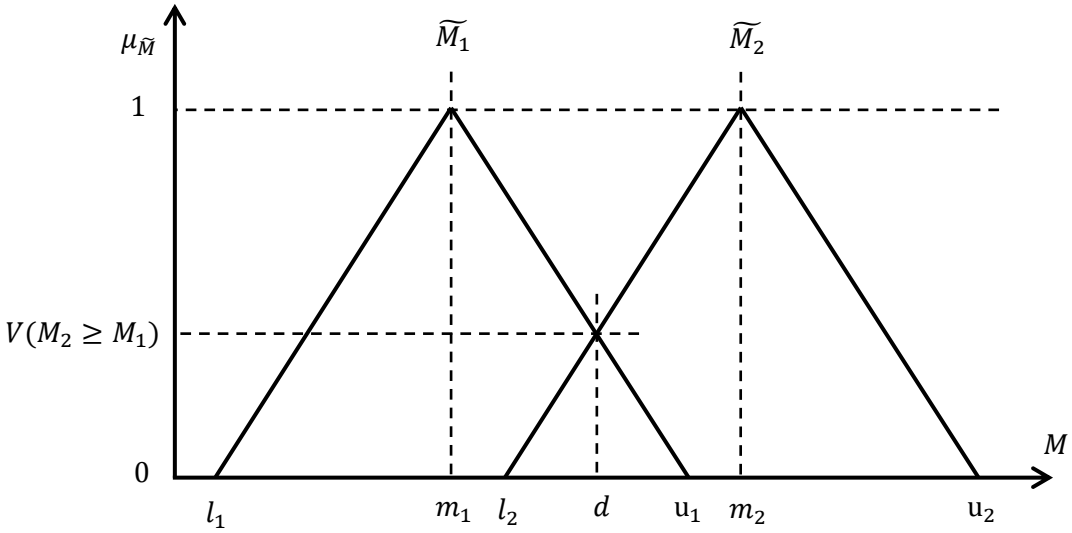
Donde existe un par (x, y) de tal forma que $y \geq x$ y $\mu_{M_1}(x) = \mu_{M_2}(y)$, luego se tiene $V(M_2 \geq M_1) = 1$.

Dado que $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ y $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ son números difusos convexos, se tiene que:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M1 \cap M2) = \mu_{M_2}(d) = f(x)$$
$$= \begin{cases} 1, & Sí\ m_2 \geq m_1 \\ 0, & Sí\ l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & de\ otra\ forma \end{cases} \tag{7}$$

Donde *d* es la ordenada del punto de intersección más alto D, ubicado entre μ_{M_1} y μ_{M_2}, tal como se muestra en la figura 22. Para comparar M_1 y M_2 es necesario conocer tanto $V(M_1 \geq M_2)$ como $V(M_2 \geq M_1)$.

Figura 22. Intersección números difusos. Intersección entre $\widetilde{M}_1$ y $\widetilde{M}_2$. (Büyüközkan et al., 2004).



Paso 3. El grado de posibilidad para que un número difuso convexo sea mayor que *k* números convexos $M_i(\ i = 1,2,3, \ldots k)$, es definido como:

$$V(M \geq M_1, M_2, \ldots, k) = V[(M \geq M_1) y\ (M \geq M_2)\ y \ldots\ y\ (M \geq M_k)]$$
$$= \min\ \ V(M \geq M_i) \quad i = 1, 2, 3, \ldots, k \tag{8}$$

Luego, al asumir que:

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \tag{9}$$

Para $k = 1, 2, 3, \dots, n;\ k \neq i$. Luego el vector de pesos está dado por:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \tag{10}$$

Donde $A_i(\ i = 1,2,3, \dots n)$ son *n* elementos.

Paso 4. Vía normalización, el vector de pesos normalizado es:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \tag{11}$$

Donde W no es un número difuso, sino un vector que contiene los pesos finales.

4.4. Números difusos y nomenclatura para la adquisición de la información.

Tal como fue mencionado anteriormente en los apartados 4.4 y 5.2, la naturaleza humana de generar incertidumbres e inseguridades al momento de asignar puntuaciones a las comparaciones, es uno de los principales problemas asociados al método AHP, lo cual puede ser solucionado con la aplicación de la lógica difusa (Büyüközkan et al., 2004; Huang y Wu, 2005; Chang, 1996).

Al momento de consultar la información a las personas encargadas del proceso de análisis de decisión, el lenguaje utilizado para desarrollar los juicios, tal como fue propuesto por Büyüközkan et al. (2004), está compuesto por una escala de 9 niveles, con los cuales pueden ser esclarecidos los pensamientos de estas personas (Büyüközkan et al., 2004). Esta escala se representa por el conjunto W, donde:

$$W = \{\text{AMEI}, \text{MFMEI}, \text{FMEI}, \text{DMEI}, \text{II}, \text{DMAI}, \text{FMAI}, \text{MFMAI}, \text{AMAI}\}$$

La nomenclatura para estas siglas es:

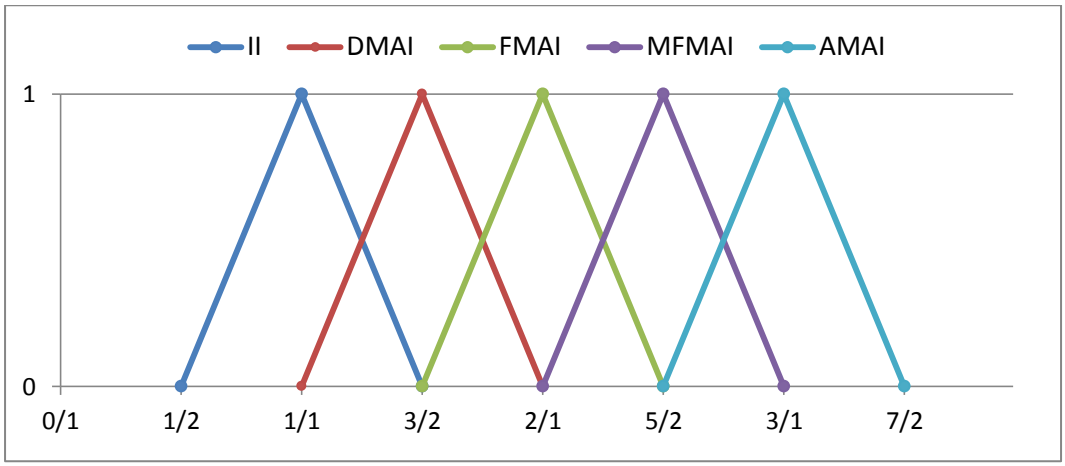
- **AMEI:** Absolutamente Menos Importante.
- **MFMEI:** Muy Fuertemente Menos Importante.
- **FMEI:** Fuertemente Menos Importante.
- **DMEI:** Débilmente Menos Importante.
- **II:** Igualmente Importante
- **DMAI:** Débilmente Más Importante
- **FMAI:** Fuertemente Más Importante
- **MFMAI:** Muy Fuertemente Más Importante.
- **AMAI:** Absolutamente Más Importante

Una vez establecida las respuestas esperadas por parte de los expertos, y conociendo la nomenclatura para los mismos, es necesario convertir estas opiniones a los números difusos que permiten estudiar la vaguedad en las respuestas con el modelo AHP. En la tabla 6 se presenta la conversión de estas respuestas a los números difusos utilizados en el modelo FAHP (Büyüközkan et al., 2004). La figura 23 muestra gráficamente estos números difusos triangulares.

Tabla 6. Escala triangular para conversión a números difusos (Büyüközkan et al., 2004).

Escala Lingüística	Escala Triangular Difusa	Escala Triangular Difusa reciproca
Justamente Igual	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Igualmente Importante	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Débilmente Mas Importante	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Fuertemente Mas Importante	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Muy Fuertemente Mas Importante	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
Absolutamente Mas Importante	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

Figura 23. Números difusos triangulares. Fuente: Elaboración propia.



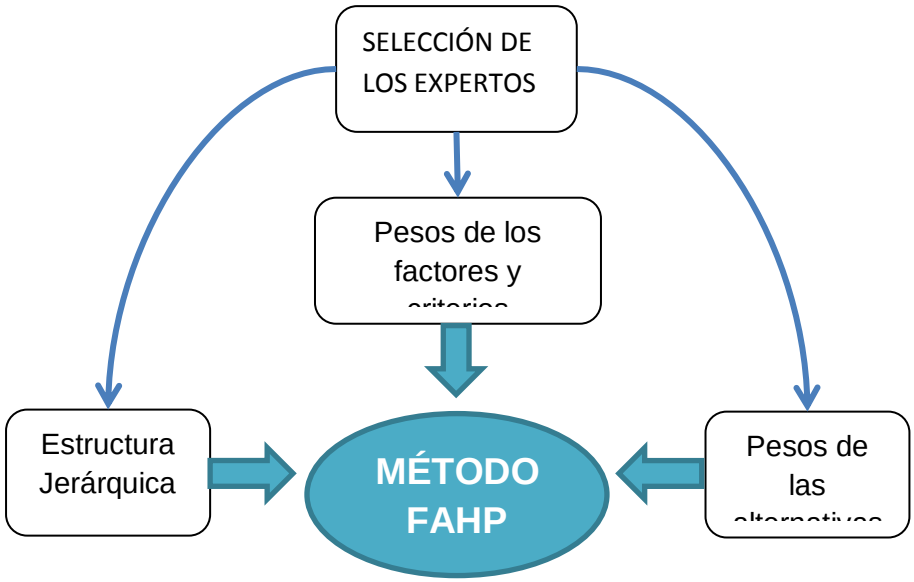
4.5. Recolección de la información para aplicar el método FAHP

Uno de los elementos más relevantes a la hora de implementar el método AHP extendido con lógica difusa, es la recolección de la información necesaria para alimentar el método y posteriormente realizar los cálculos para la selección de la mejor alternativa. De esta forma, y tal como lo expresa Saaty (1990, 2005) Büyüközkan et al. (2004) y Huang y Wu (2005) la veracidad del proceso de análisis de decisión depende de la calidad de la información que se obtenga sobre estos elementos.

Con la intención de obtener la mejor calidad de la información para el modelo, se debe hacer una selección cuidosa de los expertos que harán parte del proceso de análisis de decisión, los cuales son los encargados de establecer la estructura jerárquica personalizada para el proceso de selección especifico en la empresa donde se realiza el análisis. Estos expertos también son encargados de determinar los pesos para cada uno de los factores y criterios de la estructura jerárquica, así como los pesos para cada una de las alternativas. La figura 24 esquematiza la información que se requiere para llevar a

cabo el proceso de análisis de decisiones con el método AHP extendido con lógica difusa.

Figura 24. Información requerida para el método FAHP. Fuente: Elaboración Propia



De la figura 24 se observa claramente que el establecer la estructura jerárquica y determinar los pesos de los criterios y alternativas juegan un papel determinante en el método FAHP. Además, esta figura muestra los vínculos que existen entre los expertos y estos elementos, ya que son este grupo de personas las encargadas de arrojar sus preferencias sobre los mismos. Por tal motivo, la selección de los expertos es un elemento de gran trascendencia en la aplicación del método FAHP (Büyüközkan et al., 2004).

Para lograr obtener la mejor información a partir de las preferencias de los expertos, es necesario involucrar herramientas de investigación cualitativas que permitan obtener información de forma confiable y con la mayor calidad posible. Para ello, Büyüközkan et al. (2004) sugiere implementar el método Delphi para lograr obtener la información acerca de la estructura jerárquica propuesta por los expertos (Büyüközkan et al., 2004), mientras que para recolectar la información sobre los pesos de los factores, criterios y alternativas, se sugiere realizar un cuestionario a cada uno de los expertos, mediante el cual estos realizan cada una de las comparaciones necesarias. La diferencia en estos métodos, se debe fundamentalmente a que en el caso de la estructura jerárquica se busca obtener un consenso sobre cuál es la estructura particular que se debe utilizar, mientras que en el caso de los pesos, lo que se busca es tener la apreciación de cada uno de los expertos, con lo que se asegura que se tendrán en cuenta los diferentes juicios en el proceso de análisis de decisión, lo cual da mayor validez al método aplicado, ya que considera los puntos de vista de cada uno de los expertos tal y como estos los establecen.

En los apartados siguientes se realiza una descripción de estas herramientas de análisis cualitativo.

4.5.1. Método Delphi para la recolección de la Información alimentadora del método FAHP.

De acuerdo a Büyüközkan et al. (2004), el método Delphi permite estructurar procesos de comunicación en grupos, de forma que permite, a los individuos del mismo, estudiar y buscar soluciones a problemas complejos. Este método consiste principalmente de contribuciones individuales anónimas de conocimiento por parte de expertos, los cuales deben completar alguna herramienta para obtener información, la cual luego es presentada al coordinador central, quien se encarga a su vez de analizarla, buscando encontrar las tendencia extremas y la información más relevante entregada por los encuestados (Büyüközkan et al., 2004).

Los resultados son retroalimentados al grupo, el cual nuevamente analiza la información, ahora conociendo los pensamientos de los otros participantes, para volver a responder las preguntas hechas inicialmente, pero esta vez teniendo en cuenta la nueva perspectiva.

Según Loo (2002), el método Delphi tiene cuatro características principales:

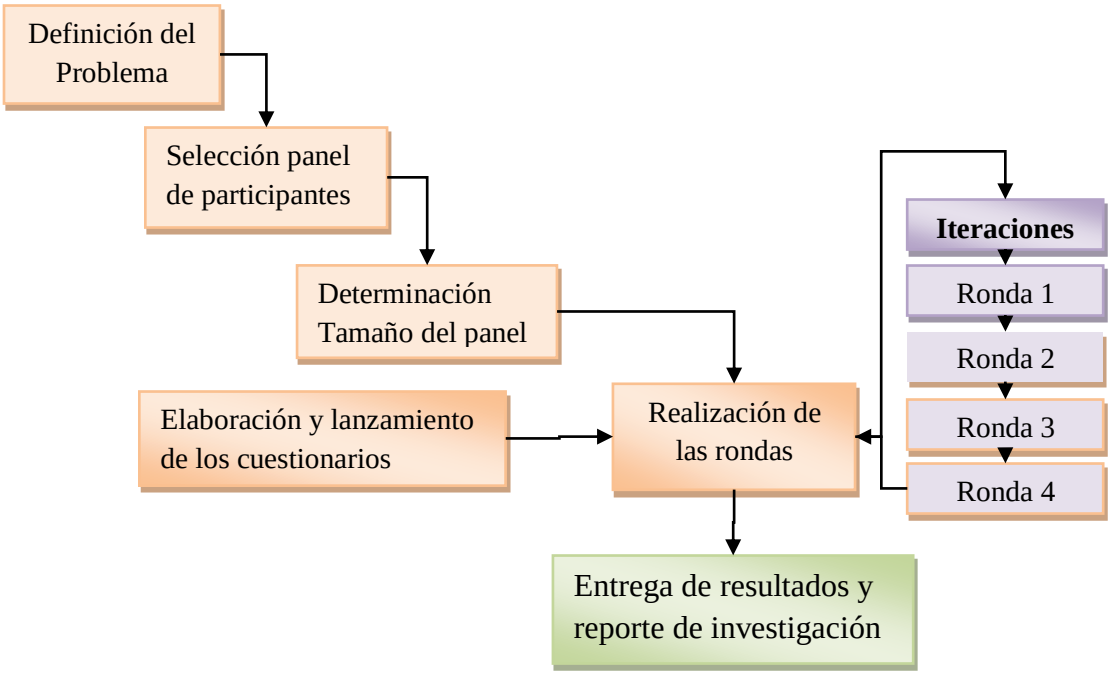
- Las pruebas consisten en un panel cuidadosamente seleccionado de expertos, representado un espectro ancho de opinión sobre los asuntos o tópicos examinados.
- Los participantes son usualmente anónimos.
- El moderador (que generalmente es el encargado del proceso de decisión), construye una serie de cuestionarios estructurados y un conjunto de reportes de retroalimentación hacia los participantes.
- El método Delphi es un proceso iterativo, en el cual frecuentemente se realizan entre tres a cuatro iteraciones o rondas de cuestionarios, con sus respectivos reportes de retroalimentación.
- El resultado de la investigación, generalmente se presenta como un reporte de investigación, el cual contiene los resultados del método, los pronósticos, políticas y opciones, con sus debilidades, y fortalezas, recomendaciones y posibles planes de acción para el desarrollo e implementación de las políticas y los programas.

Loo (2002) argumenta que para realizar una correcta aplicación del método Delphi, es necesario prestar detallada atención, en primera instancia, a la actividad de planificación y luego a la actividad de ejecución del método de forma efectiva. Este autor se centra en cuatro actividades clave relacionadas con la planificación y la ejecución del método Delphi:

- Definición del problema.
- Selección del panel de participantes.
- Determinación del tamaño del panel.
- Conducir las rondas o iteraciones del método.

La figura 25 muestra un esquema de cómo se desarrolla el método Delphi.

Figura 25. Esquema de desarrollo del método Delphi. Fuente: Elaboración Propia.



Kenis (1995), establece que "*el método Delphi ha sido exitosamente utilizado en la evaluación de sistemas técnicos y de sistemas relacionados con negocios*". Además, argumenta que este método posee una gran ventaja metodológica comparada con otras técnicas de discusión en grupo, debido al anonimato de los expertos, y a que evita la dominancia de opiniones singulares. (Kenis, 1995, tomado de Büyüközkan et al., 2004).

Una característica fundamental del método Delphi, radica en que la calidad de los resultados depende, sobre todo, del cuidado que se ponga en la elaboración del cuestionario y en la selección de los expertos consultados para obtener la información.

En concordancia con lo anterior, el anexo 1 presenta el proceso de determinación de los elementos que deben ser considerados para la evaluación de software, en donde se explica el método Delphi a aplicar en la empresa COTECMAR para obtener la información alimentadora del método FAHP.

4.5.2. Proceso para determinar los pesos de la estructura jerárquica, factores y criterios.

La determinación de los pesos por parte de los expertos sobre los factores y criterios de la estructura jerárquica, así como los pesos de las comparaciones de las alternativas, es fundamental para alimentar el método FAHP. Las preferencias sobre estos pesos deben ser determinados con la ayuda de la escala lingüística presentada en la tabla 6.

Cada experto debe presentar sus preferencias de forma individual, para lo cual cada uno será encuestado, con lo que se asegura que sus juicios no estarán afectados por aquellos de los otros expertos, y también se asegura que la percepción de cada uno de ellos será tenida en cuenta en el proceso de análisis de decisión, lo cual da mayor validez al método.

El anexo 2 presenta el proceso para determinar las preferencias de los expertos sobre la estructura jerárquica y las alternativas. En este anexo se encuentran las encuestas que deben realizarse para obtener los juicios de los expertos sobre las comparaciones de los aspectos, factores y criterios de estructura jerárquica, así como de las comparaciones de las alternativas con respecto a cada uno de estos criterios. En este anexo, también se presenta el material requerido para la recolección de dicha información.

CAPITULO 5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE TIC's

El esquema de la evaluación de las tecnologías de la información y de los sistemas de información, ha sido estudiado en la literatura desde dos grandes ópticas, la primera, corresponde a la evaluación para la selección de las herramientas a utilizar (Wang, 2006), y la segunda para la evaluación del impacto que las tecnologías han producido en las empresas que las han utilizado (Davis, 2003). La primera óptica es motivada por la importancia que tiene poder seleccionar las herramientas adecuadas en las empresas, debido a los altos costos que generalmente se asocian a este tipo de inversiones, así como la necesidad de alcanzar las metas pretendidas con dichas tecnologías (Wang, 2006), mientras que la segunda óptica se produce por la inmensa presión de los administradores de encontrar una medida de como las inversiones en sistemas de información y tecnólogas contribuyen al desempeño de la empresa, así como la forma de encontrar vías fiables que aseguren, que dichas inversiones realmente este recogiendo los beneficios buscados (Davis, 2003; Singh, 1993).

Este trabajo de grado se enfoca en la problemática de selección de herramientas de tecnología, partiendo del punto de que la necesidad en TIC's está claramente identificada. De esta forma, el estudio se centra en encontrar una metodología que permita tomar una decisión entre varias alternativas de productos previamente establecidos (hardware, software o servicio) que solucionen una problemática logística en la empresa, con la intención de seleccionar aquella alternativa que corresponda a la mejor posible, con lo cual se minimicen al máximo los malos procesos y cualquier tipo de desperdicio asociada a la actividad logística soportada por la herramienta tecnológica escogida, permitiendo de esta forma, alcanzar practicas esbeltas en las empresas.

Una vez esclarecido la finalidad de este trabajo, a continuación se realiza una revisión de las metodologías de selección integral de tecnología.

5.1. METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Wang (2006) ha analizado varias metodologías para el análisis de decisiones asociados con herramientas de tecnologías de la información, resaltando los trabajos hechos por

Gallinger (1980), Gordon y Pinches (1984), Czernik y Quint (1992), Willcocks y Lester (1994), y Hogbin y Thomas (1994) de donde argumenta que un proceso de selección de este tipo de herramientas, debe contemplar al menos 4 etapas distintas, las cuales son:

- Análisis y planeación.
- Evaluación de Costos y Beneficios.
- Selección e implementación.
- Evaluación posterior a la implementación.

Wang, (2006) establece que algunas etapas deben realizarse de forma iterativa, dependiendo de la complejidad y la naturaleza del proyecto, y por lo tanto, estas etapas pueden no ser secuenciales (Chang, 2006).

A continuación se realiza una breve descripción de las cuatro etapas para el análisis de decisión de herramientas de tecnología.

5.1.1. Análisis y planeación

La comunicación entre directivos, especialistas técnicos, personal de finanzas y usuarios finales, ayuda a identificar inconvenientes y desaciertos en las metas y en las expectativas, permitiendo reducir el riesgo intrínseco en la correcta selección de las herramientas de tecnología (Wang, 2006).

5.1.2. Evaluación de Costos y Beneficios

La mayoría de los métodos de evaluación se pueden clasificar en dos categorías, los métodos cuantitativos y los cualitativos (Wang, 2006). Los métodos de evaluación cualitativa se fundamentan en la teoría de contabilidad y básicamente se interesan por encontrar el retorno que la inversión en tecnología brindara a la compañía. Las técnicas más representativas de esta categoría son el flujo de caja descontado (DCF) y el retorno sobre la inversión (ROI) (Wang, 2006).

Sin embargo, la utilización de estas técnicas tiene el inconveniente de que los evaluadores pueden tender a direccionar el análisis por los resultados entregados en la evaluación financiera, despreciando los beneficios intangibles que estas inversiones generaran a la empresa, y por lo tanto pueden perder la visión global del impacto a largo plazo de las herramientas analizadas (Wang, 2006). Además, características como las mejoras en la calidad, la eficiencia, la flexibilidad, la productividad y las capacidades del personal, que se pueden producir con las herramientas tecnológicas, son difíciles de medir en términos de flujos de dinero, por lo tanto, la evaluación financiera se convierte en una etapa que permite sopesar el comportamiento general de la inversión, mas no el impacto total adquirido en la compañía.

De esta forma, muchas evaluaciones de los costos y beneficios no son completamente analizados, y la viabilidad de una inversión en tecnología se justifica con los beneficios entregados a las empresas, con respecto a las características mencionadas anteriormente (Wang, 2006). De acuerdo a Wang (2006), los criterios de crecimiento y expansión a futuro son características que cada vez toman más fuerza en la justificación

de inversiones de tecnología, lo cual muchas veces va en dirección contraria (o no puede ser medido directamente) a los beneficios económicos entregados a la empresa. En este sentido, Lubbe y Remenyi, (1999), Farbey et al. (1994), y Wang (2006) argumentan que no existe una única medida perfecta y universalmente aplicable, y que la evaluación de costos y beneficios es altamente dependiente del contexto.

5.1.3. Selección e implementación

Esta etapa busca seleccionar e implementar las herramientas que cumplan con los requerimientos establecidos por la compañía. La selección de la herramienta busca seleccionar la alternativa que mejor se ajuste a los objetivos estratégicos, financieros y técnicos requeridos. En este proceso, frecuentemente se utilizada la percepción de los administradores para determinar las relaciones entre los objetivos, los valores y los asuntos que involucran la selección de la mejor alternativa (Wang, 2006).

De acuerdo con Wang (2006), aun sí la selección es exitosa y la mejor alternativa es escogida, el éxito del proyecto se puede ver perjudicado por el hecho de que la herramienta seleccionada no pueda ser implementada a tiempo y con la calidad requerida, por lo tanto, los procesos de análisis de alternativas deben considerar estos dos aspectos fundamentales para la correcta adquisición y selección de herramientas de información.

De esta forma, las empresas deben desarrollar planes de acción y asignar directores de proyecto, los cuales se encarguen de vigilar y administrar todas las actividades requeridas para la implementación de la herramienta seleccionada (Wang, 2006).

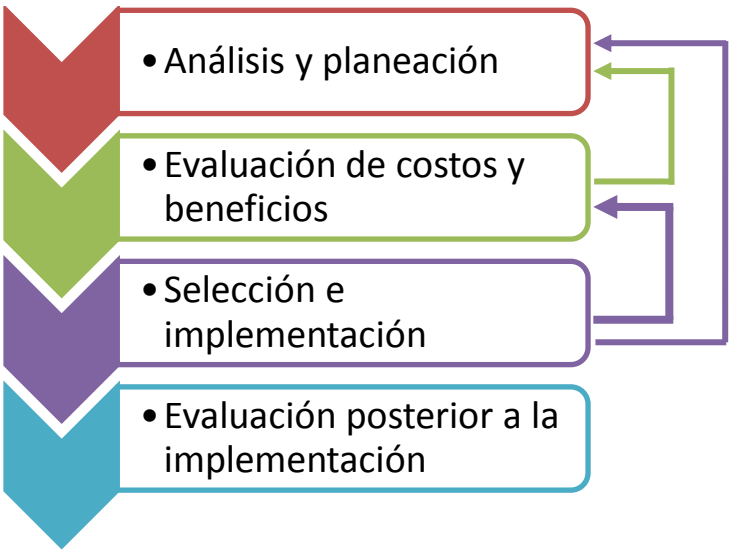
5.1.4. Evaluación posterior a la implementación

Wang (2006) argumenta que los proceso de inversión en tecnologías de la información no se detienen una vez se encuentra aplicada la herramienta seleccionada, sino que estos deben comprender actividades de revisión posteriores a la implementación (Wang, 2006). EL mismo autor establece que los beneficios de esta evaluación son básicamente dos: *"La evaluación posterior asegura que el proyecto haya logrado los objetivos planeados y que haya entregado los beneficios y la calidad previamente esperada, y segundo, esta permite el aprendizaje de la empresa"* (Wang, 2006).

Se pueden encontrar diferentes inconvenientes en el momento de la aplicación de un proceso de evaluación y selección de herramientas de tecnología. Wang (2006) menciona que este tipo de procesos fallan debido a malas estimaciones, expectativas irrealizables, mala administración, bajo control financiero y malas evaluaciones sobre los posibles problemas en la ejecución y en el proceso mismo de selección (Wang, 2006). Luego, es importante que las personas encargadas de los procesos de selección y los directores de proyecto presten suficiente atención sobre los factores antes mencionados, e intenten reducir al máximo estas posibles causas de fracaso (Wang, 2006).

En la figura 26 se esquematiza la estructura básica de una metodología de selección y evaluación de tecnologías de la información.

Figura 26. Proceso genérico para la evaluación y selección de TI. Fuente: Adaptado de Wang (2006).



Wang (2006) menciona que aunque el desempeño de una empresa puede medirse mediante el uso de informes financieros, las evaluaciones de los impactos que la adopción de tecnología produce sobre las empresas son menos claras y poco analizadas, además, generalmente existe gran incertidumbre sobre los resultados de la adopción de nuevas tecnologías (Wang, 2006).

Según Davis (2003) y Wang (2003), las técnicas para evaluar tecnologías de la información pueden dividirse en dos grandes ramas, las técnicas cuantitativas y las cualitativas.

Los métodos más utilizados para el análisis cuantitativo en la selección de herramientas de tecnología e información son los flujos de caja descontados, retorno en las inversiones y retribuciones de efectivo y sus variaciones (Davis, 2003; Wang, 2003; Irani et al. 1997). Las técnicas más populares de flujos de caja descontadas son Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Retorno de las Inversiones (ROI).

Sin embargo, ninguno de estos métodos permite involucrar elementos intangibles y cualitativos en el retorno de las inversiones de tecnología en las empresas, factores que en la mayoría de los casos son más importantes que los económicos (Wang, 2006 y Davis, 2003), por lo cual, su utilización generalmente se queda corta o simplemente no arroja ningún resultado (Davis, 2003; Wang, 2003; Irani et al., 1997). En contraposición a esto, Wang (2006) argumenta que la mayoría de los factores involucrados en los procesos de análisis de tecnologías de la información son del tipo cualitativo, además, establece que factores tales como la mejora en la calidad, es difícilmente cuantificable. Por lo mencionado anteriormente, se puede inferir que los métodos de análisis cuantitativos no son tan eficientes como aquellos del tipo cualitativo para el tipo de análisis de selección de tecnologías.

Además, los métodos cualitativos permiten involucrar aspectos relacionados con elementos y variables relacionadas con las estrategias corporativas (Wang, 2006). En

este sentido, Proctor y Canada (1992) en Wang (2006) mencionan que "*La principal ventaja de los métodos cualitativos es que la empresa depende menos de medidas económicas detalladas, y en vez de esto es posible explorar criterios de inversión que reflejan las estrategias del negocio*" (Wang, 2006).

Con respecto a los métodos de análisis cualitativos, estos tienen como finalidad evaluar el impacto y los cambios potenciales acerca de la apropiación de tecnología, y no generar una escala absoluta, como lo hacen los métodos cuantitativos. Algunos de los métodos cualitativos utilizados para la evaluación de tecnologías de información y comunicaciones son:

- Modelo de economía de información (Parker et al., 1988).
- Método de análisis de valor (Money, 1988).
- Marco de referencia de factores críticos de éxito (Rockart, 1979).
- Enfoque del árbol de decisión expandido (Clemons, 1991).
- Modelos basados en el cuadro de mando integral (Kaplan y Norton, 2001).
- Proceso de análisis jerárquico multi-atributo (Saaty, 1990).

La evaluación posterior a la implementación de las tecnologías es una herramienta importante y que debe ser considerada en todos los procesos de análisis de decisiones relacionados con la adquisición de herramientas de tecnologías de la información, ya que esta evaluación permite medir el desempeño de la inversión realizada, en cuanto a la comparación entre los objetivos esperados y los realmente alcanzados. Además, esta evaluación propicia el aprendizaje en las empresas con temas relacionados con las adquisiciones y con los mismos productos (Wang, 2006).

Un elemento muy importante al respecto del aprendizaje empresarial que puede ser obtenido con las evaluaciones posteriores a la implementación, es que la información producida no solo sirve como retroalimentación al sistema implementado, sino que también alimenta los procesos de inversión futuros en las compañías, permitiendo realizar un direccionamiento estratégico, relacionado con tecnologías, más acertado y ajustado a la realidad de las empresas (Wang, 2006). Robson (1997) menciona que el resultado más importante alrededor de las evaluaciones posteriores a la implementación es el valor del conocimiento generado en la corporación por la tecnología, el cual es más importante que el valor mismo de la herramienta aplicada.

Por último, Wang (2006) establece que en la mayoría de los casos, estas evaluaciones no son elaboradas o desarrolladas de forma formal. En aquellos casos en que estas evaluaciones son realizadas, se fundamentan más en calcular la eficiencia técnica, y no los efectos subsecuentes y los cambios organizacionales producidos por el aprendizaje de la empresa (Wang, 2006).

5.2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

La metodología de evaluación de tecnologías de la información y las comunicaciones TIC's que aquí se propone, está basada en las herramientas teóricas que han sido analizadas anteriormente, involucrando un análisis multi-criterio y multi-personal, así

como el mayor número de variables posibles y de factores necesarios para poder obtener un análisis que permita seleccionar la mejor alternativa de tecnología.

En este sentido, la metodología propuesta para la evaluación de tecnologías de la información está compuesta por 7 pasos, los cuales se esquematizan en la figura 27. La descripción de cada uno de los elementos que componen la metodología se realiza a continuación:

5.2.1. Inicio de proceso

Esta etapa comprende la identificación de una necesidad o de un proceso que puede ser mejorado a través de una tecnología de la información y las comunicaciones. Esta etapa comprende únicamente la identificación y alimenta los procesos de revisión y contextualización, los cuales son los encargados de identificar cuáles son las tecnologías de la información que realmente satisfacen los requerimientos, así como la pertinencia de las mismas en la empresa.

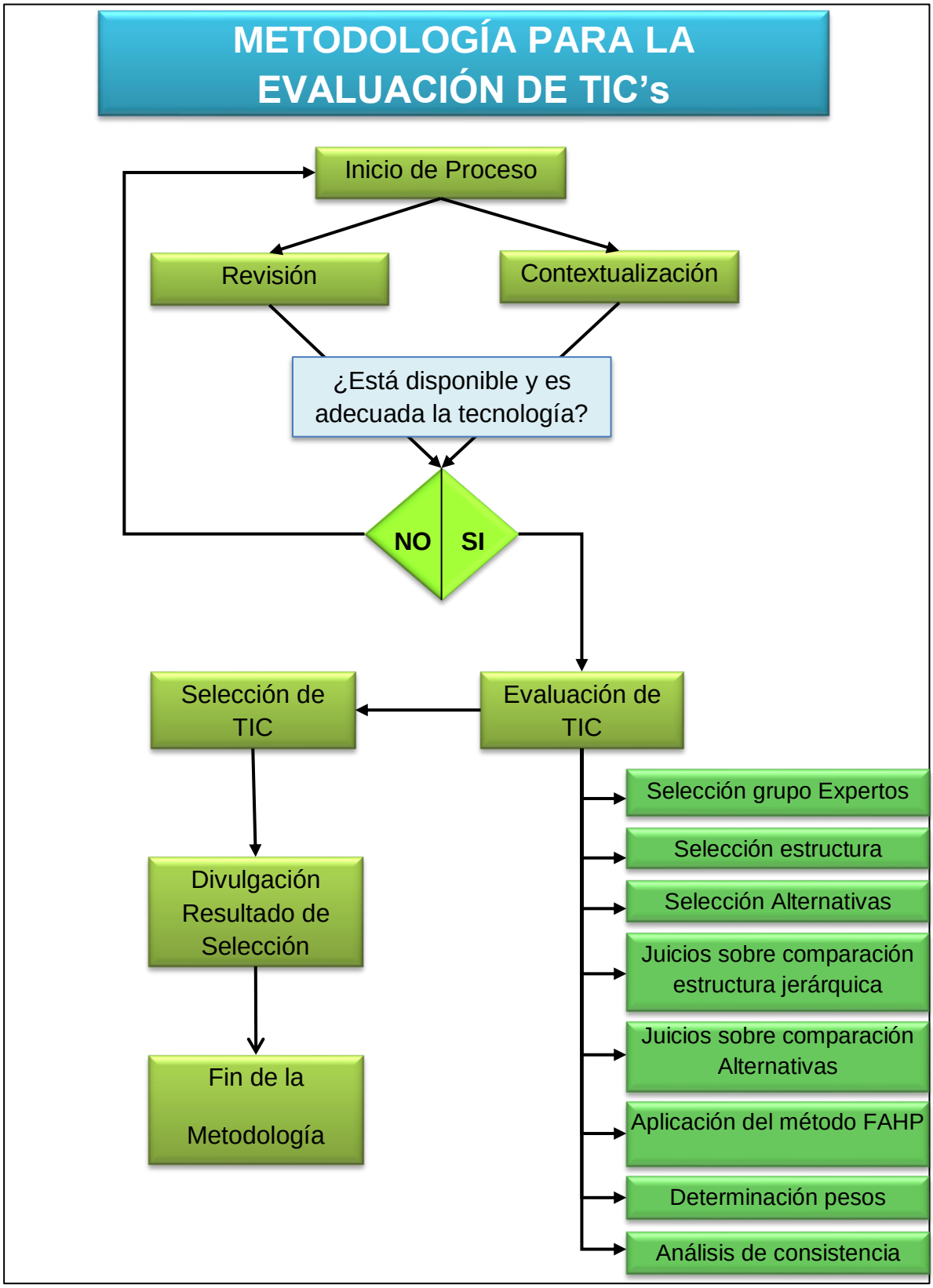
5.2.2. Revisión

Esta etapa está comprendida por la revisión exhaustiva de las tecnologías de la información que pueden satisfacer la necesidad encontrada en el paso anterior. Este proceso de revisión está comprendido por dos subprocesos:

Revisión Bibliográfica. Como su nombre lo indica, esta revisión se encarga de analizar la bibliografía comprendida en libros de logística, fuentes de internet, patentes y en revistas de investigación, con lo cual se obtiene una concepción clara de las tecnologías que permiten satisfacer las necesidades de la compañía.

Revisión de mercado. Este subproceso se encarga de analizar las tecnologías de información que están disponibles en el mercado, con el objetivo de hacer más real el proceso de revisión y eliminar la posibilidad que el proceso de evaluación se fundamente en una herramienta que no puede estar disponible para la compañía.

Figura 27. Esquema de la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia.



Sin embargo, este subproceso también permite ampliar la lista de herramientas tecnológicas que pueden dar respuesta al problema, en cuanto a la experiencia y conocimiento de las compañías oferentes de este tipo de tecnologías.

5.2.3. Contextualización

La contextualización es la etapa que permite analizar sí realmente la tecnología puede ser aplicada en la empresa, si los lenguajes y características de la tecnología son conformes a los empleados en la empresa y si realmente esta es adecuada.

De lo anterior, se puede inferir que esta etapa puede conllevar a descartar ciertas tecnologías, debido a lo que puede considerarse como "incompatibilidad" con la estructura informática o física de la compañía. Sin embargo, puede generar nuevos proceso de selección, en cuanto a que las herramientas estudiadas requieren nuevas tecnologías, como es el caso de los códigos de barras, que obligan la adquisición de los lectores para dichos estándares.

5.2.4. Proceso de decisión sobre disponibilidad y pertinencia de la tecnología

Este proceso de decisión es el encargado de seleccionar si la tecnología en estudio es la adecuada y además está disponible en el medio, con lo cual se puede continuar el proceso de evaluación. Aquí es claro que la metodología busca realizar la evaluación de herramientas que son posibles implementar y no desperdiciar esfuerzos en consideraciones hipotéticas, las cuales serán difícilmente evaluadas gracias al desconocimiento y a la condición intangible de la misma.

Si el proceso de decisión da como resultado que dicha tecnología no está disponible o no es adecuada, se abre un nuevo proceso de evaluación, volviendo a la etapa 1, con lo que se identifica nuevamente la necesidad y se buscan otras herramientas que permitan satisfacerla.

5.2.5. Evaluación de TIC

Esta etapa es la apertura a una segunda fase de la metodología, la cual se encarga de evaluar las tecnologías seleccionadas y tomar una decisión acerca de cuál herramienta o alternativa es la mejor para la empresa. Aquí se inicia el proceso de evaluación y se asignan los recursos para obtener la información relevante que alimenta la etapa de selección mediante el método AHP extendido con lógica difusa, presentado en el capítulo 5. La información relevante necesaria para la evaluación y selección de las tecnologías de la información, son las variables y factores cualitativos y cuantitativos, los conceptos de las personas expertas y directores de las áreas involucradas en la tecnología, así como otra información necesaria para el proceso del FAHP, como son los niveles de relevancia de una característica sobre otra.

A continuación se detallan los subprocesos de la etapa de selección de TIC's.

5.2.5.1. Selección del grupo de expertos

La selección del grupo de expertos, es una de las actividades más importantes en la aplicación del método AHP, ya que de esta depende el éxito del proceso de análisis de decisiones.

La selección del grupo de expertos debe ser un proceso integral y cuidadoso, en donde, de forma minuciosa se debe escoger a las personas que más conocen del tema evaluado. Es importante contar con personal que pueda verse afectado por dichas inversiones, y además, es necesario considerar personas encargadas de la estrategia de tecnología en la empresa. Esta pluralidad se debe a que la selección de TIC's debe considerar las impresiones de los actores más relevantes de toda la empresa, con lo cual se asegure que la herramienta a seleccionar realmente se ajuste a las necesidades específicas de cada área. Con lo anterior se puede establecer que los desperdicios, y todos los problemas que han dado origen a la necesidad de dicha tecnología, serán reducidos al máximo, y de esta forma, podrán soportar estrategias de logística esbelta en las compañías.

La razón básica de por qué el grupo de expertos es esencial para el método AHP, se debe a que estos son los encargados de definir la estructura jerárquica del problema, así como de realizar las comparaciones entre los criterios y factores de la estructura jerárquica, y de las comparaciones de las alternativas con respecto a cada uno de estos criterios. Por tal razón, el experto debe ser una persona que conozca del área de estudio, con respecto a la herramienta tecnológica que se vaya a evaluar.

Es posible que este grupo de expertos pueda ser dividido en dos, y encargar al primer subgrupo la decisión de la estructura jerárquica del problema, y al otro subgrupo, destinarlo para que realice las comparaciones con el fin de determinar los pesos de los criterios de la estructura jerárquica. Las comparaciones de las alternativas con respecto a estos criterios es función de este segundo grupo.

Con respecto a la definición de la estructura jerárquica, el grupo debe llegar a un consenso sobre dicha estructura, ya que esta debe ser única para todo el problema. De esta forma, se requiere que en este proceso de investigación se utilicen técnicas que conlleven a una solución final única y desarrollada por el consenso de los expertos. Para el caso de la determinación de los pesos, cuando se trata de decisiones tomadas en grupo, se utiliza el agregado de opiniones, que corresponde a la evaluación individual de los expertos, tomando el promedio geométrico de las opiniones de los mismos. Con este promedio se realiza el procesamiento matemático involucrado en el FAHP (Saaty, 1990).

5.2.5.2. Selección de la estructura jerárquica del problema

La estructura jerárquica del problema es aquella relación que existe entre el objetivo del problema de análisis de decisión (que en esta caso es la selección de una herramienta de TIC's) con los aspectos, factores, criterios y las alternativas involucradas en el proceso de análisis de decisión. La estructura generalmente es particular para cada proceso de selección, en cuanto a que ninguna empresa es idéntica a otra y a que inclusive, aunque se analice el mismo tipo de herramienta de tecnología, la necesidad especifica de la empresa puede hacer que esta estructura sea diferente.

Debido a que esta estructura debe considerar los elementos más importantes que hacen parte del problema, ésta debe seleccionarse cuidadosamente y por personal experto. Aunque la estructura este fundamentada en las apreciaciones de expertos, se debe realizar una revisión exhaustiva de los elementos que tanto académicos como industriales han considerado en procesos similares, los cuales deben ser tenidos en cuenta para ser incluidos, o no, dentro de la estructura. La finalidad de estudiar estos elementos es considerar los factores más importantes para el problema de decisión particular.

La selección de la estructura jerárquica, en el caso de herramientas de tecnologías, debe considerar los elementos presentados en el capítulo 5, donde se mencionó la importancia del estándar ISO 9126 en la selección de herramientas informáticas. Para realizar el proceso de definición de la estructura jerárquica, dado que se requiere un proceso que conlleve a un consenso, es necesario utilizar técnicas que permita llegar a ello, como es el caso de grupos focales o el método Delphi. En el capítulo 5 también se hace una descripción del método Delphi y se explica la razón del por qué este es seleccionado para este tipo de problemas.

El anexo 1 presenta el proceso para determinar la estructura jerárquica, relacionada con el problema de análisis de decisión para la selección de tecnologías de la información.

5.2.5.3. Determinación de las alternativas

Las alternativas son aquellos posibles paquetes informáticos, marca de productos, o tipo de tecnología que han sido definidos como elementos que pueden suplir las necesidades de la empresa. El método AHP y su extensión con lógica difusa, permite, mediante comparaciones de los factores de la estructura jerárquica y la ponderación de estas alternativas con respecto a cada uno de los criterios de dicha estructura, determinar cuál es la herramienta más importante (Calificada con un peso o ponderación), con respecto a los juicios de los expertos y a la estructura misma, permitiendo seleccionar la alternativa que más se ajuste a las necesidades de la empresa.

Dado que el método realiza una apreciación de las necesidades de la empresa, y con base en realiza la selección de la mejor alternativa, se puede inferir que el análisis de decisiones presentado por el método FAHP permite soportar una estrategia de logística esbelta, en cuanto que este permite considerar cuales son los elementos realmente importantes para la empresa y seleccionando la alternativa más ajustada a las necesidades de la misma, por lo que los desperdicios asociados a una mala selección de tecnología, así como aquellos que han sido identificados y tomados en cuenta por los expertos, son reducidos al máximo, característica central en la cual justamente se basa la logística esbelta. Lo anterior permite, tal como se mencionó anteriormente, inferir que este método puede soportar e inclusive impulsar una estrategia de logística esbelta para las empresas.

Para la selección de las alternativas, debe realizarse una revisión extensa y una contextualización de las mismas, lo cual se hace en el paso 6.1.1 y 6.1.2. de la presente metodología respectivamente.

Para fines de reducir la complejidad del análisis, teniendo en cuenta el alto número de factores y criterios asociados a un proceso complejo, como es el caso de selección de tecnologías de la información, se sugiere no seleccionar más de 5 alternativas, lo cual

hace engorroso los cálculos matemáticos. Por esto, la revisión y la contextualización deben hacerse de forma intensa, permitiendo seleccionar solo las alternativas más relevantes, las cuales son finalmente consideradas en el modelo FAHP.

Por último, una vez seleccionadas las alternativas, se debe realizar una socialización de las mismas, en donde se explique claramente a los expertos todas las características, beneficios e inconvenientes de cada una de las alternativas, con la finalidad de que estos generen sus juicios sobre las mismas. Para esto, se recomienda que se realice un informe y se gestione una presentación por parte de los fabricantes o proveedores de cada una de las alternativas, con lo cual los expertos puedan tener toda la información que ellos requieran para realizar sus juicios de forma correcta, asegurando la calidad de las comparaciones y por ende del proceso de análisis de decisiones.

5.2.5.4. Recolección de los juicios sobre las comparaciones de los elementos de la estructura jerárquica.

Los pesos ponderados sobre cada una de los factores y criterios de la estructura jerárquica, deben obtenerse a partir de los juicios del grupo de los expertos. Para esto, cada uno de ellos debe diligenciar todas de las matrices de comparación con la ayudad del cuestionario 2 presentado en el anexo 2.

Cada experto debe entregar sus juicios individualmente, evitando al máximo la inferencia sobre los otros. Una vez todos los expertos hayan entregado las matrices de comparación, estas son analizadas para obtener el promedio aritmético del conjunto de juicios. Este último valor es el que se alimenta al método AHP extendido con lógica difusa.

Es importante tener en cuenta que si bien el experto entregará sus juicios en forma de una escala lingüística, cada uno de estos valores corresponde a un número difuso con función de pertenencia triangular, luego, el promedio geométrico que se realiza para alimentar el método FAHP debe realizarse cumpliendo las reglas aritméticas de la teoría de los conjuntos difusos. Para el manejo de las propiedades aritméticas de los conjuntos difusos, el lector debe remitirse a los trabajos de Zadeth (1965), Ross (2008), Pérez y león (2007) y Arango et al. (2009)

5.2.5.5. *Determinación de los juicios sobre las comparaciones de las alternativas con respecto a los criterios de la estructura jerárquica.*

En esta etapa se deben realizar los mismos pasos presentados para determinar los juicios sobre los elementos de la estructura, tal como se consigna en el apartado anterior, pero justamente se deben realizar las comparaciones de las alternativas con respecto a cada uno de los criterios propuestos en la estructura jerárquica.

Igualmente, cada uno de los expertos debe entregar sus juicios individualmente y una vez todos ellos hayan entregado las matrices de comparación, estas son computadas para obtener el promedio aritmético del conjunto de juicios, y este último valor es el que se alimenta al método AHP extendido con lógica difusa.

Los expertos deben entregar sus juicios en la escala lingüística con la ayuda del cuestionario 3 presentado en el anexo 2. De la misma forma, cada uno de estos juicios

corresponde a un número difuso triangular, luego, el promedio geométrico debe realizarse cumpliendo las reglas aritméticas de la teoría de los conjuntos difusos. Para el manejo de las propiedades aritméticas de los conjuntos difusos, el lector debe remitirse a los trabajos de Zadeth (1965), Ross (2008), Pérez y león (2007) y Arango et al. (2009).

5.2.5.6. Aplicación del método FAHP

El método FAHP es el procedimiento matemático que permite determinar cuáles son las preferencias con respecto a los criterios de la estructura jerárquica, así como tomar la decisión sobre cuál es la alternativa que mejor se ajusta a las necesidades específicas de la empresa. Para esto, el evaluador debe basarse en la estructura jerárquica propuesta y en las apreciaciones de los expertos en cuanto a los juicios de comparación de los factores y criterios de estructura jerárquica y entre cada una de las alternativas con respecto a cada uno de los criterios de dicha estructura.

Una vez computados los elementos necesarios para la ejecución del modelo AHP extendido con lógica difusa, se procede a realizar el procesamiento matemático, tal como ha sido explicado en el capítulo 5.

Para tener claridad de los elementos necesarios para desarrollar el método FAHP, la tabla 7 presenta una lista de chequeo, donde se presenta además, la fuente de información con la cual se puede obtener cada elemento.

Tabla 7. Lista de chequeo de los elementos necesaria para aplicar FAHP.

Elemento	Fuente	Cumple
Estructura jerárquica completamente definida	Anexo 1	SI ☐ NO ☐
Juicios sobre las comparaciones de factores y criterios de estructura jerárquica.	Anexo 2	SI ☐ NO ☐
Juicios sobre las comparaciones de las alternativas con respecto a cada uno de los criterios de estructura jerárquica.	Anexo 2	SI ☐ NO ☐
Conocimiento de las reglas aritméticas de los conjuntos difusos.	Zadeth (1965), Ross (2008), Pérez y león (2007) y Arango et al. (2009)	SI ☐ NO ☐
Pleno conocimiento del desarrollo del método AHP.	Capítulo 5	SI ☐ NO ☐

Una vez cumplidos cada uno de los elementos de la lista de chequeo presentada en la tabla 7, se puede aplicar el método FAHP para determinar los pesos de los factores y criterios de la estructura jerárquica, así como tomar la decisión sobre cuál es la alternativa que mejor se ajusta a las necesidades específicas de la empresa, y por ende, del problema de análisis de decisión.

6.2.5.7. Determinación de los pesos.

Una vez realizados los cálculos matemáticos involucrados en el método AHP, es posible determinar los pesos ponderados de los factores y criterios de la estructura jerárquica del problema de análisis de decisión. Con esta información, el evaluador puede conocer cuáles son los criterios, factores y aspectos que más peso tienen sobre el problema de decisión de selección de una herramienta de tecnología de información y las comunicaciones TIC's.

Con ayuda de estos pesos, y considerando las ponderaciones de las alternativas con respecto a cada criterio, es posible determinar cuál es la opción (alternativa) que mayor peso tiene con respecto al objetivo del problema de selección de la herramienta. De esta forma, la herramienta de TIC's que debe ser seleccionada para la empresa, es aquella que corresponda a la alternativa con el mayor peso ponderado.

6.2.5.8. Evaluación de las razones de consistencia.

Con el objetivo de validar los juicios presentados por los expertos en las matrices de comparación, tal como fue presentado en apartado 5.6.1.4 y 5.6.1.5, es necesario calcular la razón de consistencia de los mismos, la cual mide la desviación que existe entre los juicios a_{ij} con respecto al cociente estimado entre las prioridades en i y j, w_i/w_j (Saaty, 1990).

Saaty (1990) establece que si la consistencia es aceptable, se puede continuar con el método y deducir a partir de este, de lo contrario es imposible tomar alguna decisión al respecto. En caso de que alguna matriz de comparación presente inconsistencia, debe reconsiderarse los juicios de los expertos con respecto a tales comparaciones, de forma que se pueda continuar con el análisis (Saaty, 1990).

El índice de consistencia para las matrices de comparación se calcula de la siguiente forma, tal como es explicado por Hurtado y Bruno (2005).

Se dice que la matriz de comparación A es consistente si y sólo si (Hurtado y Bruno 2005),

$$A \cdot W = n \cdot W \qquad (12)$$

Donde W es un vector columna de pesos relativos w_i (j = 1, 2, …, n) y se aproxima con el promedio de los n elementos del renglón en la matriz normalizada. Haciendo W el estimado calculado, se puede mostrar que: (Hurtado y Bruno 2005)

$$A \cdot W = n_{max} \cdot W \qquad (13)$$

Donde $n_{max} \geq n$. En este caso, entre más cercana sea n_{max} a *n*, más consistente será la matriz de comparación A. Como resultado, el AHP calcula la razón de consistencia (RC) como el cociente entre el índice de consistencia de A y el índice de consistencia aleatorio IA (Hurtado y Bruno 2005).

$$RC = \frac{IC}{IA} \qquad (14)$$

Donde IC es el índice de consistencia de A y se calcula como sigue: (Hurtado y Bruno 2005)

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n-1} \qquad (15)$$

El valor de n_{max} se calcula de la siguiente forma: (Hurtado y Bruno 2005)

$$\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\overline{w}_j\right) = n_{max}\sum_{i=1}^{n}\overline{w}_j \qquad (16)$$

De esta forma, el valor de n_{max} se determina al calcular primero el vector columna A y después sumando sus elementos. IA es el índice de consistencia aleatoria de A, el cual es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria. El IA depende del número de elementos que se comparan, y asume los valores presentados en la tabla 8 (Hurtado y Bruno 2005).

Tabla 8. Índice aleatorio para el análisis de consistencia.

N° de elementos comparados (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio de consistencia (IA)	0	0,58	0,89	1,11	1,24	1,32	1,40	1,45	1,49

La consistencia de la matriz de comparaciones se mide de la siguiente forma: (Saaty, 1990 y Hurtado y Bruno 2005)

$RC \leq 0{,}10$ Consistencia razonable.
$RC > 0{,}10$ Inconsistencia.

Para el caso del uso de números difusos, en donde no se trabaja con un numero puntual, sino con un rango (espectro) de valores que representan cada juicio de los expertos, la desviación de n_{max} y *n* presenta un valor mayor, indicando una falsa inconsistencia. Por lo anterior, para evaluar la consistencia de las matrices en el método FAHP, se debe utilizar la mediana (o promedio) del número triangular difuso, para construir la matriz A y calcular los elementos necesarios para validar la consistencia de las matrices.

Es importante anotar que con el uso del número promedio para calcular la consistencia, se realiza la validación de la linealidad y consistencia de los juicios para dar validez al método AHP, sin afectar el resultado final de análisis de decisión mediante el método AHP extendido con lógica difusa.

5.2.6. Selección de TIC

Basado en la información entregada por el método AHP, luego de analizar dicho resultado y de realizar el proceso de validación de consistencia del método, finalmente se

toma la decisión sobre la herramienta de tecnología que se debe escoger. Tal como se mencionó en el apartado 6.2.5.7, la alternativa a seleccionar, como resultado del proceso de análisis de decisión basado en el método AHP extendido con lógica difusa, es aquella que mayor peso ponderado adquiera al final del proceso.

5.2.7. Divulgación del proceso de selección

Esta etapa busca dar a conocer los resultados obtenidos del proceso de selección a todas las partes que intervinieron en dicho proceso (evaluadores, gerentes y personal), de tal forma que estos estén enterados sobre la herramienta seleccionada y el método utilizado para ello.

CAPITULO 6. DESCRIPCIÓN DE LA CORPORACIÓN EN LA CUAL SE DESARROLLA Y APLICA LA METODOLOGÍA PROPUESTA

Como se mencionó al inicio, objetivo general de este trabajo de grado es el desarrollo de una metodología para la caracterización y evaluación de Tecnologías de la Información y las comunicaciones TIC's, que permita el desarrollo de una estrategia de logística esbelta para la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial - COTECMAR. En este capítulo se realiza una descripción de la corporación y se realiza la caracterización de las tecnologías de la Información utilizadas en la misma, cumpliendo con los pasos 6.2. y 6.2.3 de la metodología propuesta en el capítulo 6.

6.1. Descripción de la corporación

La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial – COTECMAR – es una Corporación de participación mixta sin ánimo de lucro, orientada al diseño, construcción, mantenimiento y reparación de buques y artefactos navales. El modelo de COTECMAR es innovador, ya que en él converge el Estado, la academia, y la industria. Los socios de la corporación son el Ministerio de Defensa Nacional a través de la Armada Nacional, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Norte de Barranquilla y la Universidad Tecnológica de Bolívar (Cotecmar.com).

La historia de COTECMAR inicio a mediados de 1998, cuando la Armada Nacional lideró una iniciativa para recuperar y modernizar las instalaciones del antiguo astillero Conastil, apropiando los recursos necesarios para dar vida a la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial, COTECMAR, en asocio con la Universidad Nacional de Colombia, la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y la Universidad Tecnológica de Bolívar; las cuales suscribieron el 21 de julio, el acta de constitución, con el propósito de adelantar actividades científicas y técnicas, proyectos de investigación y creación de tecnologías para contribuir al crecimiento de la industria astillero en el país, propiciando un desarrollo sostenido de la Industria Naval colombiana, la Marina Mercante y las Flotas Pesqueras nacionales y extranjeras. En el año 2000 se dio inicio a las operaciones de la Corporación (Cotecmar.com).

COTECMAR es una corporación sin ánimo de lucro que invierte los excedentes financieros de sus actividades industriales y comerciales en proyectos de ciencia y tecnología para el desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial de Colombia. Para ello cuenta con la Dirección de Ciencia y Tecnología que lidera todos los proyectos de investigación y desarrollo que emprende, integrando los esfuerzos de cada uno de los socios de la corporación.

Actualmente se están desarrollando los proyectos de Investigación y Desarrollo para el manejo integral de la corrosión marina; programa de investigación y desarrollo da materiales para la construcción naval, y el programa de investigación y desarrollo de diseño e ingeniería naval, financiados con recursos provenientes de sus socios, Colciencias, y otras entidades conscientes del potencial de la corporación y del futuro del país (Cotecmar.com).

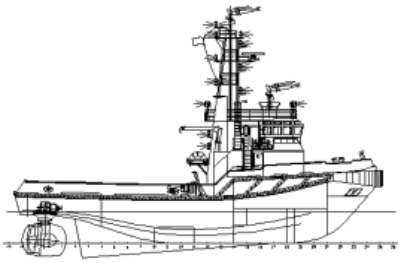
COTECMAR ofrece los servicios de diseño, construcción, reparación y mantenimiento de buques y artefactos navales, así como consultoría y/o asesora en el diseño y la construcción de estos tipos de buques y artefactos. Relacionado con el mantenimiento y reparación, COTECMAR está especializada en trabajos de soldadura y metalmecánica en general y en el funcionamiento de talleres de motores y de electricidad (Cotecmar.com).

Las líneas de diseño y de construcción incluye la consultoría en diseño, construcción de buques y artefactos navales, y el diseño y construcción de barcos en poliéster reforzado con vidrio (GRP). Un ejemplo de esto se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Construcción y diseño de embarcaciones en COTECMAR.

Nombre	Función	Fotografía
Remolcador Bahía	Bote para la maniobra de embarcaciones cerca de la bahía, el cual jala o empuja los barcos.	
Lancha Interceptora Tipo ORCA	Lancha rápida de polyester reforzado con fibra de vidrio para el movimiento a gran velocidad en operaciones marítimas y fluviales.	
Nodrizas Fluviales	Plataforma móvil blindada especial, con capacidad de Inteligencia Técnica, para el soporte de operaciones de asalto, seguridad y control en los ríos Colombianos.	

Tabla 9 (cont.). Construcción y diseño de embarcaciones en COTECMAR.

Buque Balizador	El objetivo es el posicionamiento y mantenimiento de boyas	
Remolcador Propulsión ASD - 55.1	Este barco remolcador está especialmente diseñado para realizar maniobras en aguas profundas. .	

La reparación y el mantenimiento de buques y barcos de guerra es un proceso certificado bajo norma de calidad ISO 9001:2000 otorgado por Lloyd's Register Quality Assurance. Estas operaciones incluyen las siguientes actividades.

- Maniobra de subida y bajada de embarcaciones.
- Pintura y recubrimientos.
- Medición de espesores por ultrasonido.
- Remoción y cambio de aceros.
- Remoción e instalación de tuberías.
- Mantenimiento y reparación de la línea de propulsión de paso fijo y paso variable.
- Mantenimiento y reparación de válvulas de fondo.
- Mecanizado de piezas.
- Pruebas neumáticas e hidrostáticas.
- Estudios de protección catódica.
- Balanceo estático y dinámico de hélices.
- Servicio de Muelles.
- Ensayos no destructivos.

La reparación y el mantenimiento de buques y barcos, puede realizarse tanto para buques pequeños, como para grandes y con fines industriales o militares.

Como se señaló anteriormente, la corporación ofrece otros servicios no relacionados con la construcción, diseño, mantenimiento o reparación de barcos o buques. Estas operaciones se clasifican en cuatro campos principales:

- Consultoría y asesoría.
- Trabajos de metalmecánica y soldadura en general.
- Taller de motores DETROIT DIESEL.
- Taller de servicio autorizado de motores SIEMENS.

Las instalaciones de COTECMAR incluyen dos astilleros ubicados en Cartagena Colombia, el primer y más grande, es el astillero de Mamonal, que tiene una posición estratégica, situado en la bahía de Cartagena, a 180 km del Canal de Panamá. Este astillero cuenta con 17 hectáreas. Posee un sistema de elevación sincronizada, con capacidad de levantamiento de 3600 toneladas, siete posiciones de atraque en seco y sus correspondientes talleres de apoyo en mecánica, soldadura, chorro de arena y zonas de recubrimiento (Cotecmar.com).

El segundo es el astillero de Bocagrande, el cual cuenta con un sistema de levante tipo SLIP, con capacidad de atender embarcaciones hasta de 1200 toneladas. Cuenta con una rampa de 8 carros para levante longitudinal de 300 toneladas con 250 metros de muelles no continuos laterales para reparaciones a flote, con servicios de tierra y equipo rodante para el manejo de carga de 100 toneladas. Rampa independiente de capacidad de 300 toneladas. Cuenta con 2 posiciones de varada, talleres especializados de apoyo en mecánica, Pailería, soldadura, hidro-arenado y pintura.

Los servicios ofrecidos en cada astillero se reporta en la tabla 10, y en la figura 28 se muestra una vista aérea de dichas instalaciones

Tabla 10. Servicios ofrecidos en COTECMAR.

Astillero	Operaciones
Astillero Mamonal	Diseño y construcción de buques y artefactos navales
	Consulta en diseño y construcción de artefactos navales y buques.
	Diseño y construcción de barcos de poliéster reforzado con vidrio (GRP).
	Reparación y mantenimiento de los artefactos navales y buques
	Consulta y evaluación
Astillero Bocagrande	Reparación y mantenimiento de buques y artefactos navales.
	Consulta y evaluación
	Taller de motores DETROIT DIESEL
	taller de electricidad SIEMENS

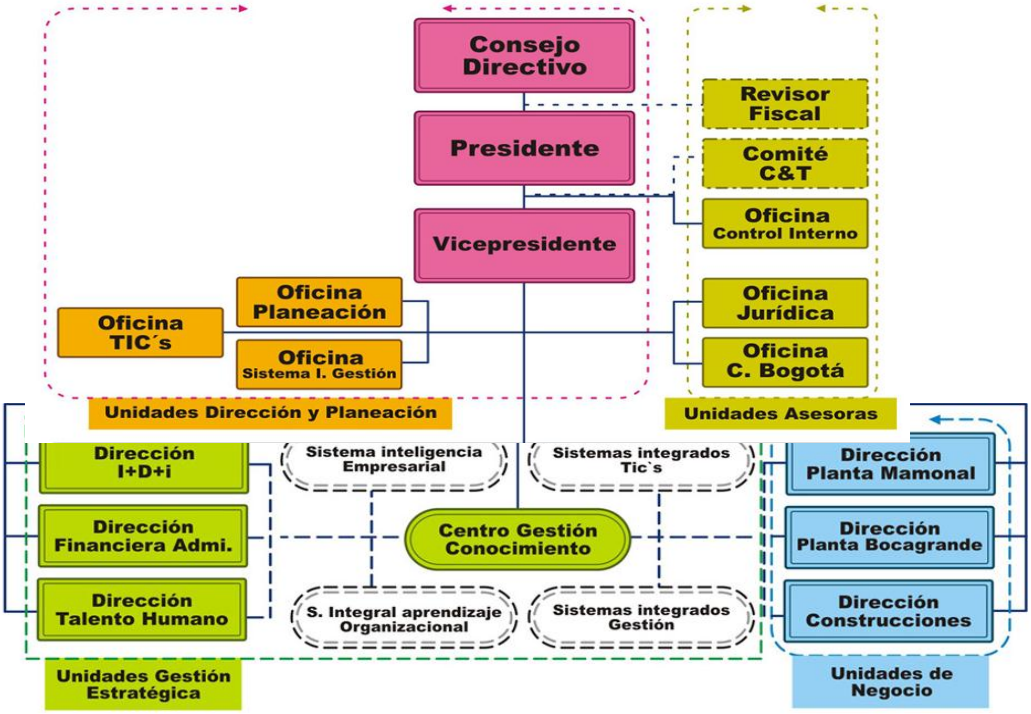
Figura 28. Astilleros COTECMAR. Fuente: Cotecmar.com

A) Mamonal B) Bocagrande

6.1.1. Organigrama de COTECMAR

La estructura organizacional de COTECMAR cuenta con varias unidades de gestión y tres unidades de negocio; toda su capacidad e infraestructura se orienta a construir conocimiento generado a través de la investigación, el desarrollo y la innovación. Como Corporación de ciencia y tecnología, desarrolla actividades orientadas a crear y desarrollar intangibles de alto valor (Cotecmar.com). La figura 29 muestra el organigrama de la Corporación.

Figura 29. Organigrama de COTECMAR. Fuente: Cotecmar.com



6.2. TIC'S asociadas a logística utilizadas en astilleros a nivel mundial

La industria astillero es un negocio en el cual las plantas productivas (Astilleros) varían a corto tiempo, dependiendo del proyecto de reparación y/o construcción que se desarrolle, por lo cual las condiciones normales y los hábitos de planificación y control son también variables (Bruce y Evans, 2006).

De acuerdo a Bruce y Evans (2006), es fundamental que estos negocios puedan capturar y acceder a la información para ejecutar una administración exitosa de los contratos de reparación y construcción de buques. Bruce y Evans (2006) estudian los beneficios de utilizar sistemas informáticos de administración, así como los obstáculos de obtener estos beneficios. Los mismos autores, argumentan la importancia de involucrar sistemas de información que permitan elaborar planes de construcción y reparación de barcos, y

resaltan la importancia de incluir herramientas que faciliten la recolección rápida de la información y la transferencia efectiva de la misma (Bruce y Evans, 2006).

Además, es fundamental contar con sistemas contables que permitan calcular los costos de las operaciones y tener reportes a largo plazo (Bruce y Evans, 2006). Para Bruce y Evans (2006) las necesidades que deben ser manejadas mediante la aplicación de sistemas de información en un astillero son:

- Marketing.
- Administración de la base de datos de los clientes.
- Administración de investigaciones.
- Estimados de desempeños Hombre-Horas.
- Gestión de los contratos.
- Desarrollo de planes de ejecución de actividades.
- Monitoreo del progreso de los contratos.
- Control de las operaciones.
- Facturación.
- Actualización y accesibilidad a la información.
- Nómina.
- Compras.
- Administración de ítems necesarios a corto y a largo plazo.
- Administración de la base central de datos.

Brewton y Steller (2003) analizaron la forma como están estructurados los astilleros estadounidenses, considerando la importancia que tienen las tecnologías de la información y las comunicaciones en esta industria. Inicialmente, ellos mencionan las deficiencias encontradas en la aplicación de sistemas de información, al considerar estos sistemas como "Sub-óptimos" en la forma como la información es administrada y manejada entre las áreas directivo-estratégicas y las áreas tácticas de los astilleros. Según los autores *"el patrón imperfecto de las comunicaciones se manifiesta por si solo a través de los procesos de diseño y construcción como:* (Brewton y Steller, 2003)

- *Diseños que de alguna forma no parecen nunca terminar.*
- *Materiales que nunca están a tiempo para soportar las construcciones.*
- *Relaciones adversas con los clientes.*
- *Inhabilidad de la parte administrativa para entender el punto en que se encuentra un barco o programa, y que direccionamiento debe darse.*
- *Pobre desempeño en la planificación y presupuesto, sea a nivel de centro de trabajo, departamento o empresarial."*

Brewton y Stellar (2003) resaltan la falta de actividades y procesos que continuamente se preocupen por el presupuesto gastado y necesario para su ejecución. Este concepto denominado "Dollar-Aware" - Preocupación por dólar gastado- sugiere que todas las personas del astillero se preocupen por cada dólar gastado, para eliminar el despilfarro de dinero. Este concepto es poco utilizado en los astilleros estadounidenses, y lo atribuyen fundamentalmente a dos causas: (Brewton y Stellar, 2003).

- *"Inhabilidad de los sistemas de los astilleros (tanto manuales como computarizados) de entregar información relevante, a tiempo y precisa, y*

- *La creencia de que no se necesitan supervisores, ingenieros, etc, que estén preocupados por los costos, lo único que se quiere es que hagan su trabajo".*

En la revisión hecha por Brewton y Stellar (2003) sobre los sistemas de información en astilleros Estadounidenses, se aprecia que:

- Existe la implementación de uno o dos sistemas CAD utilizados para el diseño de la arquitectura naval y conceptual.
- Se encuentra un sistema de dibujo separado para generar información sobre la producción.
- Se encuentra un sistema de compras que puede, o no, estar ajustado a los procesos del astillero.
- Se encuentra un sistema contable que puede, o no, estar ajustado a los procesos del astillero.
- Existen sistemas de tiempo o asistencia a las operaciones.
- Existen sistemas para el almacenamiento o para la administración de materiales.

Según Brewton y Stellar (2003) muchos astilleros han sido exitosos utilizando herramientas Middle-ware (inclusive desarrollados en las empresas – In House Systems) para forzar la integración de los mismos, pero argumentan que pocos de estos esfuerzos han sido el producto de acoplar las estrategias de información con la estrategia del negocio, y en vez de esto, estas herramientas han buscado alcanzar asuntos específicamente tácticos y/o técnicos de áreas particulares del astillero (Brewton y Stellar, 2003).

Según Rainer y Turban (2008), algunos astilleros como Todd Pacific han invertido grandes cantidades de dinero en adquirir asistentes digitales personales (PDA's), redes inalámbricas y aplicaciones apropiadas para sus operaciones. Tal él es caso de la trazabilidad en tiempo real, con lo cual se puede ubicar y grabar los tiempos empleados por los trabajadores en cada trabajo asignado.

De esta forma, una vez el empleado llega al lugar de trabajo, donde está colocado un PDA, con ayuda de su tarjeta de identificación que contiene un código de barras, y mediante un lector; en el momento en que el trabajador inicie la actividad, esta queda reportada en el dispositivo, el cual inmediatamente envía dicha información, vía inalámbrica al servidor central para actualizar las bases de datos de nómina, pagos contables, grabaciones de administración de proyectos, reportando el nombre de los empleados, tiempos de llegada y salida, y los proyectos en los cuales ha trabajado (Rainer y Turban, 2008).

El resultado de la aplicación de PDA's en Todd Pacific, es que este astillero puede administrar de mejor manera la planificación y la ejecución de los trabajos. Además, con la reducción de costos obtenidos por el astillero, el sistema se pagó por sí mismo en menos de un año, ya que con este fue posible determinar el número correcto de empleados de diferentes áreas necesarios para cada actividad. Además, los administradores de proyectos podrían tener acceso inmediato a las actividades planificadas de alrededor de 800 empleados y aprender de cerca sobre sus habilidades y la disponibilidad de los mejores empleados para proyectos específicos que los requieran (Rainer y Turban, 2008).

Por otro lado, tal como lo expresan Rainer y Turban (2008), "*el sistema ayudó al astillero a administrar los requerimientos de los contratos para 11 uniones laborales".* Por último, el sistema permitió reducir el 50% de los accidentes ocasionados en los lugares de trabajo, ya que con la ayuda del sistema, los administradores de los procesos podían saber inmediatamente cuando un empleado empezaba una actividad potencialmente peligrosa, y de esta forma auditar dicho proceso.

Con respecto a la transferencia de la información con clientes y proveedores, Gullege (1999) argumenta que la utilización del EDI (intercambio electrónico de datos) en la industria de la construcción de barcos puede reducir costos y crear nuevas oportunidades al negocio (Gullege (1999) tomado de Chien et al., 2006).

Dado la complejidad y gran número de los elementos necesarios para la reparación, construcción y mantenimiento de barcos, y debido a que la demanda de un único elemento específico es generalmente baja en esta industria, los costos logísticos asociados a la búsqueda especializada de repuestos y partes para la operación diaria de los astilleros es muy altos. De acuerdo a Chien et al. (2006) la forma de reducir estos costos es mediante el desarrollo electrónico de todo el proceso de compras. El proceso de compras electrónico implica que todas las operaciones, desde aceptar las órdenes hasta manufactura y envío, se realicen electrónicamente (Chien et al., 2006). Para realizar este proceso de forma eficiente, Chien et al. (2006) propone utilizar el formato XML como medio para el intercambio de órdenes, ya que este puede ser transmitido vía web desde diferentes plataformas, proporcionado además una mayor eficiencia en el transporte y reduciendo el tiempo de transmisión de la información (Chien et al., 2006). Chien et al. (2006) también argumenta la importancia de que los astilleros cuenten con un portal web, a través del cual los clientes y usuarios nacionales e internacionales puedan fácilmente buscar y encontrar toda la información acerca de los servicios que ellos buscan; según Chien et al. (2006) esto "*ayuda a los usuarios a eliminar información innecesaria y obtener el producto adecuado*", brindando gran valor añadido al astillero.

De acuerdo a Andritsos y Perez-Prat (2000) un elemento importante en el diseño, producción y reparación de barcos, es la aplicación de sistemas CAD/CAE, los cuales tradicionalmente han sido utilizados para lograr varias fases de los procesos de diseño y asegurar lead times cortos en la planificación y el inicio de las actividades de producción. Tal como lo expresa el mismo autor, *"hoy en día, en vista del incremento en la complejidad de las operaciones de producción y, en consecuencia de los requerimientos de planificación y de los estrechos lead times del mercado internacional, las herramientas CAD/CAE rápidamente están adquiriendo roles integradores entre las fases de diseño tradicionales, y las fases de los proceso de planificación y construcción"* (Andritsos y Perez-Prat, 2000).

Según Andritsos y Perez-Prat (2000), los sistemas de códigos de barra son ampliamente utilizados en astilleros. El mismo autor sugiere la investigación y desarrollo de herramientas en sistemas de información que permitan el manejo automático de los materiales, desarrollar sistemas de información y de flujo de materiales que contemplen las características propias de astilleros, así como la elaboración o apropiación de sistemas logísticos de producción y sistemas de administración del transporte (Andritsos y Perez-Prat, 2000).

Para los procesos de planificación de requerimientos, manufactura y diseño, Andritsos y Perez-Prat (2000) realizaron una revisión de los sistemas más utilizados en astilleros

Europeos en el año 2000. La tabla 11 resume la lista de las herramientas de software listadas por dichos autores.

Tabla 11. Resumen de herramientas de software para astilleros presentado por Andritsos y Perez-Prat (2000).

Nombre programa	Compañía	Categoría
TRIBON	TRIBON Solutions AB, http://www.tribon.com	Diseño y sistemas de producción para astilleros
FORAN v.40	SENER, Ingeniería y Sistemas, S.A. http://www.foransystem.com/	CAD/CAM/CIM para la construcción de barcos
NUPAS –CADMATIC	CADMATIC OY, http://www.cadmatic.com/	Software para el diseño de barcos
Master Ship	Yachting Consult www.yachtingconsult.com	Integración de la preparación y los trabajos de casco interior y tubería Integración de EDM/PDM/ERP
MARS	Logimatics AS http://www.logimatic.dk	Sistema para el control de materiales y de la producción de astilleros (ERP)
Perception	SPAR Associates, Inc., http://www.sparusa.com	Software de administración de los recursos de la compañía y administración de proyectos.
Project Engineering System, Design Manager, Plant Design Management System, Plant Visualisation, etc	CADCENTRE Limited http://www.cadcentre.co.uk,	Soluciones para el diseño de procesos de planta: Diseño e integración de la información
DELTAMARIN	DELTAMARIN Ltd. www.deltamarin.com	Modelos de realidad virtual para el diseño de barcos.
Electronic Product Definition (EPD), Shipbuilding Solutions	COMPUTERVISION Corporation, http://www.cv.com	Modelo hibrido, multi-usuario, para la administración de la arquitectura de ensamblado, productos y procesos de la compañía.
SYSTLA Projector V8	WM-data Oy, henim@wmdata.com	Software Para el cálculo de cotizaciones de proyectos

Además, Andritsos y Perez-Prat (2000), mencionan la posibilidad de utilizar herramientas de simulación para analizar el comportamiento de todo el astillero, de los procesos de construcción mediante ensamble por bloques y de las etapas de construcción en dique seco, con lo cual se puede analizar las fases criticas de dichos procesos, los flujos de materiales, las condiciones de seguridad y los procesos mismos (Andritsos y Perez-Prat,

2000). Según Andritsos y Perez-Prat (2000), los beneficios obtenidos al utilizar procesos de simulación son:

- *"Las variaciones pueden ser estudiadas de una forma transparente.*
- *Todas las partes involucradas pueden rápidamente entender los procesos y su parte especifica en estos.*
- *El efecto del ensamble por bloques, las áreas requeridas para el mismo, el uso de construcciones modulares y el suministro de materiales puede ser fácilmente demostrado".*

Para Siemens-PLM (2008) la simulación en astilleros produce los siguientes beneficios:

- Utilización optimizada del espacio y las grúas.
- Programación avanzada de las secuencias de ensamble.
- Incrementos en la planificación segura y en la precisión.
- Mayor fiabilidad del servicio.
- Mejoras en la logística y la administración de los materiales con mayor claridad sobre procesos complejos.
- Decisiones de inversión más seguras.
- Resolver el dilema de comprar o fabricar.
- Predecir los tiempos de entrega de forma más precisa.
- Minimizar los riesgos de falla o demoras.

Por último, con respecto a las áreas de administración y operaciones, Andritsos y Perez-Prat (2000) realizan un listado de las áreas en astilleros donde deben utilizarse sistemas de información para mejorar la productividad de los mismos, y de esta forma reducir tanto la pérdida de productividad, como los lead times en las operaciones de diseño, construcción y reparación de barcos:

- Operaciones del astillero.
- Recursos humanos.
- Programación.
- Planificación de la producción y optimización.
- Análisis de los flujos de trabajo y de producción.
- Control de inventarios.
- Producción flexible.
- Organización empresarial.
- Administración de proyectos.
- Ingeniería concurrente.
- Virtualidad de la empresa.
- Sistemas de producción remota.
- Estrategias de construcción.

De acuerdo al ATI (2010) la iniciativa del NSRP (Programa Americano de investigación en las empresas constructora de barcos) sobre el e-Business, mediante la aplicación de este sistema, los astilleros pueden reducir costos, ya que dinamizan las transacciones electrónicas con sus proveedores, *"construyendo nuevas fuentes de ROI (retorno de las inversiones) producidas por la funcionalidad de estos sistemas de comercialización*" (ATI, 2010).

Con respecto a la administración de inventarios y al manejo de almacenes, según el Departamento de Defensa de EE.UU (2005), los astilleros deben implementar el sistema de paletización, donde todos los materiales son puestos en palés, compilados y administrados en el almacén. De esta forma, *"Los astilleros Pueden alinearse con las prácticas de manufactura lean en almacenes (Prácticas de manufactura esbelta) implementadas en cualquier otro lugar de la industria Americana"* (Departamento de Defensa de EE.UU, 2005).

De esta forma, es necesario implementar sistemas de información que permitan alcanzar los principios de la manufactura lean, como eliminar los desperdicios en inventarios, tiempos ociosos, movimientos innecesarios, entre otros (Goldby y Martichenko, 2005). Luego, se hace necesaria la aplicación de una herramienta de administración de almacenes, que permita realizar las operaciones internas de forma eficiente, rápida y confiable. Para este fin, muchos autores (Pyke et al., 1998; Ghiani et al., 2004; Bowersox et al., 2002; Taylor, 2008 y Hugos, 2003) establecen que la herramienta informática que debe ser utilizada es el WMS (Sistema de Administración de Inventario), la cual es ampliamente difundida a nivel mundial, con resultados satisfactorios en cuanto a mejoras en las prácticas de administración de los almacenes (Ghiani et al., 2004; Bowersox et al., 2002 y Taylor, 2008).

6.3. Identificación de las tecnologías de la información existentes en COTECMAR

Luego de analizar los procesos internos de COTECMAR, mediante un trabajo investigativo de campo, durante un periodo de 3 meses, se identificaron las tecnologías de la información y las necesidades informáticas de la Corporación. A continuación se realiza la descripción y aplicación de las tecnologías encontradas en la corporación.

6.3.1. Tecnologías en la captura y la transferencia de la información

COTECMAR dispone de internet de banda ancha para el ingreso de la corporación a internet. Sin embargo, la capacidad de conexión de la misma es limitada, ya que actualmente dispone de una velocidad de conexión de 5MB por segundo para toda la corporación, la cual en muchas situaciones es insuficiente para el trabajo global de la compañía. Actualmente se está negociando un contrato de conectividad para aumentar esta velocidad a 30MB.

COTECMAR no dispone de herramientas de comunicación EDI o XML para conectarse con sus proveedores o clientes, así como no utiliza medios informáticos para la compra de insumos como el e-Commerce o el e-Business.

6.3.2. Tecnologías en almacenamiento y recuperación de la información

La Corporación cuenta con una base de datos corporativa, del tipo relacional, la cual esta soportada en el formato SQL y es administrada por el software SQL Server de la casa

Microsoft Corp. Esta base de datos está compuesta por archivos electrónicos donde se almacena la información de cada una de las áreas y procesos de la compañía. A modo de ejemplo, en la tabla 12 se presenta una lista de algunas tablas para el almacenamiento de la información que conforman la base de datos corporativa.

Tabla 12. Lista de algunas tablas de la base de datos corporativa.

Archivo Electrónico	Descripción
PRV_Calificación_Financiera	Se almacena toda la información de la calificación financiera a clientes y proveedores.
PRV_Calificación_juridica	Se almacena toda la información de la calificación Juridica a clientes y proveedores.
PRV_Proveedor	Se almacena la información sobre los proveedores.
PRV_Rechazo	Se almacena la información de las operaciones de rechazo producidas en la corporación.
PRV_Reclamo	Se almacena la información de las reclamaciones internas en la corporación.
PRV_Horas_hombre	Esta base de datos consigna todo lo relacionado con el tiempo de trabajo del personal.

Con respecto a la seguridad de la base de datos, para el respaldo de la información, se realiza una copia de seguridad (Back Up) de la misma cada 24 horas. Para el reporte de las operaciones, se tiene un aplicativo que permite generar auditorías a las operaciones realizadas en la base de datos, con el cual se logra registrar las transacciones, entradas, salidas y reportar dichas operaciones para fines de control.

6.3.3. Tecnologías para la identificación y entrega de información

La corporación cuenta con un sistema de información del personal de la marca HID, el cual tiene la función de controlar y auditar el ingreso y la salida del personal a las plantas. Este sistema permite el acceso de las personas a diferentes áreas, mediante accesos de seguridad configuradas en el sistema de identificación y también es utilizado para controlar el uso de las impresoras y del restaurante de la Corporación.

El funcionamiento del sistema comienza con un código binario específico incluido en cada tarjeta, el cual es adquirido por el lector. El lector luego transfiere el código al panel de control, donde este es analizado para verificar si el portador de la tarjeta es autorizado para entrar al área o realizar la actividad solicitada. Si todo está correcto, el panel de control envía la señal al sistema de apertura para que desbloquee la puerta y permita el ingreso. En el caso contrario, el controlador no autoriza el ingreso y en algunos casos genera un mensaje indicando el motivo por el cual no es permitida la operación, lo cual puede ser visto en pantallas LCD ubicadas en impresoras y en otros lugares.

La información de cada usuario puede ser actualizada ingresando a la computadora central del sistema, el cual configura el panel de control, permitiendo aplicar las modificaciones hechas por el administrador del sistema.

La corporación no cuenta con sistemas de identificación de códigos de barra, radiofrecuencia, sistemas de posicionamiento geográfico (GPS), en almacenamiento no disponen sistemas de ubicación de artículos, tales como Picking to Voice, Picking to Light, Vision Picking, OCR o reconocimiento visual artificial.

6.3.4. Tecnologías para la manipulación, administración y reporte de la información.

La corporación dispone del sistema ERP INFOR ERP XA, el cual es un sistema de la casa estadounidense de software INFOR. Este sistema cuenta con una larga y distinguida trayectoria de trabajo con industrias manufactureras y distribuidores más importantes en cada rincón del mundo (D'Aquila et al., 2009).

Sin embargo, el ERP INFOR XA presenta varios problemas en la corporación, en cuanto a aplicación de todos los módulos disponibles en el mismo, así como múltiples inconvenientes producidos por falta de capacitación y conocimiento del sistema.

Actualmente en la corporación se está desarrollando un sistema de clasificación de los proveedores, denominado sistema SICLAS, el cual busca actualizar y administrar el maestro de proveedores, (base de datos que administra la información de las compañías y personas naturales con las cuales COTECMAR tiene relaciones comerciales, como proveedores de la Corporación). Este sistema busca llenar un vacío existente en el manejo de los proveedores por parte de la sección de abastecimiento de la compañía y fundamentalmente, se debe encargar de consignar, administrar y vigilar toda la información asociada a cada uno de los proveedores de COTECMAR.

El sistema en desarrollo no solo busca realizar estas actividades, sino que además realiza el registro, clasificación, evaluación y certificación de proveedores, las cuales son actividades que no se desarrolla plenamente en la corporación. El desarrollo de la herramienta informática es llevado a cabo por parte de un ingeniero de software perteneciente a la corporación.

Con respecto a otros sistemas de información asociados a la manipulación de la información, COTECMAR se encuentra en una condición poco tecnificada, ya que no posee sistemas de información asociados a logística, como es el caso de WMS, TMS, CRM, SRM,, VMI, sistemas de abastecimiento, APS, MES, YMS, CRP, ni e-Business.

De esta forma, es una necesidad en la corporación, generar procesos de identificación de tecnologías de información relevantes para la misma, y con ello desarrollar operaciones logísticas y de administración de la cadena de suministros de mayor productividad, que permitan alcanzar mejoras operativas y promuevan la esbeltez logística en la corporación.

6.4. Caracterización de las necesidades de TIC's en COTECMAR

Luego de realizar un análisis de las operaciones de COTECMAR, mediante la aplicación de observaciones, entrevistas y reuniones con personal del orden directivo y cargos medios de la corporación, se han identificado la necesidad de varias herramientas de tecnologías de la información, con el fin de apoyar las actividades logísticas y fundamentalmente con el propósito de llenar el vacío tecnológico existente en la corporación, tal como se mencionó anteriormente.

6.4.1. Sistema de administración de almacenes - WMS

La necesidad más apremiante en la actualidad para COTECMAR, con respecto a TIC's asociadas a logística, es la falta de un sistema que permita administrar el inventario y el almacenamiento de los materiales en la corporación. Esta necesidad está constituida tanto por una tecnología de la información asociada a la identificación de los materiales, así como también por la ausencia de un sistema que permita la administración y el control de los mismos.

Actualmente, la corporación dispone de un estudio realizado por la empresa GS1 Colombia, en el cual se establece claramente, que por especificaciones de la compañía y de los materiales que transitan por la misma, el código de barras es la herramienta a seleccionar para la identificación de materiales, por encima de la radiofrecuencia. Esta misma empresa, no descarta el uso de radiofrecuencia a futuro, pero hace énfasis en que es necesario llevar a cabo, en primera medida, la aplicación del código de barras.

Para la administración del inventario y del almacén, la corporación considera relevante la adquisición de un sistema WMS, el cual permita la correcta administración y que pueda ser integrado con la herramienta ERP INFOR.

6.4.2. Sistema de administración de relación con clientes - CRM

Con la finalidad de realizar un proceso más eficaz de atención y gestión de los clientes, la corporación requiere de un sistema de administración de los mismos, sistema CRM. LA necesidad de esta tecnología de la información surge directamente desde el área comercial, la cual requiere mejorar sus procesos de integración, gestión y conocimiento de los clientes de la corporación, los cuales son cada vez mayores, y de mayor exigencia en cuanto a calidad. Este es el caso de la Armada Nacional y de compañías navieras que ven en COTECMAR un buen aliado para realizar las actividades de mantenimiento de sus buques sobre el mar Caribe.

6.4.3. Sistema De abastecimiento

Actualmente la corporación presenta varios problemas en el proceso de abastecimiento, dado a múltiples errores en las operaciones de compra y a la falta de una herramienta que permita administrar tanto los procedimientos como las relaciones con los clientes. De

esta condición, surge la necesidad en la corporación de implementar un sistema de abastecimiento que permita solucionar los aspectos antes mencionados, y que promueva la mejora de los procesos de selección y evaluación de proveedores.

6.4.4. Herramienta de intercambio de información con los proveedores. (EDI; XML o e-Business)

En la corporación existe un gran vacío en cuanto a la automatización de las compras, ya que únicamente aquellas que son realizadas a aerolíneas y con algunos proveedores de poco impacto, son producidas por medios electrónicos. Además, COTECMAR no dispone de un sistema o lenguaje de comunicación automático con los proveedores para realizar las compras de la misma forma.

Por lo anterior, existe la necesidad de adquirir un sistema que permita solucionar dicho inconveniente, el cual debe ser una herramienta EDI, XML, o el e-Business. Con la selección de una o varia de estas alternativas, COTECMAR puede generar que el proveedor conozca la información de stock y de órdenes de compra vía electrónica y así acelerar y mejorar los procesos de reabastecimiento necesarios para las actividades industriales de la corporación.

6.4.5. Sistema de administración de los procesos de negocio - BPMS

Dado la condición de operación de COTECMAR, la cual se realiza por proyectos, se ha identificado la necesidad de que exista un sistema que permita administrar cada uno de los procesos internos de cada proyecto, de forma que estos se desarrollen con el menor número de inconvenientes logísticos, retrasos, desperdicios, errores, accidentes, incremento de costos e inconvenientes administrativos, como mala planificación de presupuestos y materiales, los cuales pueden estar en contra de los objetivos de la corporación.

Una herramienta informática que permite mejorar la ejecución de estos procesos de negocio es el BPMS, mediante el cual se pueda administrar cada uno de los proyectos ejecutados en la Corporación, permitiendo en estos, una planificación más adecuada de las actividades y modificando las practicas operativas, produciendo mejores y más eficientes formas de hacer las tareas programadas. De esta forma, no solo se mejoran los procesos y la calidad de los trabajos realizados, sino que se reduce el número de inconvenientes y cuellos de botella, mejorando los tiempos de entrega y los costos globales operativos de la Corporación.

6.4.6. Sistema de administración de mano de obra

Otro problema que puede solucionarse en COTECMAR con la adquisición de TIC'S, es la administración del personal que trabaja en los proyectos de construcción, mantenimiento y en la Corporación en general, de los cuales gran parte es personal temporal, justamente contratado por el tiempo de ejecución del proyecto. Se necesita encontrar la

solución a los interrogantes de ¿cuáles son de los niveles de productividad de los operarios?, ¿cantidad de tiempo perdido?, ¿Qué personal está asignado a cada labor?, ¿a quién le corresponde realizar determinada actividad?, ¿nivel de avance en las actividades?, etc.

Estos interrogantes y características pueden ser resueltos mediante la implementación de un sistema de administración de la mano de obra LMS. Un requisito fundamental de este sistema, es la disponibilidad de un sistema de identificación del personal adecuado, con el cual ya dispone la corporación.

Por el momento, puede ser temprano indicar que la corporación requiere de otro tipo de tecnología como el TMS, o los sistemas de recogida por voz, ya que los inconvenientes logísticos y la falta de herramienta tecnológica asociada a los procesos puede llevar a una percepción inadecuada de las necesidades reales de la corporación, así como a la selección incorrecta de la tecnología buscada.

CAPITULO 7. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE TIC's

La metodología para la selección de TIC's propuesta, fue aplicada en la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial – COTECMAR, cumpliéndose los pasos mencionados en el capítulo 6. En este caso, el proceso de selección se realiza para seleccionar el sistema de administración de inventarios – WMS (Warehouse Management System) que debe ser adquirido por la corporación, como resultado del interés de resolver una de las necesidades de la compañía, encontradas bajo el análisis realizado en capítulo 7.

7.1. Inicio del proceso

Esta etapa se inicia con la contextualización de la corporación y la identificación de la problemática, presentada en el capítulo 7, en donde claramente se hallaron algunas falencias relacionadas con sistemas de información y herramientas de tecnología asociadas al área logística. De este análisis, y en concordancia con las estrategias de TI claramente definida en la corporación, se acordó realizar el análisis para la selección de la mejor alternativa del sistema de administración de almacenes WMS para la corporación.

Lo anterior da inicio al proceso de análisis de decisión de la herramienta de WMS para COTECMAR. Este análisis de tecnología de la información permite soportar una estrategia de logística esbelta, ya que al realizar dicho proceso de selección, considerando los elementos más importantes para este fin, e involucrando la lógica difusa para modelar la borrosidad asociada a los expertos involucrados en este proceso, se asegura que la herramienta seleccionada será lo suficientemente ajustada a las necesidades reales de la corporación. Con esto, los desperdicios producidos en COTECMAR, como resultado a los problemas de gestión del área de almacenamiento, así como a aquellos asociados a la herramienta misma de gestión de la información del almacén WMS, serán reducidas al máximo, permitiendo el desarrollo de un sistema logístico, basado en los principios de la logística esbelta.

De esta forma, se establece como objetivo central del proceso de análisis de decisión, la selección de la herramienta WMS para COTECMAR. Los elementos necesarios para resolver dicho problema, serán resueltos a medida que se avance en la metodología.

7.2. Revisión, contextualización y proceso de decisión sobre disponibilidad y pertinencia de la tecnología

Mediante la revisión de la literatura sobre las herramientas WMS existentes a nivel mundial, es posible determinar que este tipo de herramientas es completamente utilizables en la Corporación, tal como lo afirman el Departamento de Defensa EE.UU (2005) y autores como Ghiani et al. (2004); Bowersox et al. (2002 y Taylor (2008).

El anexo 3 presenta una lista de diferentes marcas de sistemas WMS ofrecidos en el mercado mundial, obtenida mediante la revisión a través de internet y la consulta con empresas especializadas de software. En la eventualidad de que COTECMAR desee indagar en encontrar solución a otros problemas logísticos encontrados en la corporación con tecnologías de la información, la Corporación puede tomar la revisión hecha sobre tecnologías de la información presentada en el capítulo 7 de este trabajo de grado.

Dado las características de este tipo de sistemas de información y a que la herramienta WMS es totalmente aplicable a la corporación (ya que la estructura informática de COTECMAR es suficiente para soportar un WMS, y la posibilidad de integrar esta herramienta con el ERP de la corporación) es posible utilizar todo el potencial de este sistema para la administración de almacenes. Además, en el mercado nacional e internacional existen varias compañías que pueden ofrecer fácilmente estas herramientas a la Corporación; y en el entorno industrial nacional, las grandes empresas y corporaciones, como es el caso de COTECMAR, utilizan este tipo de sistemas para la administración de sus almacenes (Rey, 2009).

7.3 Evaluación de tic's

7.3.1. Selección de expertos.

El equipo seleccionado para realizar los juicios con respecto de todos los elementos necesarios para el desarrollo del método FAHP estuvo compuesto por tres expertos de diferentes áreas, con la intención de obtener un criterio multifuncional, involucrando a las áreas más relevantes para a la adquisición del WMS.

Las personas seleccionadas, y su respectiva área de acción son presentadas en la tabla 13.

Tabla 13. Grupo de expertos para evaluar el WMS.

Descripción	Cargo
Profesional 1	Director Logística
Profesional 2	Director Almacén
Profesional 3	Representante dirección IT

Con este grupo de expertos se asegura que el proceso de análisis de decisiones tiene en cuenta la percepción de las personas más afectadas por la adquisición de la herramienta

WMS. El profesional de logística podrá considerar los elementos más relevantes para la adquisición de esta herramienta en cuanto a la estructura logística y la cadena de suministros de la corporación, el director del almacén será el encargado del manejo de esta herramienta, y podrá presentar todos los requerimientos específicos del WMS, y el representante de TI podrá presentar todos los elementos relacionados con la estrategia de tecnología de COTECMAR, así como la integración de esta nueva herramienta a la estructura informática de la Corporación.

Es importante anotar que el personal financiero y administrativo no fueron considerados para esta evaluación, dado que sin importar los costos de la herramienta, esta es necesaria para el correcto funcionamiento de la corporación, luego, su selección no puede basarse ni verse afectada por consideraciones económicas o financieras.

7.3.2. Selección estructura

La estructura para este problema se basa en el enfoque presentado en el capítulo 5. Cambios a esta estructura básica no se presentan en este trabajo, por efectos de confidencialidad con COTECMAR.

7.3.3. Selección de las alternativas

Después de realiza la revisión de las alternativas WMS que mejor se ajustan al tipo de industria, y tras la consulta en empresas expertas y externas a la corporación, como es el caso del TEC – Tecnology Evaluation Centers (TEC.com), se tomó la decisión de evaluar tres posibles alternativas, reportadas como las más representativas en el mercado. Estas alternativas son son incluidas en el método FAHP y se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Alternativas seleccionadas.

Nombre WMS	Fabricante
QAD Enterprise Applications	QAD
INFOR	Infor SCM Warehouse Management
ORION	3i Infotech APAC

7.3.4. Recolección de juicios con respecto a la estructura jerárquica y las alternativas.

Después de analizar los factores, criterios y alternativas, los expertos entregaron sus juicios con la ayuda de la escala lingüística presentada en el modelo FAHP, presentada en la tabla 6. Para efectos prácticos, esta escala se re-escribe a continuación en la tabla 15, presentando la nomenclatura utilizada en el modelo, así como la escala triangular difusa.

Tabla 15. Escala triangular para conversión a números difusos (Büyüközkan et al., 2004).

Escala Lingüística	Escala Triangular Difusa	Notación
Justamente Igual	(1, 1, 1)	
Igualmente Importante	(1/2, 1, 3/2)	II
Débilmente Mas Importante	(1, 3/2, 2)	DMAI
Fuertemente Mas Importante	(3/2, 2, 5/2)	FMAI
Muy Fuertemente Mas Importante	(2, 5/2, 3)	MFMAI
Absolutamente Mas Importante	(5/2, 3, 7/2)	AMAI
Débilmente Menos Importante	(1/2, 2/3, 1)	DMEI
Fuertemente Menos Importante	(2/5, 1/2, 2/3)	FMEI
Muy Fuertemente Menos Importante	(1/3, 2/5, 1/2)	MFMEI
Absolutamente Menos Importante	(2/7, 1/3, 2/5)	AMEI

Los juicios presentados por los expertos (en la escala lingüística) fueron convertidos a los respectivos valores difusos, correspondientes a la tabla 15, y computados mediante reglas aritméticas de conjuntos difusos. El promedio geométrico de los juicios presentados por los expertos sobre la estructura jerárquica del problema de selección de software WMS, son presentados en la tabla 16.

Tabla 16. Matrices de comparación para los factores y criterios de la estructura jerárquica.

Aspectos	A			B		
A. Aspecto Administrativo	1	1	1	0,5	1,0	1,5
B. Aspecto Producto	0,67	1	2	1	1	1

A. Aspecto Administrativo	A 1			A 2			A 3		
A 1. Vendedor	1	1	1	0,63	1,00	1,39	0,50	0,78	1,17
A 2. Costos	0,72	1	1,579	1	1	1	1,17	1,67	2,17
A 3. Tiempo de implementación	0,857	1,286	2	0,462	0,6	0,857	1	1	1

B. Aspecto producto	B 1			B 2			B 3			B 4			B 5			B 6		
B 1. Portabilidad	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,47	0,83	1,22	0,47	0,83	1,22	0,47	0,83	1,22	0,47	0,83	1,22
B 2. Funcionalidad	0,667	1	2	1	1	1	0,47	0,72	1,06	0,47	0,72	1,06	0,47	0,72	1,06	0,47	0,72	1,06
B 3. Mantenencia	0,82	1,2	2,1	0,95	1,38	2,14	1	1	1	0,67	1,17	1,67	0,67	1,17	1,67	0,67	1,17	1,67
B 4. Eficiencia	0,82	1,2	2,14	0,95	1,385	2,14	0,6	0,857	1,5	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,67	1,06	1,50
B 5. Utilidad	0,82	1,2	2,14	0,95	1,38	2,14	0,6	0,86	1,5	0,67	1	2	1	1	1	0,67	1,06	1,50
B 6. Confiabilidad	0,82	1,2	2,14	0,95	0,86	2,14	0,6	0,86	1,5	0,67	0,95	1,5	0,67	0,95	1,5	1	1	1

Tabla 16 (Cont.). Matrices de comparación para los factores y criterios.

A 1. Factor vendedor	A 11			A 12			A 13			A 14		
A 11. Reputación y Participación	1	1	1	0,47	0,72	1,06	0,47	0,72	1,06	0,50	0,78	1,17
A 12. Experiencia con Industria	0,947	1,385	2,143	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,83	1,33	1,83
A 13. Servicio y Soporte	0,947	1,385	2,143	0,667	1	2	1	1	1	1,00	1,50	2,00
A 14. Soluciones de Entrenamiento	0,857	1,286	2	0,545	0,75	1,2	0,5	0,667	1	1	1	1

A 2. Factor de costos	A 21			A 22			A 23			A 24		
A 21. Costos de Software	1	1	1	0,50	0,89	1,33	0,50	0,89	1,33	0,50	1,00	1,50
A 22. Costos de Hardware	0,75	1,125	2	1	1	1	0,50	0,78	1,17	0,50	0,78	1,17
A 23. Costos año de Mantenimiento	0,75	1,125	2	0,857	1,286	2	1	1	1	1,17	1,67	2,17
A 24. Costos de Entrenamiento	0,667	1	2	0,857	1,286	2	0,462	0,6	0,857	1	1	1

A 3. Factor tiempo implementación	A 31			A 32			A 33		
A 31. Planificación y Preparación	1	1	1	0,50	0,89	1,33	0,47	0,83	1,22
A 32. BPR y Ajuste del Sistema	0,75	1,125	2	1	1	1	0,43	0,67	0,94
A 33. Tiempo para las Pruebas y salida en vivo	0,818	1,2	2,143	1,059	1,5	2,308	1	1	1

B1. Factor de Portabilidad	B 11			B 12			B 13			B 14		
B 11. Adaptabilidad	1	1	1	0,67	1,17	1,67	0,67	1,17	1,67	0,50	1,00	1,50
B 12. Instalación	0,6	0,857	1,5	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,67	1,17	1,67
B 13. Conformidad	0,6	0,857	1,5	0,667	1	2	1	1	1	0,50	1,00	1,50
B 14. Sustitución	0,667	1	2	0,6	0,857	1,5	0,667	1	2	1	1	1

B 2. Factor Funcionalidad	B 21			B 22			B 23			B 24			B 25		
B 21. Pertinencia	1	1	1	1,00	1,50	2,00	0,50	0,78	1,17	0,50	1,00	1,50	0,47	0,72	1,06
B 22. Precisión	0,5	0,667	1	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
B 23. Interoperab.	0,857	1,286	2	0,667	1	2	1	1	1	1,00	1,50	2,00	0,50	1,00	1,50
B 24. Conformidad	0,667	1	2	0,667	1	2	0,5	0,667	1	1	1	1	0,47	0,72	1,06
B 25. Seguridad	0,947	1,385	2,143	0,667	1	2	0,667	1	2	0,947	1,385	2,143	1	1	1

B 3. Factor Mantenencia	B 31			B 32			B 33			B 34		
B 31. Capacidad de Análisis	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,50	0,78	1,17	0,43	0,67	0,94
B 32. Capacidad de Cambio	0,667	1	2	1	1	1	0,47	0,83	1,22	0,47	0,72	1,06
B 33. Estabilidad	0,857	1,286	2	0,818	1,2	2,143	1	1	1	1,00	1,50	2,00
B 34. Capacidad de ser probado	1,059	1,5	2,308	0,947	1,385	2,143	0,5	0,667	1	1	1	1

B 4. Factor Eficiencia	B 41			B 42		
B 41. Comportamiento de tiempos	1	1	1	0,83	1,22	1,67
B 42. Comportamiento de recursos	0,6	0,818	1,2	1	1	1

Tabla 16 (Cont.). Matrices de comparación para los factores y criterios.

B 5. Factor Utilidad	B 51			B 52			B 53		
B 51. Estabilidad	1	1	1	0,83	1,33	1,83	0,50	1,00	1,50
B 52. Aprendizaje	0,545	0,75	1,2	1	1	1	0,67	1,17	1,67
B 53. Operatividad	0,667	1	2	0,6	0,857	1,5	1	1	1

B 6. Factor Confiabilidad	B 61			B 62			B 63		
B 61. Madurez	1	1	1	0,67	1,17	1,67	0,50	0,78	1,17
B 62. Tolerancia a errores	0,6	0,857	1,5	1	1	1	0,43	0,67	0,94
B 63. Capacidad de recuperación	0,857	1,286	2	1,059	1,5	2,308	1	1	1

En la tabla 17 se presentan las comparaciones de las alternativas con respecto a los criterios del aspecto administrativo (a) y con respecto a los criterios del aspecto producto (b).

Tabla 17 a. Matrices de comparación de las alternativas. (a) Comparación con respecto a criterios del aspecto administrativo.

C 1. Reputación y Participación	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	1,00	1,50	2,00	1,17	1,67	2,17
WMS 2 - INFOR	0,5	0,667	1	1	1	1	1,17	1,67	2,17
WMS 3 - ORION	0,462	0,6	0,857	0,462	0,6	0,857	1	1	1

C 2. Experiencias con la Industria	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,67	1,17	1,67	1,17	1,67	2,17
WMS 2 - INFOR	0,6	0,857	1,5	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,462	0,6	0,857	0,667	1	2	1	1	1

C 3. Servicio y Soporte	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,83	1,33	1,83	1,17	1,67	2,17
WMS 2 - INFOR	0,545	0,75	1,2	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,462	0,6	0,857	0,667	1	2	1	1	1

C 4. Soluciones de Entrenamiento	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,67	1,17	1,67	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,6	0,857	1,5	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,667	1	2	1	1	1

C 5. Costos de Software	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	0,78	1,17	0,47	0,72	1,06
WMS 2 - INFOR	0,857	1,286	2	1	1	1	0,50	0,89	1,33
WMS 3 - ORION	0,947	1,385	2,143	0,75	1,125	2	1	1	1

Tabla 17 a (cont). Matrices de comparación de las alternativas.

C 6. Costos de Hardware	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,47	0,83	1,22
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,47	0,83	1,22
WMS 3 - ORION	0,818	1,2	2,143	0,818	1,2	2,143	1	1	1

C 7. Costos año de Mantenimiento	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,43	0,67	0,94
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,47	0,72	1,06
WMS 3 - ORION	1,059	1,5	2,308	0,947	1,385	2,143	1	1	1

C 8. Costos de Entrenamiento	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	0,89	1,33	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,75	1,125	2	1	1	1	0,50	0,89	1,33
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,75	1,125	2	1	1	1

C 9. Planificación y Preparación	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	0,89	1,33	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,75	1,125	2	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,667	1	2	1	1	1

C 10. BPR y Ajuste del Sistema	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,83	1,33	1,83	0,83	1,33	1,83
WMS 2 - INFOR	0,545	0,75	1,2	1	1	1	0,67	1,06	1,50
WMS 3 - ORION	0,545	0,75	1,2	0,667	0,947	1,5	1	1	1

C 11. Tiempo para las Pruebas y salida en vivo	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,50	0,89	1,33
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,50	0,89	1,33
WMS 3 - ORION	0,75	1,125	2	0,75	1,125	2	1	1	1

Tabla 17 b (cont.). Matrices de comparación alternativas. (b) Comparación con respecto a criterios del aspecto producto.

D 1. Adaptabilidad	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,67	1,17	1,67
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,67	1,17	1,67
WMS 3 - ORION	0,6	0,857	1,5	0,6	0,857	1,5	1	1	1

D 2. Instalación	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,83	1,33	1,83	0,83	1,33	1,83
WMS 2 - INFOR	0,545	0,75	1,2	1	1	1	0,47	0,83	1,22
WMS 3 - ORION	0,545	0,75	1,2	0,818	1,2	2,143	1	1	1

D 3. Conformidad	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,50	0,89	1,33
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,75	1,125	2	1	1	1

D 4. Sustitución	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,667	1	2	1	1	1

D 5. Pertinencia	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	0,89	1,33	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,75	1,125	2	1	1	1	0,50	0,89	1,33
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,75	1,125	2	1	1	1

D 6. Precisión	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	0,89	1,33	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,75	1,125	2	1	1	1	0,50	0,89	1,33
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,75	1,125	2	1	1	1

Tabla 17 b (cont.). Matrices de comparación alternativas. (b) Comparación con respecto a criterios del aspecto producto.

D 7. Interoperabilidad	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	1,00	1,50	2,00	0,67	1,17	1,67
WMS 2 - INFOR	0,5	0,667	1	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,6	0,857	1,5	0,667	1	2	1	1	1

D 8. Conformidad	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,50	0,89	1,33
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,75	1,125	2	1	1	1

D 9. Seguridad	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	1,33	1,83	2,33	1,17	1,67	2,17
WMS 2 - INFOR	0,429	0,545	0,75	1	1	1	0,50	0,78	1,17
WMS 3 - ORION	0,462	0,6	0,857	0,857	1,286	2	1	1	1

D 10. Capacidad de Análisis	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	1,00	1,50	2,00	1,00	1,50	2,00
WMS 2 - INFOR	0,5	0,667	1	1	1	1	0,83	1,33	1,83
WMS 3 - ORION	0,5	0,667	1	0,545	0,75	1,2	1	1	1

D 11. Capacidad de Cambio	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	1,00	1,50	2,00	0,83	1,33	1,83
WMS 2 - INFOR	0,5	0,667	1	1	1	1	0,67	1,17	1,67
WMS 3 - ORION	0,545	0,75	1,2	0,6	0,857	1,5	1	1	1

D 12. Estabilidad	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,67	1,17	1,67	0,67	1,17	1,67
WMS 2 - INFOR	0,6	0,857	1,5	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,6	0,857	1,5	0,667	1	2	1	1	1

Tabla 17 b (cont.). Matrices de comparación alternativas. (b) Comparación con respecto a criterios del aspecto producto.

D 13. Capacidad de ser probado	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,50	0,89	1,33
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,50	0,89	1,33
WMS 3 - ORION	0,75	1,125	2	0,75	1,125	2	1	1	1

D 14. Comportamiento de tiempos	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	0,89	1,33	0,50	0,89	1,33
WMS 2 - INFOR	0,75	1,125	2	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,75	1,125	2	0,667	1	2	1	1	1

D 15. Comportamiento de recursos	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,47	0,83	1,22	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,818	1,2	2,143	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,667	1	2	1	1	1

D 16. Estabilidad	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,47	0,83	1,22	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,818	1,2	2,143	1	1	1	0,83	1,33	1,83
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,545	0,75	1,2	1	1	1

D 17. Aprendizaje	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,667	1	2	1	1	1

D 18. Operatividad	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	0,89	1,33	0,50	0,89	1,33
WMS 2 - INFOR	0,75	1,125	2	1	1	1	0,67	1,17	1,67
WMS 3 - ORION	0,75	1,125	2	0,6	0,857	1,5	1	1	1

D 19. Madurez	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,83	1,33	1,83
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,67	1,17	1,67
WMS 3 - ORION	0,545	0,75	1,2	0,6	0,857	1,5	1	1	1

Tabla 17 b (cont.). Matrices de comparación alternativas. (b) Comparación con respecto a criterios del aspecto producto.

D 20. Tolerancia a errores	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,50
WMS 2 - INFOR	0,667	1	2	1	1	1	0,50	1,00	1,50
WMS 3 - ORION	0,667	1	2	0,667	1	2	1	1	1

D 21. Capacidad de recuperación.	WMS 1 - QAD			WMS 2 - INFOR			WMS 3 - ORION		
WMS 1 - QAD	1	1	1	0,83	1,33	1,83	0,83	1,33	1,83
WMS 2 - INFOR	0,545	0,75	1,2	1	1	1	0,83	1,33	1,83
WMS 3 - ORION	0,545	0,75	1,2	0,545	0,75	1,2	1	1	1

7.3.5. Aplicación del método FAHP y evaluación de la consistencia de las matrices pareadas

Una vez realizados los cálculos del método extendido AHP presentados en el apartado 5.3, es posible calcular los pesos jerárquicos para cada uno de estas matrices. Para el cálculo del factor de consistencia de cada una de las matrices de comparación, se utilizó el valor medio (mediana) de cada número difuso que representa la opinión del experto.

Este cálculo se realizó para determinar la consistencia de los juicios entregados por los expertos, con respecto a los juicios de comparación que estos realizan en cada una de las matrices. En este cálculo, es utilizado el valor promedio del número difuso (valor medio) dado que el método del cálculo del índice de consistencia mide la desviación que existe entre juicios a_{ij} con respecto al cociente estimado entre las prioridades en i y j, w_i/w_j, y en el caso del uso de números difusos, al permitirse tomar un espectro de valores para cada apreciación, esta desviación presentara un valor mayor, indicando una falsa inconsistencia. Por lo anterior, con el uso del número promedio para calcular la consistencia, lo único que se está realizando es la validación de la linealidad y consistencia de los juicios, para dar validez al método AHP, y no afecta el resultado final de análisis de decisiones.

Las tabla 18 muestra los pesos de cada una de las comparaciones sobre la estructura jerárquica y la tabla 19 muestra los pesos de cada una de las comparaciones de las alternativas, con respecto a los criterios de la estructura. Las tablas 18 y 19 muestran además cada uno de los índices de consistencia para cada una de estas comparaciones.

Tabla 18. Pesos de las comparaciones sobre la estructura jerárquica.

Importancia de aspectos	
Factor Administrativo	0,50
Aspecto Producto	0,50
RC	0,0000

Aspecto Administrativo	
Vendedor	0,00
Costos	0,73
Tiempo de implementación	0,27
RC	0,0660

Aspecto Producto			
Portabilidad	0,05	Eficiencia	0,20
Funcionalidad	0,07	Utilidad	0,20
Mantenencia	0,26	Confiabilidad	0,21
RC	-0,0081		

Factor Vendedor	
Reputación y Participación	0,06
Experiencias con la Industria	0,35
Servicio y Soporte	0,39
Soluciones de Entrenamiento	0,20
RC	0,0049

Factor Tiempo de Implementación	
Planificación y Preparación	0,00
BPR y Ajuste del Sistema	0,27
Tiempo para las Pruebas y salida en vivo	0,73
RC	0,0134

Factor Confiabilidad	
Madurez	0,34
Tolerancia a errores	0,10
Capacidad De recuperación	0,56
RC	0,0000

Factor Utilidad	
Estabilidad	0,33
Aprendizaje	0,33
Operatividad	0,33
RC	0,0206

Factor Eficiencia	
Comp. de tiempos	0,32
Comp. De recursos	0,68
RC	0,0000

Factor Costos	
Costos de Software	0,24
Costos de Hardware	0,20
Costos año de Mantenimiento	0,32
Costos de Entrenamiento	0,24
RC	0,0178

Factor Funcionalidad	
Pertinencia	0,19
Precisión	0,17
Interoperabilidad	0,22
Conformidad	0,18
Seguridad	0,24
RC	0,0143

Factor Portabilidad	
Adaptabilidad	0,29
Instalación	0,25
Conformidad	0,23
Sustitución	0,23
RC	0,0034

Factor Mantenencia	
Capacidad de Análisis	0,12
Capacidad de Cambio	0,13
Estabilidad	0,41
Capacidad de ser probado	0,34
RC	0,0198

Tabla 19. Pesos de las comparaciones de las alternativas con respecto a los criterios de la estructura jerárquica.

Comparación de alternativas con respecto a los criterios del aspecto administrativo		**Comparación de alternativas con respecto a los criterios del aspecto administrativo**			
Reputación y Participación		Adaptabilidad		Estabilidad	
WMS 1 - QAD	0,73	WMS 1 - QAD	0,38	WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,27	WMS 2 - INFOR	0,38	WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,00	WMS 3 - ORION	0,24	WMS 3 - ORION	0,33
RC	0,0204	RC	0,0000	RC	0,0000
Experiencias con la Industria		Instalación		Capacidad de ser probado	
WMS 1 - QAD	0,41	WMS 1 - QAD	0,37	WMS 1 - QAD	0,27
WMS 2 - INFOR	0,33	WMS 2 - INFOR	0,33	WMS 2 - INFOR	0,30
WMS 3 - ORION	0,26	WMS 3 - ORION	0,30	WMS 3 - ORION	0,43
RC	0,0151	RC	0,0038	RC	0,0000
Servicio y Soporte		Conformidad		Comp. de tiempos	
WMS 1 - QAD	0,61	WMS 1 - QAD	0,33	WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,16	WMS 2 - INFOR	0,30	WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,23	WMS 3 - ORION	0,37	WMS 3 - ORION	0,33
RC	0,0061	RC	0,0014	RC	0,0000
Soluciones de Entrenamiento		Sustitución		Comp. De recursos	
WMS 1 - QAD	0,33	WMS 1 - QAD	0,33	WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,33	WMS 2 - INFOR	0,33	WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,33	WMS 3 - ORION	0,33	WMS 3 - ORION	0,33
RC	0,0024	RC	0,0000	RC	0,0034
Costos de Software		Pertinencia		Estabilidad	
WMS 1 - QAD	0,10	WMS 1 - QAD	0,33	WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,34	WMS 2 - INFOR	0,33	WMS 2 - INFOR	0,37
WMS 3 - ORION	0,56	WMS 3 - ORION	0,33	WMS 3 - ORION	0,30
RC	0,0002	RC	0,0055	RC	0,0012
Costos de Hardware		Precisión		Aprendizaje	
WMS 1 - QAD	0,16	WMS 1 - QAD	0,33	WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,23	WMS 2 - INFOR	0,33	WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,61	WMS 3 - ORION	0,33	WMS 3 - ORION	0,33
RC	0,0000	RC	0,0055	RC	0,0000

Tabla 19 (cont). Pesos de las comparaciones de las alternativas con respecto a los criterios de la estructura jerárquica.

Costos año de Mantenimiento	
WMS 1 - QAD	0,16
WMS 2 - INFOR	0,23
WMS 3 - ORION	0,61
RC	0,0008

Interoperabilidad	
WMS 1 - QAD	0,42
WMS 2 - INFOR	0,24
WMS 3 - ORION	0,34
RC	0,0072

Operatividad	
WMS 1 - QAD	0,21
WMS 2 - INFOR	0,45
WMS 3 - ORION	0,34
RC	0,0025

Costos de Entrenamiento	
WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,33
RC	0,0055

Conformidad	
WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,33
RC	0,0014

Madurez	
WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,33
RC	0,0019

Planificación y Preparación	
WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,33
RC	0,0014

Seguridad	
WMS 1 - QAD	0,82
WMS 2 - INFOR	0,00
WMS 3 - ORION	0,18
RC	0,0032

Tolerancia a errores	
WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,33
RC	0,0000

BPR y Ajuste del Sistema	
WMS 1 - QAD	0,45
WMS 2 - INFOR	0,34
WMS 3 - ORION	0,21
RC	0,0003

Capacidad de Análisis	
WMS 1 - QAD	0,73
WMS 2 - INFOR	0,27
WMS 3 - ORION	0,00
RC	0,0101

Capacidad De recuperación	
WMS 1 - QAD	0,33
WMS 2 - INFOR	0,37
WMS 3 - ORION	0,30
RC	0,0094

Tiempo para las Pruebas y salida en vivo	
WMS 1 - QAD	0,27
WMS 2 - INFOR	0,30
WMS 3 - ORION	0,43
RC	0,0000

Capacidad de Cambio	
WMS 1 - QAD	0,55
WMS 2 - INFOR	0,29
WMS 3 - ORION	0,16
RC	0,0088

De las tablas 18 y 19 se obtienen los pesos de cada una de las comparaciones y se observa que los índices de consistencia de todas las matrices de comparación son inferiores a 0,1; lo que permite asegurar la consistencia sobre los juicios de los expertos, dando validez a sus apreciaciones, y permitiendo continuar con la metodología propuesta.

7.3.6. Determinación de los pesos

Una vez calculados los pesos relativos de cada matriz de comparación y luego de realizar la validación de la consistencia de las mismas, tal como se aprecia en las tablas 18 y 19, se puede continuar con el método FAHP para determinar cuál es la alternativa que mayor ponderación tiene sobre el objetivo final de selección de la herramienta WMS en la Corporación. Cada uno de los pesos y los cálculos realizados para hallar la alternativa que tiene mayor relevancia, según los juicios de los expertos, son presentados en la tabla 20 para el aspecto administrativo.

Tabla 20. Pesos y cálculos del aspecto administrativo.

Matriz de criterios Aspecto Administrativo

Criterios de Vendedor					**Pesos de las alternativas con respecto al factor Vendedor**	
Peso de alternativa	0,19	0,28	0,29	0,23		
	Reputación y Participación	Experiencias con la Industria	Servicio y Soporte	Soluciones de Entrenamiento		
WMS 1 - QAD	0,48	0,40	0,43	0,35	WMS 1 - QAD	0,41
WMS 2 - INFOR	0,37	0,31	0,29	0,32	WMS 2 - INFOR	0,32
WMS 3 - ORION	0,15	0,29	0,28	0,33	WMS 3 - ORION	0,27

Criterios de Costo					**Pesos de las alternativas con respecto al factor Costo**	
Peso de alternativa	0,23	0,23	0,30	0,24		
	Costos de Software	Costos de Hardware	Costos año de Mantenimiento	Costos de Entrenamiento		
WMS 1 - QAD	0,27	0,31	0,28	0,32	WMS 1 - QAD	0,29
WMS 2 - INFOR	0,35	0,32	0,31	0,33	WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,38	0,37	0,42	0,34	WMS 3 - ORION	0,38

Criterios de Tiempo de Implementación				**Pesos de las alternativas con respecto al factor Tiempo implementac.**	
Peso de alternativa	0,29	0,31	0,40		
	Planificación y Preparación	BPR y Ajuste del Sistema	Tiempo Pruebas y salida en vivo		
WMS 1 - QAD	0,32	0,40	0,32	WMS 1 - QAD	0,35
WMS 2 - INFOR	0,34	0,30	0,33	WMS 2 - INFOR	0,32
WMS 3 - ORION	0,33	0,30	0,35	WMS 3 - ORION	0,33

En la tabla 21 se presentan cada uno de los pesos y los cálculos realizados para hallar la alternativa que tiene mayor relevancia, según los juicios de los expertos, con respecto al aspecto producto.

Tabla 21. Pesos y cálculos del aspecto producto.

Matriz de criterios Aspecto Producto

Criterios de Portabilidad					
Peso de alternativa	0,26	0,25	0,24	0,25	**Pesos de las alternativas con respecto al factor Portabilidad**
	Adaptabilidad	Instalación	Conformidad	Sustitución	
WMS 1 - QAD	0,35	0,39	0,33	0,33	WMS 1 - QAD 0,35
WMS 2 - INFOR	0,35	0,28	0,33	0,33	WMS 2 - INFOR 0,32
WMS 3 - ORION	0,31	0,33	0,34	0,33	WMS 3 - ORION 0,33

Criterios de Funcionalidad						
Peso de alternativa	0,20	0,19	0,22	0,18	0,22	**Pesos de las alternativas con respecto al factor Funcionalidad**
	Pertinencia	Precisión	Interoperabi-lidad	Conformidad	Seguridad	
WMS 1 - QAD	0,32	0,32	0,39	0,33	0,54	WMS 1 - QAD 0,39
WMS 2 - INFOR	0,33	0,33	0,28	0,33	0,16	WMS 2 - INFOR 0,28
WMS 3 - ORION	0,34	0,34	0,32	0,34	0,30	WMS 3 - ORION 0,33

Criterios de Mantenencia					
Peso de alternativa	0,21	0,22	0,29	0,27	**Pesos de las alternativas con respecto al factor Mantenencia**
	Capacidad de Análisis	Capac. de Cambio	Estabilidad	Capacidad de ser probado	
WMS 1 - QAD	0,45	0,42	0,36	0,32	WMS 1 - QAD 0,38
WMS 2 - INFOR	0,32	0,30	0,32	0,33	WMS 2 - INFOR 0,32
WMS 3 - ORION	0,23	0,28	0,32	0,35	WMS 3 - ORION 0,30

Criterios de Eficiencia			
Peso de alternativa	0,58	0,42	**Pesos de las alternativas con respecto al factor Eficiencia**
	Comp. de tiempos	Comp. De recursos	
WMS 1 - QAD	0,31	0,32	WMS 1 - QAD 0,31
WMS 2 - INFOR	0,34	0,35	WMS 2 - INFOR 0,35
WMS 3 - ORION	0,34	0,34	WMS 3 - ORION 0,34

Tabla 21 (cont.). Pesos y cálculos del aspecto producto.

Criterios de Utilidad				**Pesos de las alternativas con respecto al factor Utilidad**	
Peso de alternativa	0,36	0,32	0,32		
	Estabilidad	Aprendizaje	Operatividad		
WMS 1 - QAD	0,31	0,33	0,31	WMS 1 - QAD	0,32
WMS 2 - INFOR	0,38	0,33	0,36	WMS 2 - INFOR	0,36
WMS 3 - ORION	0,31	0,33	0,33	WMS 3 - ORION	0,33

Criterios de Confiabilidad				**Pesos de las alternativas con respecto al factor Confiabilidad**	
Peso de alternativa	0,32	0,27	0,41		
	Madurez	Tolerancia a errores	Capac. de recuperación		
WMS 1 - QAD	0,36	0,33	0,40	WMS 1 - QAD	0,37
WMS 2 - INFOR	0,35	0,33	0,34	WMS 2 - INFOR	0,34
WMS 3 - ORION	0,29	0,33	0,27	WMS 3 - ORION	0,29

Recopilando los cálculos realizados en las tablas 20 y 21, se puede realizar el análisis final para determinar la alternativa que mayor peso tiene con respecto al objetivo del problema de decisión, el cual es seleccionar la mejor alternativa WMS para COTECMAR. La recopilación de esta información se consigna en la tabla 22.

Tabla 22. Recopilación cálculos para los aspectos.

Matriz de Criterios para el Aspecto Administrativo				**Pesos de las alternativas con respecto al aspecto Administrativo**	
	Vendedor	Costos	Tiempo de implementación		
Peso Factores	0,29	0,40	0,31		
Peso de las Alternativas con respecto a cada factor					
WMS 1 - QAD	0,41	0,29	0,35	WMS 1 - QAD	0,34
WMS 2 - INFOR	0,32	0,33	0,32	WMS 2 - INFOR	0,32
WMS 3 - ORION	0,27	0,38	0,33	WMS 3 - ORION	0,33

Matriz de Criterios para el Aspecto calidad producto							**Pesos de las alternativas con respecto al aspecto Cal. Producto.**	
	Portabilidad	Funcionalidad	Mantenencia	Eficiencia	Utilidad	Confiabilidad		
Peso Factores	0,15	0,14	0,19	0,18	0,18	0,17		
Peso de las Alternativas con respecto a cada factor								
WMS 1 – QAD	0,35	0,39	0,38	0,31	0,32	0,37	WMS 1 - QAD	0,35
WMS 2 - INFOR	0,32	0,28	0,32	0,35	0,36	0,34	WMS 2 - INFOR	0,33
WMS 3 - ORION	0,33	0,33	0,30	0,34	0,33	0,29	WMS 3 - ORION	0,32

En la tabla 23 se consignan los resultados finales, donde se observa claramente que la alternativa 1 (WMS QAD) es la alternativa que mayor peso tiene (0,347). Con este resultado, se puede afirmar que la alternativa de software WMS que debe ser seleccionada en COTECMAR, según los expertos involucrados en proceso de análisis de decisión, es la alternativa WMS QAD de la casa QAD Enterprise Applications.

Tabla 23. Resultados finales del método FAHP para la selección de WMS.

Matriz de Evaluación final		
	Administrativo	Producto
Peso de Aspecto	0,50	0,50
Peso Ponderado de las Alternativas		
WMS 1 - QAD	0,34	0,35
WMS 2 - INFOR	0,32	0,33
WMS 3 - ORION	0,33	0,32

Pesos finales de las alternativas	
WMS 1 - QAD	**0,347**
WMS 2 - INFOR	0,325
WMS 3 - ORION	0,326

7.4. Selección de la alternativa

Con base en los resultados de comparación final, mostrados en la tabla 23, la alternativa de WMS 1 – QAD de la casa QAD Enterprise Applications, es la herramienta de tecnología que mejor se ajusta a las necesidades y requerimientos percibidos por los expertos en el proceso de selección en COTECMAR, por tanto es la alternativa a seleccionar.

7.5. Divulgación de los resultados

Una vez encontrada la alternativa WMS que mejor se acomoda a los requerimientos de la corporación, según los expertos involucrados, y mediante la aplicación del método AHP extendido con lógica difusa, es importante realizar una reunión de divulgación de los resultados finales con los expertos y demás áreas de la compañía, para que estos conozcan el resultado final del proceso de análisis de decisión sobre la alternativa WMS seleccionada.

En este proceso de divulgación de resultados, además de presentar la herramienta WMS seleccionada, se sugiere explicar la metodología implementada, así como todo el proceso investigativo, con el cual se llegó al resultado final de selección de la alternativa WMS QAD.

Mediante la contextualización sobre la metodología de selección utilizada, tal como se sugiere en el párrafo anterior, se brinda transparencia y veracidad al proceso de

selección de la herramienta de TIC's, ya que es posible que todas las personas interesadas en dicho proceso de selección, entiendan y esclarezcan sus dudas al respecto, quedando claro el proceso de selección y los resultados finales.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

8.1. Conclusiones generales

Las tecnologías de la información y las comunicaciones son elementos que permiten obtener mejoras operativas en las empresas, con lo cual estas pueden ser más competitivas y sumarle valor agregado a sus negocios. Sin embargo, la selección de este tipo de herramientas no es una actividad sencilla, y al contrario, requiere de un proceso complejo de evaluación, para asegurar que los factores más importantes en dicho proceso de selección sean considerados.

La mala selección de una herramienta de tecnologías de la información y las comunicaciones puede conducir a varios problemas, dentro de los que se destaca el despilfarro del dinero invertido, ya que una herramienta mal seleccionada puede no solucionar la necesidad para la cual es adquirida. De forma similar, esta mala selección puede llevar a un alto número de desperdicios operativos como resultado de la falta de precisión en la adquisición, tales como demoras en las actividades, pérdidas de información, reproceso, información incorrecta, etc. Con base en lo anterior, se puede concluir que una herramienta de tecnología de la información y las comunicaciones adecuadamente seleccionada, permite soportar una estrategia de logística esbelta.

Con la ayuda de la lógica difusa y su aplicación al método AHP, es posible involucrar la vaguedad de los expertos asociada a las comparaciones que estos deben hacer para realizar las matrices de comparación y de esta forma resolver el problema de análisis de decisión. Al utilizar la vaguedad de los expertos, se aproxima el método AHP a la realidad de las decisiones en las empresas, lo cual da mayor veracidad al proceso de selección.

8.2. Conclusiones asociadas a la metodología

Mediante la aplicación del método AHP extendido con lógica difusa, es posible seleccionar la herramienta mediante el proceso de análisis jerárquico del AHP, utilizando la lógica difusa para modelar la incertidumbre de los expertos con respecto a los juicios de las comparaciones. En el análisis realizado en este trabajo, la alternativa que mayor peso obtuvo, y por lo cual es la herramienta que se debe adquirir es la alternativa número 1 (WMS marca QAD), la cual obtuvo una ponderación del 34 % con respecto al 32% de INFOR y de ORIÓN. Estos valores tan ajustados dan mayor valor al análisis realizado, ya

que significa que para los expertos los 3 WMS presentan condiciones semejantes, lo cual hace mucho más difícil la selección cuando se utiliza únicamente la percepción humana. La objetividad de las herramientas matemáticas en este caso, permite diferenciar las herramientas, y de esta forma seleccionar aquella que es más apropiada para la Corporación.

Con la metodología propuesta, se facilita el proceso de selección de tecnologías de la información y las comunicaciones, ya que se utiliza el método FAHP, que denota mayor veracidad al proceso de selección, y queda claramente establecido el camino a seguir para el desarrollo exitoso del proceso de análisis de decisión de estas herramientas de tecnología.

Es importante indicar que en este trabajo de grado, se realizó una revisión de las tecnologías de la información y las comunicaciones asociadas a logística, se caracterizaron las TIC's utilizadas y requeridas por COTECMAR, se desarrolló una herramienta para la evaluación y análisis de TIC's y se desarrolló una metodología que permite la implementación de este proceso de selección en la Corporación, por lo cual se puede argumentar el cumplimiento a cabalidad y en totalidad de los objetivos propuestos en este trabajo de grado.

8.3. Trabajos futuros

Los trabajos futuros a realizar con respecto a la evaluación de las tecnologías de la información y las comunicaciones con el método AHP extendido con lógica, se pueden enmarcar en realizar el proceso utilizando números difusos con funciones de membresía que no sean triangulares. Específicamente se puede analizar el efecto de trabajar con números difusos trapezoidales.

En futuros análisis, y para procesos de decisión en el que los enfoques económicos jueguen un papel fundamental, se puede estudiar la forma de integrar dichos enfoques económicos al proceso de análisis jerárquico AHP extendido con lógica difusa, tal como es estudiado por Büyüközkan et al. (2004). Este enfoque se considera dentro de la estructura jerárquica como un aspecto diferente a aquellos empleados el método FAHP.

Otra investigación que se puede derivar del trabajo de grado aquí realizado, radica en estudiar el efecto de no promediar los juicios de comparación de los expertos para alimentar el método FAHP, y por el contrario, realizar el procedimiento completo del análisis jerárquico extendido con lógica difusa para cada uno de los expertos, y analizar los resultados finales. De esta forma se puede estudiar el efecto que este cambio de metodología puede arrojar. Aunque es un trabajo extenso, la comparación de las diferentes formas de aplicar el FAHP puede ser interesante.

Con el ánimo de validar la pertinencia del uso de esta metodología en las empresas, un trabajo futuro interesante es integrar este proceso de evaluación e implementación a una herramienta de simulación, que permita calcular la capacidad inicial y final del sistema, con lo cual se pueda realizar una comparación de los procesos antes y después de la intervención (selección de la herramienta TIC's). Esta integración puede arrojar mucha validez de la metodología, desde el punto de vista teórico y volviéndose muy atractivo para el entorno industrial.

Es posible realizar un proceso de desarrollo de software, que permita constituir un aplicativo informático con los elementos desarrollados en este trabajo de grado, el cual pueda ser comercializado a costos aceptables para las pequeñas y medianas empresas.

Anexo 1: Proceso de determinación de los elementos que deben ser considerados para la evaluación de software

Este anexo presenta un procedimiento para encontrar los aspectos, factores y criterios que son importantes en COTECMAR para la valoración y selección de la herramienta informática WMS (Warehouse Management System – Sistema de administración del almacén) para la gestión del almacén y el inventario de la corporación.

El objetivo final de este proceso es determinar la estructura jerarquía para la evaluación de la herramienta WMS mediante el uso del método AHP (Análisis Jerárquico de procesos), la cual establece la relación de los aspectos con sus respectivos factores y criterios, considerando las características, necesidades y particularidades específicas de COTECMAR.

Esta investigación está fundamentada en la aplicación del método Delphi para poder llegar al consenso sobre los aspectos, factores y criterios requeridos por COTECMAR para la correcta selección de la herramienta WMS mediante la implementación de AHP. El método Delphi es descrito a continuación, seguido del proceso de investigación a seguir.

A1.1 Herramienta de investigación: el método Delphi

El método Delphi es una herramienta sistemática para obtener información sobre un tópico particular a partir de un conjunto de expertos (Meyrick, 2003). Este método consiste principalmente de contribuciones individuales anónimas por parte de los expertos, quienes deben completar una herramienta para la obtención de la información, como es el caso de un cuestionario, el cual luego es enviado al coordinador central (monitor). El coordinador analiza la información, buscando encontrar las tendencia extremas y de esta forma determinar la información más relevante que es entregada por los encuestados (Büyüközkan et al., 2004).

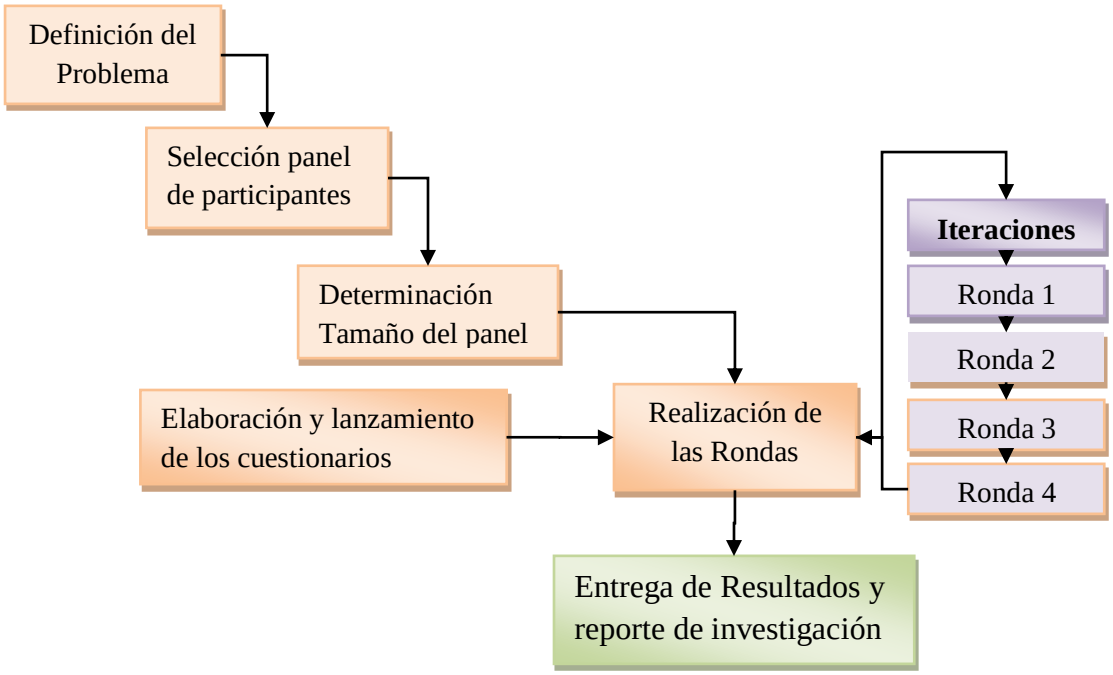
Los resultados son luego retroalimentados a los expertos, los cuales analizan esta información y vuelven a responder las preguntas hechas, pero esta vez teniendo en cuenta una nueva perspectiva.

De acuerdo a Loo (2003), el método Delphi tiene cinco características principales:

- El modelo está conformado por un panel cuidadosamente seleccionado de expertos, representado un espectro ancho de opinión sobre los asuntos o tópicos examinados.
- Los participantes son anónimos.
- El moderador construye una serie de cuestionarios estructurados y un conjunto de reportes de retroalimentación hacia los participantes.
- El método Delphi es un proceso iterativo, en el cual frecuentemente se realizan entre tres a cinco iteraciones o rondas de cuestionarios, con sus respectivos reportes de retroalimentación.
- El resultado de la investigación, generalmente se presenta como un reporte, el cual contiene los resultados del método, los pronósticos, políticas y opciones, con sus debilidades, y fortalezas, recomendaciones y posibles planes de acción para el desarrollo e implementación de las políticas y los programas.

La figura A1-1 muestra un esquema de cómo se desarrolla el método Delphi.

Figura A1-1. Esquema de desarrollo del método Delphi. Fuente: Elaboración Propia.



A1.2 Proceso investigativo

El proceso investigativo mediante el método Delphi está compuesto por 3 etapas.

A1.2.1. Etapa 1. Inicio del método Delphi.

La etapa 1 busca iniciar el proceso de investigación, para lo cual se asigna el cuestionario 1, en el que los expertos deben analizar los aspectos, factores y procesos

encontrados en la literatura científica con respecto a los elementos necesarios para la evaluación de software y los presentados en la norma ISO 9126 para este mismo fin. En este cuestionario se seleccionan aquellos aspectos, factores y criterios que son relevantes para la Corporación.

En esta etapa se busca que los evaluadores analicen la estructura jerárquica propuesta y que realicen los cambios, inclusiones, eliminaciones, que cada uno de ellos considere importantes. Es fundamental que cada cambio, inclusión o eliminación de los criterios y de la estructura este soportado por una descripción del por qué se debe realizar.

Una vez completado el cuestionario 1, se debe enviar dicho material al monitor central, el cual se encarga de consolidar la información.

Es importante que los expertos evaluados se sientan seguros sobre el total anonimato de la identidad de los mismos, así como la certeza de que sus aportes serán tenidos en cuenta. Por tal motivo, se pide a los expertos NO dar a conocer que hacen parte de esta investigación, hasta que la misma haya terminado.

El monitor se limita a desarrollar un análisis estadístico para consolidar y organizar la información y las tendencias obtenidas, con el fin de retroalimentar la información para las rondas siguientes, las cuales constituyen la etapa 2.

A1.2.2. Etapa 2. Iteraciones para alcanzar consenso sobre la estructura jerárquica.

Una vez analizada la información de la etapa 1 (desde este momento llámese Ronda 1), la información consolidada y analizada es retroalimentada a todos los expertos, resaltando las tendencias, los datos extremos y atípicos, así como las diferencias de estas tendencias con respecto al consenso global de los expertos.

Esta etapa busca que los expertos analicen sus aportes en comparación con los entregados por los otros expertos, y que realicen las apreciaciones correspondientes con respecto a lo siguiente:

Diferencias entre el consenso de expertos y el punto de vista entregado en la etapa 1. En este caso se debe argumentar sobre los puntos de diferencia, si considera que aún son relevantes. En caso contrario, indicar que está de acuerdo con el consenso del grupo.

Modificación del consenso con nuevos elementos: En este caso, y basado en el análisis entregado por el monitor, se debe argumentar sólidamente por qué es relevante modificar el consenso del grupo de expertos, mediante la adición de nuevos elementos.

Esta información será devuelta al monitor, el cual se encargará de analizar y consolidar dicha información, para luego retroalimentar a los expertos e iniciar la tercera ronda.

Este proceso iterativo de respuesta se repetirá hasta máximo 5 rondas (3 más) o hasta que se haya alcanzado consenso. En el caso en que la ronda 5 no produzca consenso con respecto a la estructura jerárquica, los aspectos, factores y criterios se tomaran

basados en los datos medios encontrados durante las rondas, descartando aquellos criterios atípicos.

A1.2.3. Etapa 3. Finalización del modelo.

Una vez terminadas las rondas de evaluación, el monitor se encarga de realizar una presentación final, donde claramente se establecen los aspectos, factores y criterios, junto con la estructura seleccionada. Esta información es enviada a los expertos con el ánimo de comunicar el resultado final de la etapa de investigación, y posteriormente terminar el método Delphi.

Cuestionario 1.

Instrumento para determinar la estructura jerárquica del problema de análisis de decisión de una herramienta WMS

Con base en la información presentada en el apartado 5.1 del documento de trabajo de grado, determine la estructura jerárquica necesaria para el problema de selección de WMS en COTECMAR. A partir de la estructura jerárquica propuesta en la figura A1-2, que corresponde a la figura 21 del documento de trabajo de grado, seleccione una de las posibles opciones presentadas en la tabla A1-1.

Tabla A1-1. Posibles opciones al respecto de la estructura jerárquica propuesta.

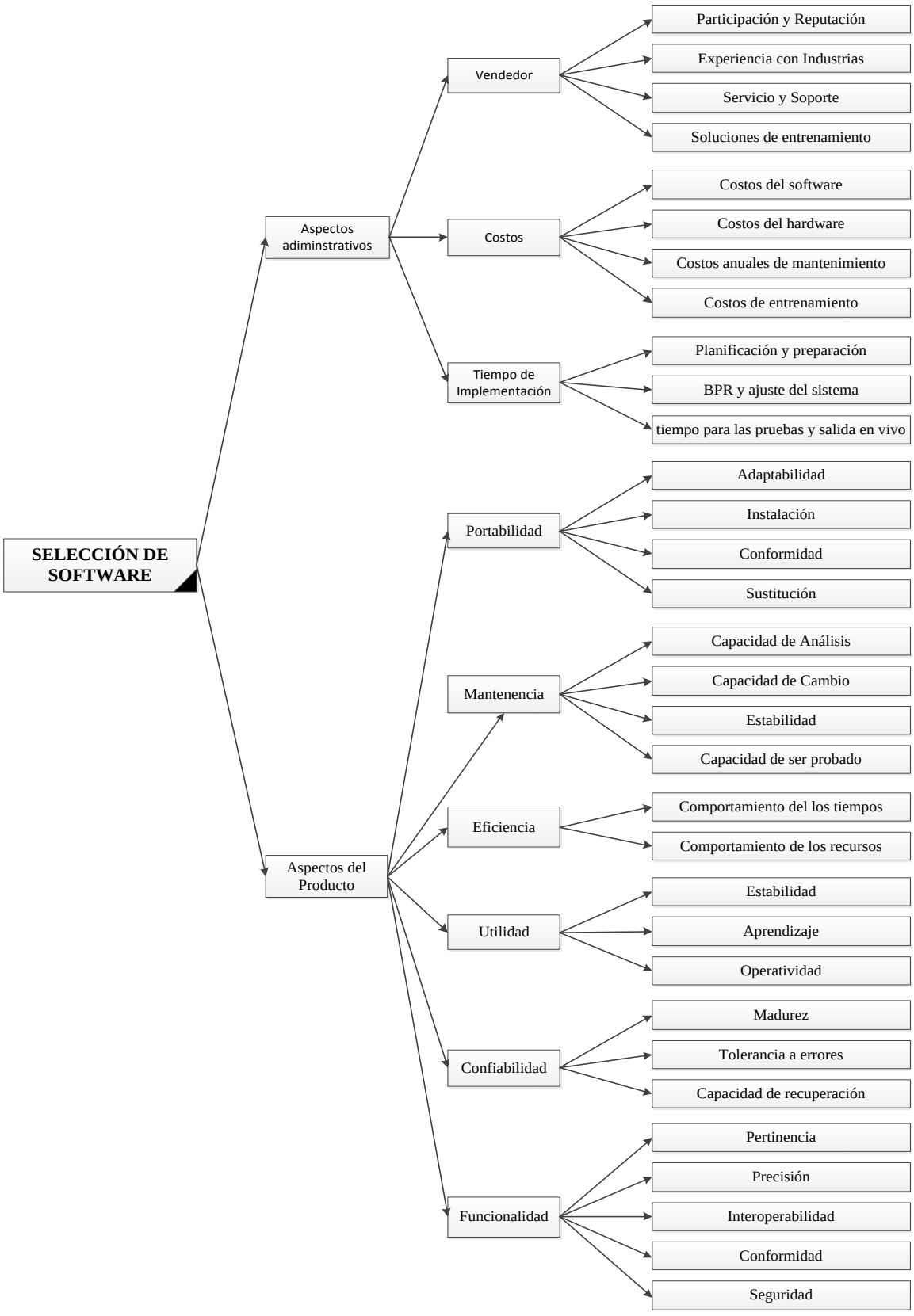
1	¿Está usted de acuerdo con la estructura presentada, y no requiere ninguna modificación?
2	¿Está usted de acuerdo con la estructura presentada, pero se deben incluir más elementos?
3	¿Está usted de acuerdo con la estructura presentada, pero se deben eliminar algunos elementos?
4	¿Está usted de acuerdo con la estructura presentada, pero se deben incluir y eliminar algunos elementos?
5	¿Está usted en desacuerdo con la estructura, y la modificaría drásticamente?
6	¿Está en total desacuerdo con la estructura, por lo tanto la rechaza rotundamente?

La tabla A1-1 presenta las opciones existentes alrededor de la estructura jerárquica propuesta, a partir de la cual el experto puede aprobarla, modificarla, construir una nueva o rechazarla.

Dependiendo de la opción seleccionada, por favor complete el apartado correspondiente, tal como se relaciona a continuación:

- *Si usted marco la pregunta 1, Por favor diligencie el apartado I*
- *Si usted marco la pregunta 2, Por favor diligencie el apartado II*
- *Si usted marco la pregunta 3, Por favor diligencie el apartado III*
- *Si usted marco la pregunta 4, Por favor diligencie el apartado IV*
- *Si usted marco la pregunta 5, Por favor diligencie el apartado IV*
- *Si usted marco la pregunta 6, Por favor diligencie el apartado V*

Figura A1-2. Estructura jerárquica propuesta.



Apartado I – cuestionario 1.

Complete este apartado si usted seleccionó la opción 1 de la tabla A1-1. *"¿Está usted de acuerdo con la estructura presentada, y no requiere ninguna modificación?"*

Por favor de respuesta a la siguiente pregunta.

1. ¿Por qué ha seleccionado dicha opción?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Aquí ha terminado el cuestionario 1. Por favor envíelo por correo electrónico, solicitando petición de recepción al monitor. El correo electrónico donde debe enviar este cuestionario diligenciado es _____@_____.com

Tan pronto como se hayan recibido las respuestas de los otros participantes y se haya procesado la información, recibirá retroalimentación, la cual será parte de la segunda ronda del método Delphi.

Apartado II – cuestionario 1.

Complete este apartado si usted seleccionó la opción 2 de la tabla A1-1. *"¿Está usted de acuerdo con la estructura presentada, pero se deben incluir más elementos?"*

Por favor de respuesta a la siguiente pregunta.

1. ¿Qué elementos considera pertinente incluir dentro de la estructura jerárquica?.

Por favor exprese claramente la razón de incluir cada uno de los elementos que usted ha considerado

A continuación, por favor complete los siguientes esquemas de la estructura jerárquica, dependiendo del aspecto al que desee incluir los nuevos elementos. Para esto, por favor utilice la figura A1-3 para modificar el aspecto administrativo, la figura A1-4 para completar el aspecto de calidad del producto y/o la figura A1-5 para adicionar un nuevo aspecto. En cada caso, por favor complete el esquema correspondiente y envíelo en un archivo adjunto al monitor.

Figura A1-3. Esquema para completar el aspecto Administrativo

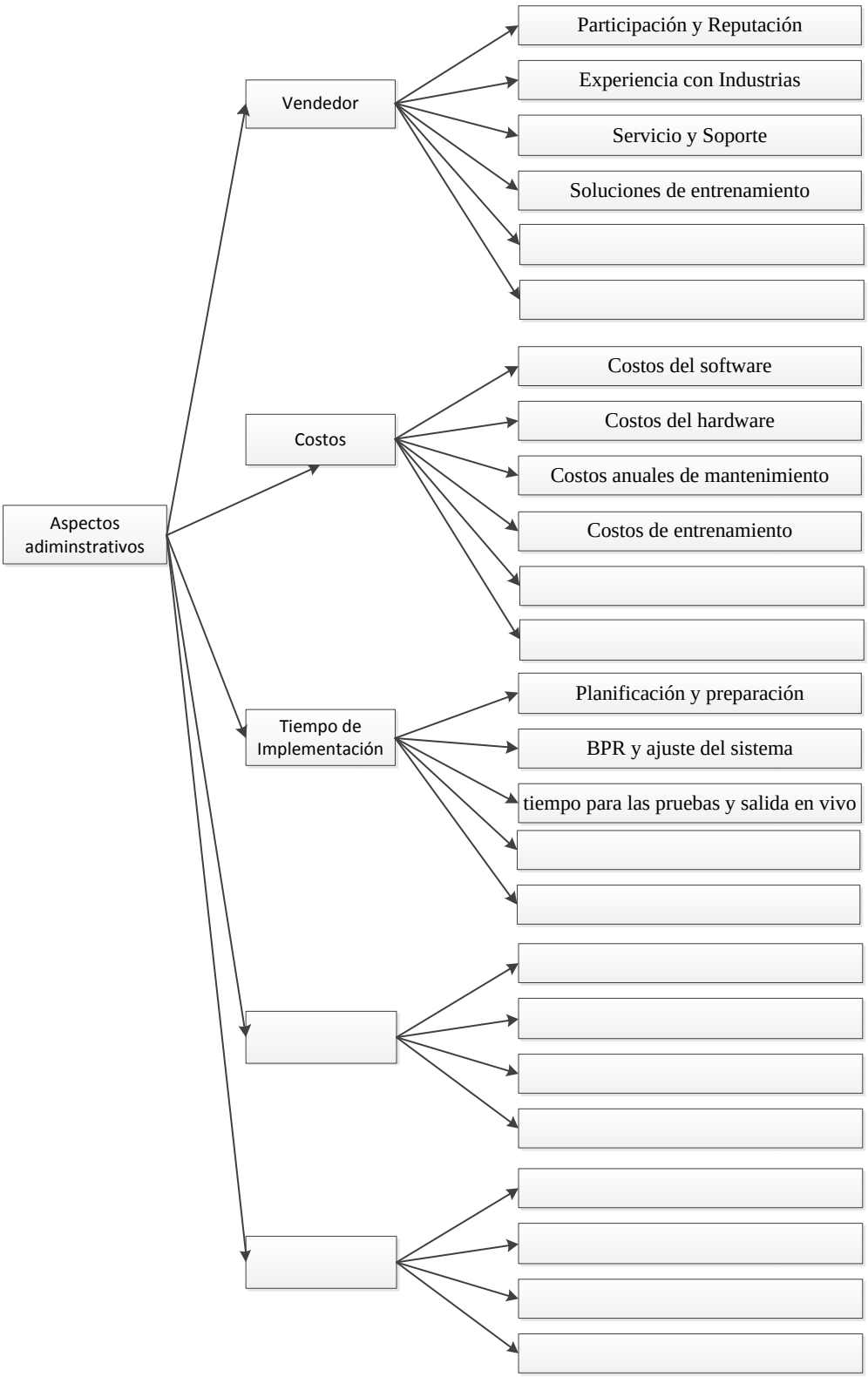


Figura A1-4. Esquema para completar el aspecto Calidad del producto.

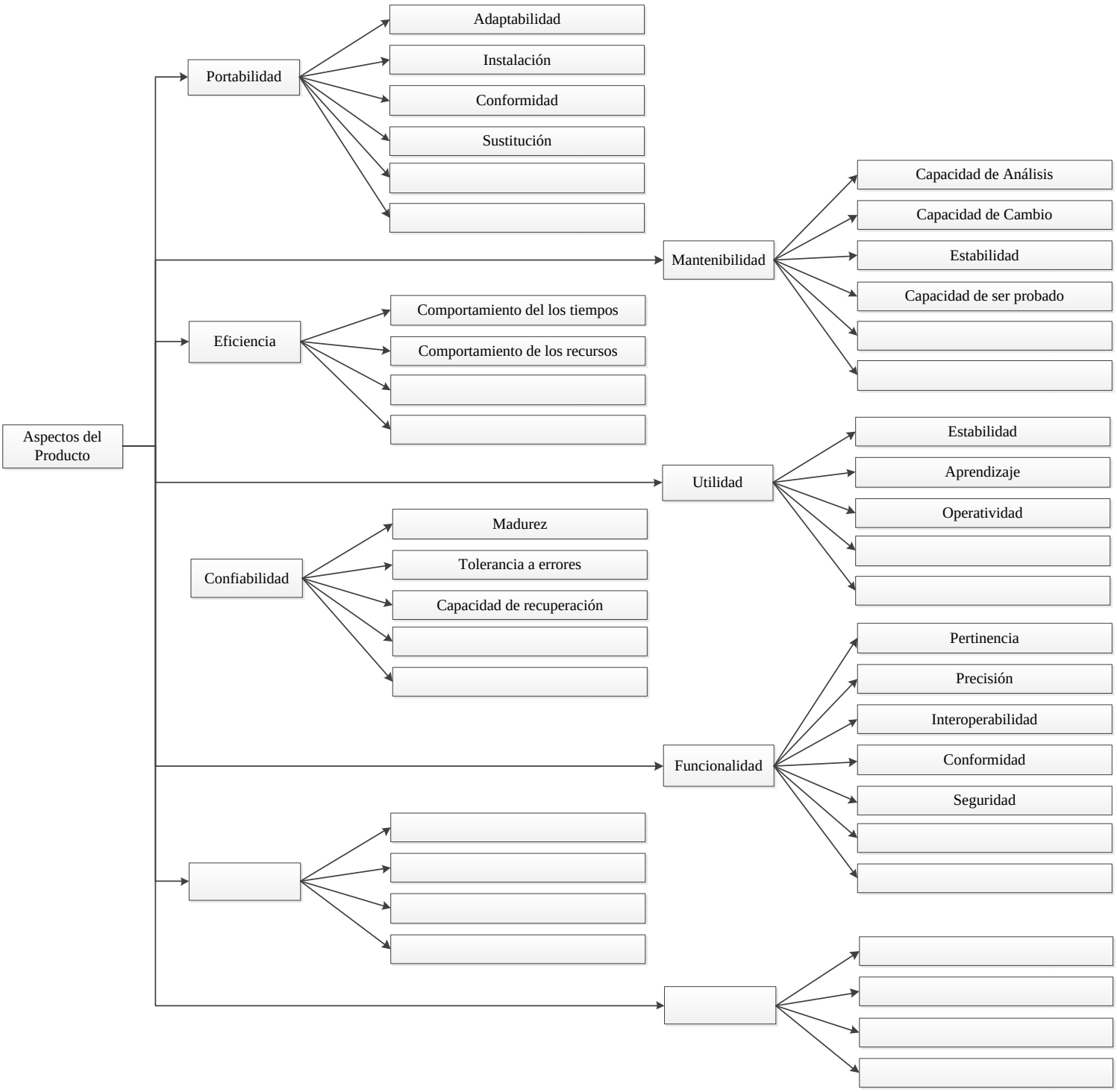
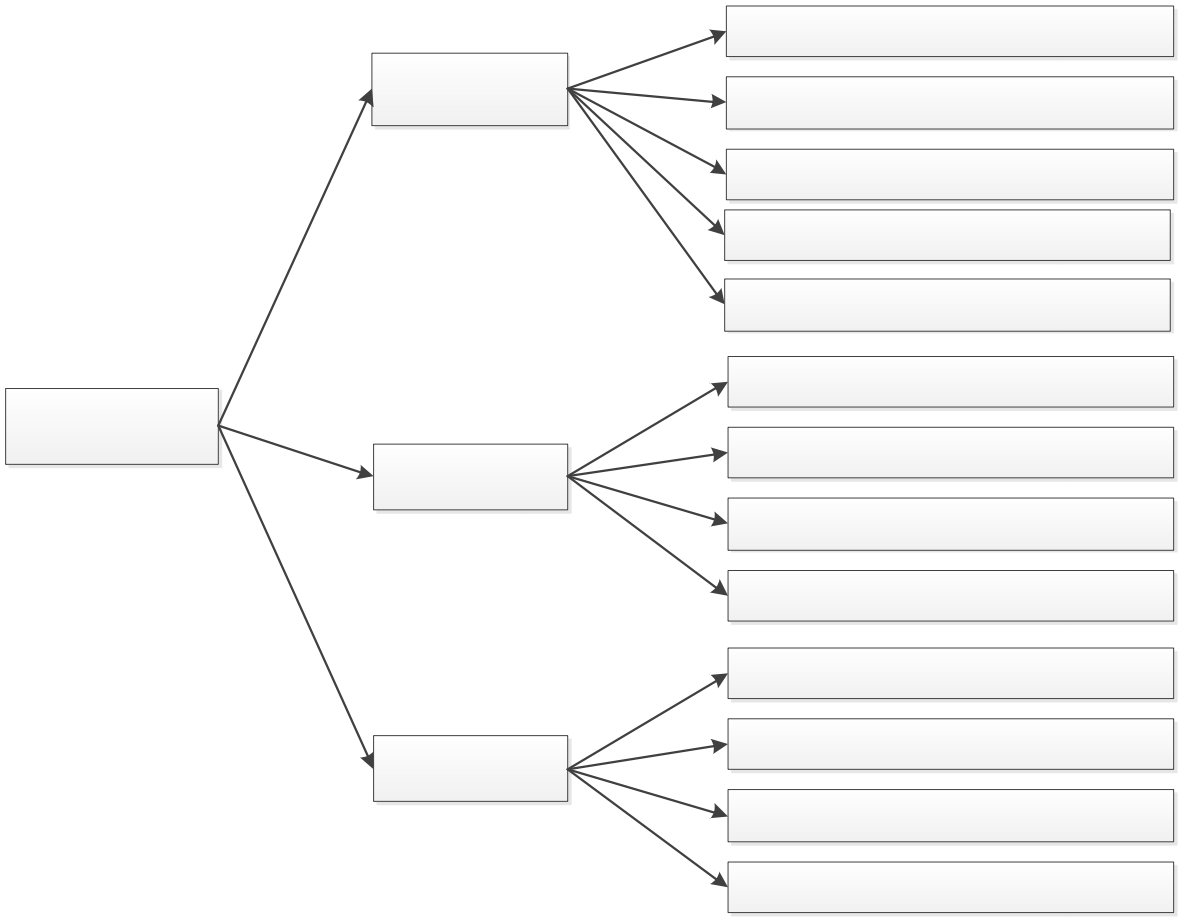


Figura A1-5. Esquema para completar un nuevo aspecto.



Aquí ha terminado el cuestionario 1. Por favor envíelo por correo electrónico, solicitando petición de recepción al monitor. El correo electrónico donde debe enviar este cuestionario diligenciado es _____@_____.com

Tan pronto como se hayan recibido las respuestas de los otros participantes y se haya procesado la información, recibirá retroalimentación, la cual será parte de la segunda ronda del método Delphi.

Apartado III – cuestionario 1.

Complete este apartado si usted seleccionó la opción 3 de la tabla A1-1. "¿Está usted de acuerdo con la estructura presentada, pero se deben eliminar algunos elementos?"

Por favor de respuesta a la siguiente pregunta.

1. ¿Qué elementos considera pertinente eliminar de la estructura jerárquica?.

Por favor exprese claramente la razón para eliminar cada uno de los elementos que usted ha considerado.

A continuación, por favor imprima los esquemas de los aspectos administrativos y de calidad del producto presentados en las figuras A1-6 y A1-7 respectivamente, imprímalos y con un lapicero tache aquellos criterios, factores y/o aspectos que considera necesarios eliminar.

Figura A1-6. Esquema para eliminar elementos del aspecto Administrativo.

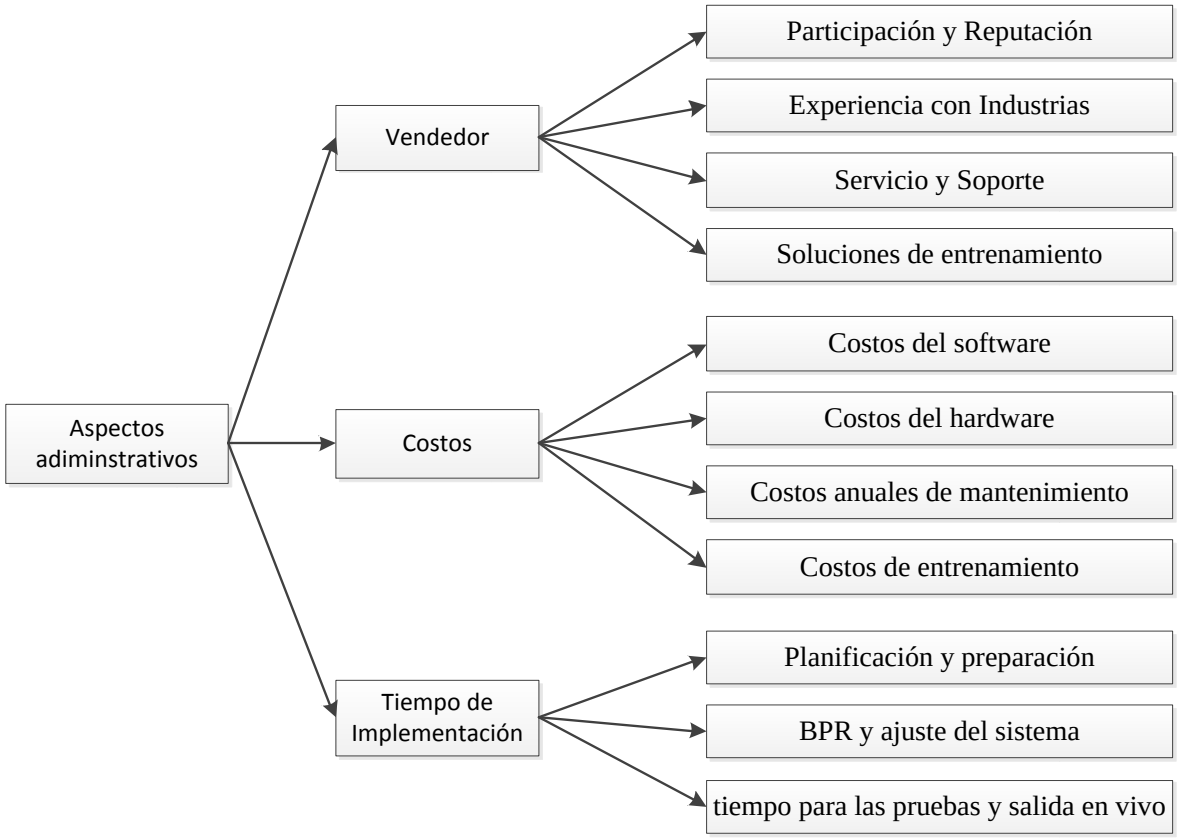
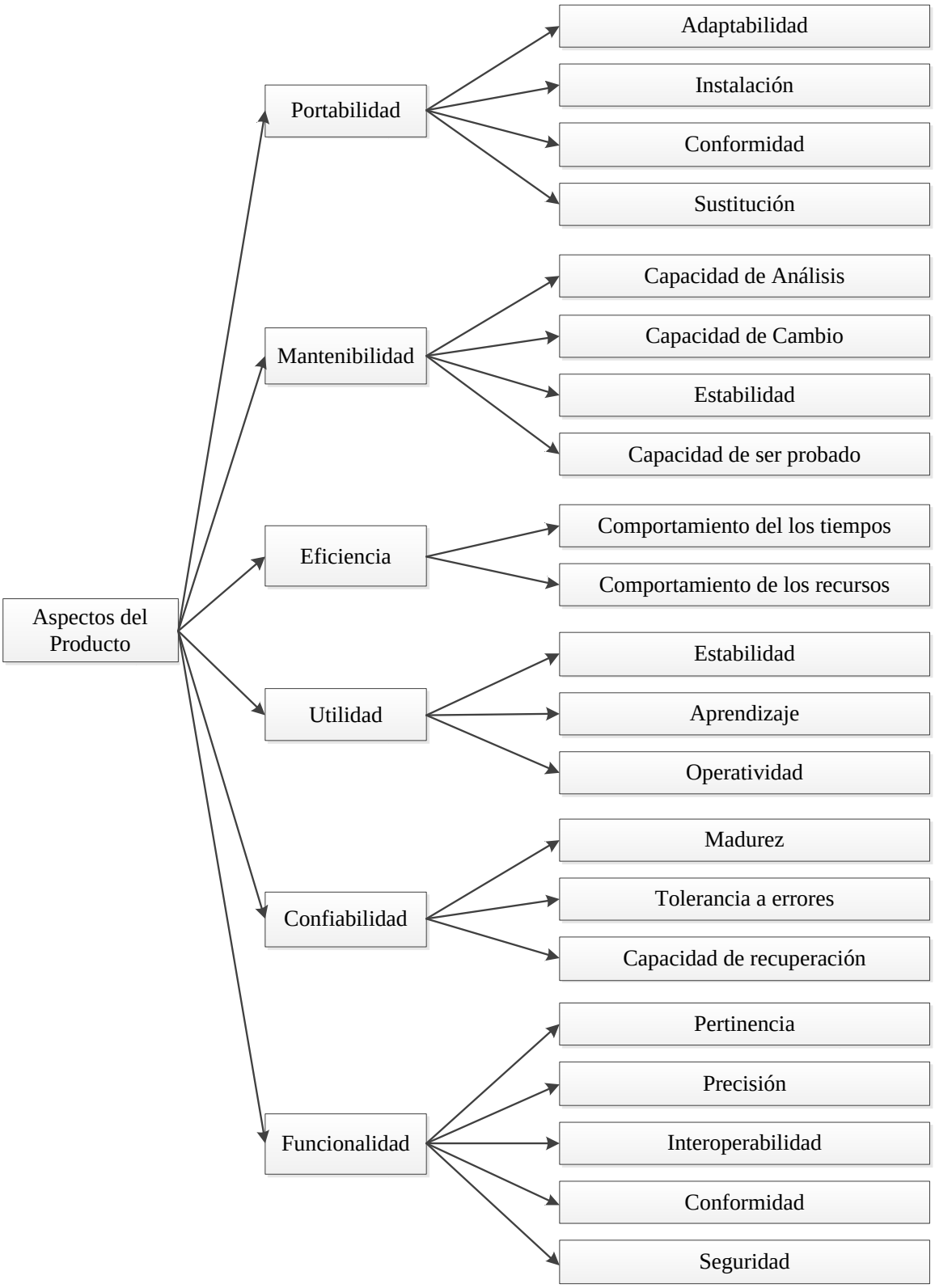


Figura A1-7. Esquema para eliminar elementos del aspecto Calidad del producto.



Aquí ha terminado el cuestionario 1. Por favor envíelo por correo electrónico, solicitando petición de recepción al monitor. El correo electrónico donde debe enviar este cuestionario diligenciado es _____@_____.com

Tan pronto como se hayan recibido las respuestas de los otros participantes y se haya procesado la información, recibirá retroalimentación, la cual será parte fundamental de la segunda ronda del método Delphi.

Apartado IV – cuestionario 1.

Complete este apartado si usted seleccionó la opción 4 o 5 de la tabla A1-1. "¿Está usted de acuerdo con la estructura presentada, pero se deben incluir y eliminar algunos elementos?" o "¿Está usted en desacuerdo con la estructura, y la modificaría drásticamente?"

Por favor de respuesta a las siguientes preguntas.

1. ¿Qué elementos considera pertinente incluir en la estructura jerárquica?.

Por favor exprese claramente la razón para incluir cada uno de los elementos que usted ha considerado.

2. ¿Qué elementos considera pertinente incluir en la estructura jerárquica?

Por favor exprese claramente la razón para incluir cada uno de los elementos que usted ha considerado.

A continuación, con la ayuda del esquema de aspectos presentado en la figura A1-8, organice la estructura jerárquica tal como usted considera,. Esta figura presenta la estructura básica para construir un aspecto, por tal motivo complete la misma tantas veces como aspectos va a considerar en la estructura que usted propone, llene sus respectivos factores y criterios, de forma que la estructura se vea similar a la presentada en la figura A1-2. Una vez estén completados los aspectos que recomienda, por favor escanéelos y envíelos en un archivo adjunto al momento de reenviar este cuestionario al monitor.

Figura A1-8. Esquema de aspecto para modificar la estructura jerárquica propuesta.

Aquí ha terminado el cuestionario 1. Por favor envíelo por correo electrónico, solicitando petición de recepción al monitor. El correo electrónico donde debe enviar este cuestionario diligenciado es _____@_____.com

Tan pronto como se hayan recibido las respuestas de los otros participantes y se haya procesado la información, recibirá retroalimentación, la cual será parte fundamental de la segunda ronda del método Delphi.

Apartado V – cuestionario 1.

Complete este apartado si usted seleccionó la opción 6 de la tabla A1-a. "¿Está en total desacuerdo con la estructura, por lo tanto la rechaza rotundamente?"

Por favor de respuesta a las siguientes preguntas.

1. ¿Por qué rechaza lo propuesta rotundamente?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

2. ¿Propone usted otra estructura?

SI ____ NO ____

¿Por Qué?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

En caso de haber respondido afirmativamente la pregunta anterior, por favor diligencia el apartado IV

Aquí ha terminado el cuestionario 1. Por favor envíelo por correo electrónico, solicitando petición de recepción al monitor. El correo electrónico donde debe enviar este cuestionario diligenciado es _____@_____.com

Tan pronto como se hayan recibido las respuestas de los otros participantes y se haya procesado la información, recibirá retroalimentación, la cual será parte fundamental de la segunda ronda del método Delphi.

Anexo 2: Proceso de determinación de preferencias de los expertos sobre la estructura jerárquica y las alternativas para el desarrollo del método AHP extendido con lógica difusa

En este anexo se detallan los elementos más prácticos al respecto del proceso de recolección de la información sobre las preferencias que los expertos tiene sobre cada uno de los aspectos, factores y criterios, así como de las preferencias que estos mismos tienen sobre cada una de las alternativas comparadas con la totalidad de los criterios, tal como será explicado más adelante.

La determinación de las preferencias para cada una de los aspectos, factores, criterios y alternativas, se realiza con la ayuda de varias matrices, en las cuales es fácil realizar la comparación entre los diferentes elementos. En la figura A2-1 se muestra un ejemplo de estas matrices de comparación.

Figura A2-1. Ejemplo de matriz de comparación.

Importancia relativa de calidad de criterios del factor Utilidad			
	Estabilidad	Aprendizaje	Operatividad
Estabilidad			
Aprendizaje			
Operatividad			

De la figura A2-1 es posible observar como los criterios del factor Utilidad son comparados entre sí. En esta matriz se evalúan los elementos listados en la primera columna comparados con aquellos situados en la primera fila. De esta forma, a modo de ejemplo, en la figura A2-1, el criterio estabilidad se está comparando con respecto al criterio aprendizaje, luego si la calificación asociada al criterio estabilidad es mayor con respecto al correspondiente de aprendizaje, entonces en la casilla correspondiente se debe colocar la calificación que indique dicha preferencia positiva. Así, si el concepto del

criterio estabilidad es que es fuertemente más importante con respecto al criterio aprendizaje, en la casilla indicada por la flecha roja, se debe consignar dicha calificación.

Para la calificación de cada una de las posibles comparaciones, se utiliza la escala lingüística correspondiente a la propuesta presentada por Büyüközkan et al. (2004), la cual está compuesta por una escala de 9 niveles, con los cuales pueden ser esclarecidos los pensamientos de los evaluadores (Büyüközkan et al., 2004). Tal como se lista a continuación:

- **AMEI:** Absolutamente Menos Importante.
- **MFMEI:** Muy Fuertemente Menos Importante.
- **FMEI:** Fuertemente Menos Importante.
- **DMEI:** Débilmente Menos Importante.
- **II:** Igualmente importante
- **DMAI:** Débilmente Más Importante
- **FMAI:** Fuertemente Más Importante
- **MFMAI:** Muy Fuertemente Más Importante.
- **AMAI:** Absolutamente Más Importante

Para complementar el ejemplo sobre cómo utilizar las matrices de comparación, conservando la preferencia establecida anteriormente sobre los criterios estabilidad y aprendizaje, estableciendo que el criterio de estabilidad es débilmente menos importante que el criterio operatividad y que el criterio aprendizaje es absolutamente más importante que el correspondiente de operatividad, la matriz de comparación A2-1 queda establecida como se muestra en la figura A2-2.

Figura A2-2. Matriz de comparación consignado las preferencias de ejemplo.

Importancia relativa de calidad de criterios del factor Utilidad			
	Estabilidad	Aprendizaje	Operatividad
Estabilidad		FMAI	DMEI
Aprendizaje			AMAI
Operatividad			

Para realizar la comparación de todos los criterios, factores y aspectos de la estructura jerárquica, se debe llenar el cuestionario 2, en el cual claramente se presentan las matrices de comparación separadamente para cada uno de estos elementos, de forma similar al ejemplo realizado anteriormente.

Para realizar la comparación de las alternativas con respecto a cada uno de criterios, factores y aspectos de la estructura jerárquica, se debe llenar el cuestionario 3.

Cuestionario 2.

Instrumento para determinar las preferencias con respecto a los aspectos, factores y criterios de la estructura jerárquica.

El presente cuestionario busca determinar los pesos correspondientes de los aspectos, factores y criterios de la estructura jerárquica establecida para la selección de herramientas de tecnología de la información y las comunicaciones TIC's en COTECMAR.

En el mismo, se pretende que la persona evaluada consigne sus preferencias con respecto a cada uno de los aspectos, factores y criterios. Para el ingreso de las preferencias debe utilizarse la escala lingüística presentada en la tabla A2-1.

Tabla A2-1. Escala lingüística para las comparaciones de importancia relativa

Sigla	Descripción
AMEI	Absolutamente Menos Importante
MFMEI	Muy Fuertemente Menos Importante.
FMEI	Fuertemente Menos Importante.
DMEI	Débilmente Menos Importante.
II	Igualmente importante.
DMAI	Débilmente Más Importante.
FMAI	Fuertemente Más Importante.
MFMAI	Muy Fuertemente Más Importante.
AMAI	Absolutamente Más Importante.

En la figura 21 del documento de trabajo de grado, se presenta la estructura jerárquica propuesta, la cual es el objeto de estudio del presente cuestionario. Se recomienda a la persona evaluada analizar dicha estructura, con lo cual puede ser más claro todo el proceso de decisión sobre dichas preferencias.

A. Comparación de aspectos

Por favor realice la comparación entre el aspecto Administrativo y el aspecto calidad del producto, de acuerdo a su preferencia, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

1. ¿Cuál es el nivel de importancia del aspecto administrativo con respecto al aspecto de calidad de producto?

Importancia relativa de los Aspectos		
	Aspecto Administrativo	Aspecto Producto
Aspecto Administrativo		
Aspecto Producto		

B. Comparación de factores

B.1. Factores del aspecto administrativo

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los factores del aspecto administrativo, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

2. ¿Cuál es el nivel de importancia del factor vendedor con respecto al factor costos y el factor tiempo de implementación?

3. ¿Cuál es el nivel de importancia del factor costos con respecto al factor tiempo de implementación?

Importancia relativa a los factores del aspecto Administrativo			
	Vendedor	Costos	Tiempo de implementación
Vendedor			
Costos			
Tiempo de implementación			

B.2. Factores del aspecto calidad del producto

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los factores del aspecto calidad del producto, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

4. ¿Cuál es el nivel de importancia del factor portabilidad con respecto a los factores mantenencia, eficiencia, utilidad, confiabilidad y funcionalidad?

5. ¿Cuál es el nivel de importancia del factor mantenencia con respecto a los factores eficiencia, utilidad, confiabilidad y funcionalidad?

6. ¿Cuál es el nivel de importancia del factor eficiencia con respecto a los factores utilidad, confiabilidad y funcionalidad?

7. ¿Cuál es el nivel de importancia del factor utilidad con respecto a los factores confiabilidad y funcionalidad?

8. ¿Cuál es el nivel de importancia del factor confiabilidad con respecto al factor funcionalidad?

Importancia relativa a los factores del aspecto de calidad de software						
	Portabilidad	Mantenencia	Eficiencia	Utilidad	Confiabilidad	Funcionalidad
Portabilidad						
Mantenencia						
Eficiencia						
Utilidad						
Confiabilidad						
Funcionalidad						

C. Comparación de criterios

C.1. Criterios pertenecientes al aspecto administrativo

En este apartado evalúe los criterios asociados a cada factor del aspecto administrativo.

Criterios del factor vendedor

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los criterios del factor Vendedor, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

9. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Reputación y Participación* con respecto a los criterios *Experiencias con la Industria, Servicio y Soporte, y Soluciones de Entrenamiento?*

10. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Experiencias con la Industria* con respecto a los criterios *Servicio y Soporte, y Soluciones de Entrenamiento?*

11. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Servicio y Soporte* con respecto al criterio *Soluciones de Entrenamiento?*

Importancia relativa de criterios del factor de Vendedor				
	Reputación y Participación	Experiencias con la Industria	Servicio y Soporte	Soluciones de Entrenamiento
Reputación y Participación				
Experiencias con la Industria				
Servicio y Soporte				
Soluciones de Entrenamiento				

Criterios del factor costos

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los criterios del factor costos, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

12. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Costos de Software* con respecto a los criterios *Costos de Hardware*, *Costos año de Mantenimiento* y *Costos de Entrenamiento*?

13. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Costos de Hardware* con respecto a los criterios *Costos año de Mantenimiento* y *Costos de Entrenamiento*?

14. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Costos año de Mantenimiento* con respecto al criterio *Costos de Entrenamiento*?

Importancia relativa de criterios del factor de costos				
	Costos de Software	Costos de Hardware	Costos año de Mantenimiento	Costos de Entrenamiento
Costos de Software				
Costos de Hardware				
Costos año de Mantenimiento				
Costos de Entrenamiento				

Criterios del factor Tiempo de implementación

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los criterios del factor tiempo de implementación, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

15. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Planificación y Preparación* con respecto a los criterios *BPR y Ajuste del Sistema* y *Tiempo para pruebas y salida en vivo*?

16. ¿Cuál es el nivel de importancia del *BPR y Ajuste del Sistema* con respecto al criterio *Tiempo para pruebas y salida en vivo*?

Importancia relativa de criterios factor de tiempo de implementación			
	Planificación y Preparación	BPR y Ajuste del Sistema	Tiempo para pruebas y salida en vivo
Planificación y Preparación			
BPR y Ajuste del Sistema			
Tiempo para pruebas y salida en vivo			

C.2. Criterios pertenecientes al aspecto calidad del producto

En este apartado evalúe los criterios asociados a cada factor del aspecto Calidad del producto.

Criterios del factor portabilidad

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los criterios del factor Vendedor, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

17. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Adaptabilidad* con respecto a los criterios *Instalación, Conformidad y sustitución?*

18. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Instalación* con respecto a los criterios *Conformidad y Sustitución?*

19. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Conformidad* con respecto al criterio *Sustitución?*

Importancia relativa de criterios del factor portabilidad				
	Adaptabilidad	Instalación	Conformidad	Sustitución
Adaptabilidad				
Instalación				
Conformidad				
Sustitución				

Criterios del factor Mantenencia

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los criterios del factor mantenencia, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

20. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Análisis* con respecto a los criterios *Capacidad de cambio, Estabilidad y Capacidad de prueba?*

21. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Capacidad de cambio* con respecto a los criterios *Estabilidad y Capacidad de prueba?*

22. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Estabilidad* con respecto al criterio *Capacidad de prueba?*

Importancia relativa de criterios del factor Mantenencia				
	Análisis	Capacidad de cambio	Estabilidad	Capacidad prueba
Análisis				
Capacidad de cambio				
Estabilidad				
Capacidad prueba				

Criterios del factor Eficiencia

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los criterios del factor Eficiencia, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

23. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Comportamiento de los tiempos* con respecto al criterio *Comportamiento de los recursos?*

Importancia relativa de criterios del factor Eficiencia		
	Comportamiento de los tiempos	Comportamiento de los recursos
Comportamiento de los tiempos		
Comportamiento de los recursos		

Criterios del factor Utilidad

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los criterios del factor Utilidad, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

24. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Estabilidad* con respecto a los criterios *Aprendizaje* y *Operatividad?*

25. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Aprendizaje* con respecto al criterio *Operatividad?*

Importancia relativa de criterios del factor Utilidad			
	Estabilidad	Aprendizaje	Operatividad
Estabilidad			
Aprendizaje			
Operatividad			

Criterios del factor Confiabilidad

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los criterios del factor Confiabilidad, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

26. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Madurez* con respecto a los criterios *Tolerancia a errores* y *Capacidad de recuperación?*

27. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Tolerancia a errores* con respecto al criterio *Capacidad de recuperación?*

Importancia relativa de criterios del factor Confiabilidad			
	Madurez	Tolerancia a errores	Capacidad de recuperación
Madurez			
Tolerancia a errores			
Capacidad de recuperación			

Criterios del factor Confiabilidad

Por favor establezca sus preferencias con respecto a los criterios del factor Funcionalidad, utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

28. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Pertinencia* con respecto a los criterios *Precisión, Interoperabilidad, Conformidad* y *Seguridad?*

29. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Precisión* con respecto a los criterios *Interoperabilidad, Conformidad* y *Seguridad?*

30. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Interoperabilidad* con respecto a los criterios *Conformidad* y *Seguridad?*

31. ¿Cuál es el nivel de importancia del criterio *Conformidad* con respecto al criterio *Seguridad?*

Importancia relativa de criterios del factor Funcionalidad					
	Pertinencia	Precisión	Interoperabilidad	Conformidad	Seguridad
Pertinencia					
Precisión					
Interoperabilidad					
Conformidad					
Seguridad					

Cuestionario 3.

Instrumento para determinar las preferencias de las alternativas con respecto a los aspectos, factores y criterios de la estructura jerárquica.

El presente cuestionario busca determinar los juicios correspondientes de cada una de las tres alternativas con respecto a los criterios de la estructura jerárquica, establecida para la selección de un sistema de administración de almacenes – WMS (Warehouse Management System).

En este cuestionario cada persona evaluada debe consignar sus preferencias mediante la escala lingüística presentada en la tabla A2-1.

Tabla A2-1. Escala lingüística para las comparaciones de importancia relativa

Sigla	Descripción
AMEI	Absolutamente Menos Importante
MFMEI	Muy Fuertemente Menos Importante.
FMEI	Fuertemente Menos Importante.
DMEI	Débilmente Menos Importante.
II	Igualmente importante.
DMAI	Débilmente Más Importante.
FMAI	Fuertemente Más Importante.
MFMAI	Muy Fuertemente Más Importante.
AMAI	Absolutamente Más Importante.

En la figura 21 del documento de trabajo de grado se puede apreciar la estructura jerárquica propuesta, la cual es el objeto de estudio del presente cuestionario. Se recomienda a la persona evaluada analizar previamente la estructura propuesta, con lo cual puede ser más claro todo el proceso de decisión sobre dichas preferencias.

Las tres alternativas seleccionadas para el estudio de análisis de decisión de la mejor alternativa WMS son:

- WMS 1. QAD
- WMS 2. INFOR
- WMS 3. ORION

Para el proceso de análisis jerárquico, se debe realizar la comparación entre estas alternativas, con respecto a cada uno de los criterios de la estructura jerárquica propuesta.

A. Comparación de alternativas con respecto a criterios del aspecto administrativo

Con base en sus preferencias, realice la comparación de cada una de las alternativas con respecto a todos los criterios del aspecto Administrativo. Realice la comparación utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

1. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION, con base en el criterio Reputación y Participación?*

2. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION, con base en el criterio Reputación y Participación?*

Reputación y Participación	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

3. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION, con base en el criterio Experiencias con la Industria?*

4. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION, con base en el criterio Experiencias con la Industria?*

Experiencias con la Industria	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

5. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION, con base en el criterio Servicio y soporte?*

6. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION, con base en el criterio Servicio y soporte?*

Servicio y Soporte	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

7. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION, con base en el criterio Soluciones de entrenamiento?*

8. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION, con base en el criterio Soluciones de entrenamiento?*

Soluciones de Entrenamiento	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

9. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION, con base en el criterio Costos de software?*

10. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Costos de software?

Costos de Software	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

11. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Costos de Hardware?

12. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION, con base en el criterio Costos de Hardware?*

Costos de Hardware	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

13. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Costos año de mantenimiento?

14. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION, con base en el criterio* Costos año de mantenimiento*?*

Costos año de Mantenimiento	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

15. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Costos de entrenamiento?

16. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION, con base en el criterio* Costos de entrenamiento*?*

Costos de Entrenamiento	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

17. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio planificación y preparación?

18. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION, con base en el criterio* planificación y preparación*?*

Planificación y Preparación	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

19. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio BPR y ajuste del sistema?

20. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio BPR y ajuste del sistema?

BPR y Ajuste del Sistema	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

21. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Tiempo para las Pruebas y salida en vivo?

22. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Tiempo para las Pruebas y salida en vivo?

Tiempo para las Pruebas y salida en vivo	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

B. Comparación de alternativas con respecto a criterios del aspecto calidad de producto.

Con base en sus preferencias, realice la comparación de cada una de las alternativas con respecto a todos los criterios del aspecto Calidad del producto. Realice la comparación utilizando las posibles opciones presentadas en la escala lingüística de la tabla A2-1.

23. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Adaptabilidad?

24. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Adaptabilidad?

Adaptabilidad	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

25. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Instalación?

26. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Instalación?

Instalación	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

27. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Conformidad?

28. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Conformidad?

Conformidad	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

29. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Sustitución?

30. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Sustitución?

Sustitución	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

31. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Análisis?

32. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Análisis?

Análisis	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

33. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Capacidad de cambio?

34. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Capacidad de cambio?

Capacidad de cambio	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

35. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Estabilidad?

36. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Estabilidad?

Estabilidad	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

37. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Capacidad de prueba?

38. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Capacidad de prueba?

Capacidad prueba	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

39. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Comportamiento de los tiempos?

40. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Comportamiento de los tiempos?

Comportamiento de los tiempos	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

41. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Comportamiento de los recursos?

42. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Comportamiento de los recursos?

Comportamiento de los recursos	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

43. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Estabilidad?

44. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Estabilidad?

Estabilidad	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

45. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Aprendizaje?

46. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Aprendizaje?

Aprendizaje	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

47. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Operatividad?

48. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Operatividad?

Operatividad	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

49. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Madurez?

50. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Madurez?

Madurez	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

51. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Tolerancia a errores?

52. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Tolerancia a errores?

Tolerancia a errores	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

53. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Capacidad de recuperación?

54. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Capacidad de recuperación?

Capacidad de recuperación	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

55. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Pertinencia?

56. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Pertinencia?

Pertinencia	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

57. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Precisión?

58. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Precisión?

Precisión	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

59. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Interoperabilidad?

60. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Interoperabilidad?

Interoperabilidad	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

61. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Conformidad?

62. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Conformidad?

Conformidad	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

63. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 1- QAD* con respecto a las *alternativas WMS 2 – INFOR y WMS 3 – ORION*, con base en el criterio Seguridad?

64. ¿Cuál es el nivel de importancia de la alternativa *WMS 2 – INFOR* con respecto a la *alternativa WMS 3 – ORION,* con base en el criterio Seguridad?

Seguridad	WMS 1 - QAD	WMS 2 -INFOR	WMS 3 - ORION
WMS 1 - QAD			
WMS 2 -INFOR			
WMS 3 - ORION			

Anexo 3: Disponibilidad de sistemas de administración de inventarios –WMS- en el mundo.

En este documento se presenta una lista de diferentes marcas de WMS ofrecidas en el mercado a nivel mundial. Esta lista está compuesta por 213 diferentes WMS, los cuales fueron obtenidos mediante la revisión bibliográfica a través de internet y la consulta con empresas especializadas en software. Dicha lista se consigna en la tabla A3-1, donde se presenta la casa productora de software y el nombre de cada herramienta.

Tabla A3-1. Lista de WMS.

EMPRESA	SOFTWARE
3i Infotech APAC	ORION
3PL Central	3PL Warehouse Manager
3PL Software	3PLink
4uLogistics	Warehouse Under Control
Ablaze Software	Pick and Send
Acatech Solutions	Andaris Warehouse RF
Accellos	Accellos WMS
AccuCode	Intuit Warehouse Management ES
Accuware	ProActive Inventory Manager
Activant	Prophet 21
Advanceware Technologies	AdvancePro
AFS Technologies	Priya WMS
AGI Worldwide	AGI WMS
AHN	WarehouseQ
Alsis Group	Infolog WMS
Appolis	Without Wire Warehouse
Apriso	FlexNet
Aquitec	Cquential
Argos Software	ABECAS Insight WMS
ASAP Automation	Exacta
ASAP Systems	Passport Inventory
ASC Software	ASCTrac

Asgard Software	Asgard WMS
ASPGS	GEMpro
ATMS	StockTrack PLUS
Aurora Bar Code Technologies	Bar Code Scanning
Automation Associates	RF Pathways WMS
Avercast	Avercast Trolling For Dollars
Axxom Software	Orion - PI
BarControl	iBEM WMS
BEC Systems	StockScan
BluePen Software	Mobile Commerce
Boon Software Consulting	Symphony Logistics Suites
Business Size Served: Mid	Large
Butler Commerce Solutions	ec21
Cadre Technologies	Accuplus
Cadre Technologies	Accuplus 3PL
Cambar Solutions	Cambar Warehouse Management
Carillon Financials	Carillon
Catalyst International	Catalyst WMS
CDM Software Solutions	CDM WinWMS
Chess Logistics Technology	Empirica
Clydebuilt Solutions	LocateIT
CMS Consultants	WorldLink
Codeworks	Warehouse and Distribution Logistics System
Computerized Inventory Systems Specialists	Inventory Pro
Core e - business solutions	CoreWarehouse
Core Partners	CoreIMS
CP Tech	DistributionPlus
CRiSTAL Solutions	CRiSTAL WMS
CSoft	Website based Warehousing Software
Datex	Datex FootPrint WMS
DBI Technologies	DBi Warehouse Shipments Scheduling Framework
Deacom	DEACOM Accounting & ERP Software
Dematic	Director IT
Deposco	ShipForce
Digital Applications International	Matflo
DMS Systems	Qwik - Order
DPS	DPS Zap
DRG Intelligent Computer Concepts	Orderwave
DSA Software	FOXWARE
DST	Warehouse Performance Suite
Eclipse Systems	DCMS - Warehouse Management System

Elettric 80	Elettric 80 WMS
Epic Data	Warehouse Data Collection
ETP International	ETP VX
Everest Software	Everest Inventory
Exact	Warehouse Management System
Executive Property Investment	Inventory Executive System
Expertek Systems	SX Enterprise
FASCOR	FASCOR WMS
Fishbowl Inventory	Fishbowl Inventory
Focus Softnet	Focus WMS
Fortna	FortnaWCS
Forward Computers	ForwardOffice WMS
Four Soft	4S eLog
Foxfire Technologies	Foxfire WMS
G.A.G. Technologies	WMS Express
Gamma Software	GammaSoft Inventory
Gateway Software	Warehouse Management System
General Data Systems	ProfitTool
GigaTrak	WIN - WMS
Global Software Systems	StorePRO
GlobalTech	GT - LRP
Gurusoft	G3PL Logistics Management
HighJump Software	Supply Chain Advantage
HighJump Software	HighJump Warehouse Advantage
IBS US	ASW
ibuyer.hk Software Technology	WarehouseNe
ICS	Logimax
IES	Inventory Based Warehouse
IHS Software	ReadyToShip
Imagine	Imagine/Radio Beacon
IMPART Solutions	LAMP Warehouse Inventory
Inconso	Inconso WMS
Inconso AG	Inconso WMS Suite
Infor	Infor SCM Warehouse Management Enterprise
Infor	Infor SCM Warehouse Management
Infosite Technologies	DM Warehousing
IntelliTrack	IntelliTrack WMS
interLink Logistics Technologies	RF Pathways
Interlink Technologies	WHSe - LINK
Invar Systems	IWS
InveTrak	InveTrak WMS
IPACS	Warehouse Management System

Ironbark Software	Ironbark Wholesale Distribution Software
Jade Software	JADE Master Terminal
JAIX Software	JAIX Logistics
KCSI	SIMMS
Kewill	Kewill CustomsXchange
Key - Soft Software	Key - Stock & Inventory
Key Computer Applications	Key Optima
Key Software Systems	Xcelerator
Keyfields	iWMS
Keymas	K - store
Kimatra SoftTech	Warehouse Management System
KNAPP Logistics Automation	KiSoft WMS
Knapp UK	KiSoft WMS
Knighted Computer Systems	Merlins Vision
LOG - NET	LOG - NET System
Log Master Oy	LmWMS
Logility	Voyager
Logility	Voyager WarehousePRO
Logistics Logic	FMSWarehouse
Logistics Software	Warehouse Explorer
Made4net	WarehouseExpert
Magaya	Magaya WMS
MaintStar	MaintStar Warehouse Management
Manco Systems	ManBar WMS
Manhattan Associates	Warehouse Management
Maves International Software	e-Z Ware
Menlo Worldwide	WMS
Mercury Commerce	VendorBridge
Microhouse Systems	MultiFlexERP
Microlistics	ISIS
Microsoft	Dynamics SL
Microsoft	Microsoft Dynamics AX - Warehouse Solution
Miles Technologies	INVision
Mincron Software Systems	Warehouse Manager
Minerva Associates	AIMS
Minidata	ScheduleMate
Minster Computer Systems	Minster Logistics WMS
National Technology Services	NTSWMS
NeoSystems	IntraLogis
NewHaven Software	CMS Standard
Notetech Software	Notetech WMS
NWA Warehouse Automation	SMART

Omega Technologies	Warehouse Wizard
Open Systems	Traverse
Optima Warehouse Solutions	Optimiser WMS
Oracle	Oracle Fusion
Pangaea Systems	Pangaea IMSpro
PathGuide Technologies	Warehouse Management System WMS
PULSE Logistics Systems	PULSE2000
QAD	QAD Enterprise Applications
Quality Software Systems	PowerHouse
Quick Warehouse	QuickTrak Enterprise
Radcliffe Inc	Synchronicity
RedPrairie	RedPrairie Warehouse Management
RedPrairie Corporation	E3e
Robocom Systems International	Robocom Inventory Management
Royal 4 Systems	WISE
RT Systems	RT LOCATOR
S3CO	Root WMS
Sage	Geode GX
Sage Software	Sage Accpac WMS
Savant Software	Savant Warehouse Management System
Scout Software	TopShelf
SCS Automation	COREflex WMS
Sentai Software	Pinpoint WMS
Seven Hills Business Solutions	eBizNET
Sierra ODC	WMCentral
Sistema Logistics	G2000
Skyway Software Inc	Skyway Direct Procurement Unification
Smart Warehouse Systems	SmartStorer
SmartLinc	SmartPack
SmartTurn	Warehouse Management System
snapondemand	Snapfulfil SaaS WMS
Software Technology & Consulting	CoreWMS
Sterling Commerce	Sterling Multi-Channel Fulfillment
Swisslog	WarehouseManager
Synaro	Advantage Suite
TECSYS	TECSYS EliteSeries
The Access Group	Access Supply Chain
The Fredrick Group	TFG4000 Business Management
Timecost Solutions	ORCA Fianancial
TLA Software Solutions	YOURWarehouse
TMSi Logistics	V-Lox
ToolWorx Information Products	TWWarehouse

Torex Retail	WMS SE
Total Control Systems	WIZDOM
Trackload.com	ULMS
Trakware Systems	TRAKware
Transport and Warehousing Software Solutions	Swift
TurningPoint Systems	e-Warehouse Management Systems
Upp Technology	IRMS Warehouse Management
Vianetic	VWMS
viastore systems	viad@tWMS
viastore sytemes GmbH	viad@t
Viewlocity Technologies	SynQuest Supply Chain Design Engine
Visual Online Data	Visual Inventory
Vormittag Associates	S2K Enterprise for WMS
Waer Systems Limited	WaerLinx
Warehouse Management Systems	WMS Wizard
Web-Ideals	I3C
Westfalia Technologies	Savanna.NET
WHI Solutions	Nexpart Warehouse Management
Wise Distribution Systems	WISE WMS
Wolin Design Group	da Vinci Supply Chain
Xdata	XMAS/400 Warehouse Management
XSOFT INDONESIA	Visual Logistics WMS
Zethcon	Synapse

Bibliografía

Albayrakoglu, M. (1996): “Justification of New Manufacturing Technology: A Strategic Approach Using the Analytic Hierarchy Process”, Production and Inventory Management Journal, vol. 37, núm. 1.

Andritsos, F. & perez-prat, J. (2000). State-of-the-art report on: the automation and integration of production processes in shipbuilding: European commission joint research centre institute for systems, informatics & safety. Dg enterprise, unit e.6.

Arango S., M.D.; Serna U., C.A. Alvarez, K.C. (2009). Modelos Difusos Aplicados a la Planeación de la Producción. vol: 1. Editorial Universidad Nacional De Colombia, Sede Medellín.

Arango S., M.D; Perez, G; Rojas, M.D. (2008). El comercio electrónico. Editorial Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Medellín Antioquia.

Arango, M.D. y Londoño, E. y Zapata, J.A. (2010) Arquitectura Empresarial – Una Visión General. Revista Ingeniería Universidad de Medellín. Número 16.

ATI – Advanced Technology International. (2010). Cost Reduction in U.S. Shipyards. Disponible en : http://www.aticorp.org/cost_redutions.htmal Última visita: Octubre de 2010

Berumen Sergio A. (2007). Cambio tecnológico e innovación en las empresas. Esic editorial.

Bezdek, J.C., Spillman, B. y Spillman, R. (1978). A fuzzy relation space for group decision theory. Fuzzy Sets And Systems 1, 255-268.

Brewton T.P. y Steller, M. E. (2003) Integrating the Shipbuilding Business Model. Maritime Management Consulting. SNAME World Maritime Technology Conference, San Francisco 2003 Disponible en: http://www.maritimemc.com/articles/integrating.pdf Ultima vista: Octubre de 2010

Bruce, G. y Evans, M. (2006) Management Information Systems for Ship Repair. Incremental, Software for ship repair. Disponible en http://www.incremental.eu.com/shiprepair/document/Management%20Information%20Systems%20for%20Ship%20Repair.pdf. Última visita: Octubre de 2010.

Buckley, J. J. (1984). The multiple judge, multiple criteria ranking problem: a fuzzy set approach, Fuzzy Sets and Systems, 13, 25-37.

Buckley, J.J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy sets and systems, 17, 223-247.

Büyüközkan, G., Kabraman, C. and Ruan, D. (2004). A fuzzy multi-criteria decisión approach for software development strategy selection. International Journal of General Systems, 33: 2, pp 259-280.

Chang, D-Y. (1992). Extend analysis and synthetic Decision, optimization techniques and Applications, World scientific, Volume 1, Singapore. P. 352.

Chang, D-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational Research. 96, pp. 649-655.

Chang, P.-L. and Chen Y.-C. (1994). A fuzzy multi-criteria decision making method for technology transfer strategy selection in biotechnology, Fuzzy Sets and Systems, 63, 131-139.

Chien, W-Y. and Shaw, H-J. and Wang, S-M. (2006). Applying XML Data Exchange Technology to the Supply Chain Management System of the Yacht Industry. Journal of Ship Production, Vol. 22, No. 1, February 2006, pp. 9–14

Chopra, S. y Meindl, P. (2008). Administración de la cadena de suministro. Estrategia, Planeación y operación. Tercera Edición. Pearson Education. México, 2008.

Christopher, M. (1992) Logistics and supply chain management, strategies for reducing cost and improving services, Pitman, London, 1992

Clemons, E.K. (1991). Investments in information technology, Communications of the ACM 34 (1991) (1), pp. 23–36.

Cotecmar.com. Corporación de ciencia y tecnologia para la industria Naval, maritime y fluvial. Disponible en: www.Cotecmar.com; Ultima visita: Agosto de 2010.

Czernik, S. and Quint, W. (1992) Selection of methods, techniques and tools for system analysis and for the integration of CIM-elements in existing manufacturing organizations. Interna-tional Journal of Production Planning & Control, 3 (2), 202± 209.

D'Aquila, M. y Freyermuth J. y Jacobson, S. y Shepherd, J. y Tohamy, N y North Rizza, M. y Burkett, M. y Aquino, D. y Fletcher, F. (2009). AMR Research Content: The Global Enterprise Application Market Sizing Report, 2008–2013. Disponible en http://www.amrresearch.com/Content/View.aspx?compURI=tcm:7-44652 Última visita: Agosto de 2010.

Davis, C.K. (2003). Technologies & Methodologies for Evaluating Information Technology in Business. Idea Group Publishing. IRM Press

Departamento de Defensa de EE.UU. (2005). Global Shipbuilding Industrial Base BenchMarking Study. Part 1: Major Shipyards. Office of The Deputy Under Secretary of Defense. USA.

Rae.es - Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. Vigésima segunda edición. Disponible en: www.rae.es. Última visita: Enero de 2011

edinet.com. (2002). Intercambio de documentos. Disponible en: http://www.edinet.com/sabia.asp. Última visita: Enero de 2011.

Egomexico. (2009). Diseño de soluciones de distribución dirigida por voz. Disponible en: http://www.egomexico.com/reconocimiento_de_voz.htm. Visitado en junio de 2010

Elzinga, D.J., Horak, T., Chung-Yee, L. and Bruner, C. (1995), Business Process Management: Survey and Methodology, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 24 No. 2, pp. 119-28.

Farbey, B. y Targett, D. y Land, F. (1994). The great IT benefit hunt, European Management Journal 12 (1994) (3), pp. 270–279

Fernández. G, E.I. (2004). Conocimientos y aplicaciones tecnológicas para la dirección comercial. Esic Editorial, Madrid

Franko, P. (2007). The Puzzle of Latin American economic developing. Third Edition. Rowman and Littlefield Publishers, inc. USA. 2007.

Frazelle E. y Sojo, E. (2007). Logística de Almacenamiento de Clase Mundial. Grupo editorial Noma. 2007.

Free-logistics.com (2010). Enterprise Resource Planning ERP. Disponible en: www.free-logistics.com. Última visita en: Enero de 2010.

Gallinger, G. (1980). Capital Expenditure Administration. Sloan Management Review (Fall), 1980, pp. 13-20

Garrido A., S; y Ferreira, J. y Leitão, J. (2008). The Role of Logistics Information and Communication Technologies in Promoting Competitive Advantages of the Firm. The Icfai University Journal of Managerial Economics, Vol. VI, No. 3, 2008

Ghiani, G: Laporte, G; y Musmano, R. (2004). Introduction to logistics systems, planing and control. Jhon Wiley and Sons Ltd. West Sussex, England.

Glover, B. y Bhatt, H. (2006). RFID Essentials (Theory in Practice). O'Reilly Media; 1 edition. January 19, 2006

Goldsby, T. y Martichenko, R. (2005). Lean Six Sigma Logistics. Strategic development to operational success. J. Ross Publishing, Inc.. 2005

Gordon, L. y Pinches, G. (1984). Improving Capital Budgeting Systems: A Decision Support System Approach. Addison-Wesley, Reading, Mass., 1984

Grembergen, W.V. (2001) Information technology evaluation methods & management. Idea group publishing.

GS1 Colombia. Estándar GS1 Código de Barras. Disponible en: http://www.gs1co.org/Respuestas/verContenido3.aspx?contenido=tiposCod. Visitado en Junio de 2010

Gullege, T. (1999). EC for shipbuilding Supply Chains, Advantage in Enterprise Integration Conference, Session TD32.1, Cincinati, http://www.informs.org/conf/cincinnati99/talks/TD32.html

Hilbert, M.R. (2001). Latin America and its path to the digital age: where are we? Unitited Nation Publications, Santiago de chile, 2001.

Hogbin, G. y Thomas, D.V. (1994). Investing in Information Technology: Managing the Decision Making Process. McGraw-Hill/IBM Series, Cambridge, UK.

Huang, L-C y Wu, R. Y-H. (2005). Applying fuzzy analytic hierarchy process in the managerial talent assessment model – an empirical study in Taiwan's semiconductor industry. International Journal of technology Management, Vol 30, Nos ½. Pp 105-130.

Hugos, M. (2003). Essentials of Supply Chain Management. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, USA.

Hurtado, T. y Bruno, G. (2005) El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores : aplicación en la selección del proveedor para la Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L. Tesis. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas. EAP. Investigación Operativa. Lima, Peru.

International Standard Organization. Iso 9126. Disponible en http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22891

Irani, Z. y Ezingeard, J.-N. y Grieve, R.J. (1997). Integrating the costs of a manufacturing IT/IS infrastructure into the investment decision-making process, *Technovation* 17 (1997) (11/12), pp. 695–706

Kaplan, B y Duchon, D. (1988). Combining qualitative and quantitative methods in information systems research. A case of study. Management Information Systems Research Center, University of Minnesota - MIS Quarterly/December 1988

Kaplan, R.S. y Norton, D.P. (2001). The strategy-focused organization: How balance scorecard companies thrive in the new business environments. Boston: Harvard Business School Press, 2001.

Kenis, D. (1995). Improving group decision: Designing and testing techniques for group decision support systems applying Delphi Principles. Ph.D. Thesis. Ulrich University.

Khakasa, E. (2009) Evaluating Information Technology Investments - A Survey of Kenyan Commercial Banks. Repositioning African Business and Development for the 21st

Century. Proceedings of the 10th Annual Conference. 2009 IAABD Ed. Simon Sigué Kenya.

Lall, S. y Abaladejo, M. y Mesquita M. (2004). Latin American industrial competitiveness and the challenges of globalization. Inter-American Development Bank. Buenos Aires, 2004.

Lee, H.L; Padmanabhan, V; whang, S. (1997). Informaton distorsion in a sypply chain: The bullwhip effect. Management Science; Apr 1997; 43, 4; ABI/INFORM Global. pg. 546

Lee, R.G. and Dale, B.G.(1998). Business process management: a review and evaluation. Business Process Management Journal, Vol. 4 No. 3, 1998, pp. 214-225. © MCB University Press, 1463-7154

Lee, S-S and Lee, J-K. and Park, B-J.and Lee, D-K. and Kim, S-Y. and Lee, K-H. (2006). Development of internet-based ship technical information management system. Ocean Engineering 33 (2006) 1814–1828

Letham, L. (2002). GPS fácil: uso del Sistema de Posicionamiento Global. Paidotribo Editorial; 1 edition.

Liang, G.-S. and Wang, M.-J. (1994). Personnel selection using fuzzy MCDM algorithm, European J. of Operational Research 78, 22-33.

Liang, S-K. y Lien, C-T. (2007). Selecting the Optimal ERP Software by Combining the ISO 9126 Standard and Fuzzy AHP Approach. Contemporary Management Research Pages 23-44, Vol.3, No.1.

Lien, C-T y Chan, H-L. (2007). A Selection Model for ERP System by Applying Fuzzy AHP Approach. International Journal of The Computer, the Internet and Management Vol. 15.No.3 (September - December, 2007) pp 58-72

Lightning pick technologies. (2010). Pick to Light for Order Fulfillment. Disponible en: www.lightningpick.com/pickToLight.html. Visitado en: Junio de 2010

Lin, H-Y y Hsu, P-Y. (2007). Application of the Analytic Hierarchy Process on Data Warehouse System Selection Decisions for Small and Large Enterprise in Taiwan. International Journal of Computer, the Internet and Management. Vol 15. No. 3 (Septiembre- December, 2007) pp 73-93

Loo, Robert. (2002). The Delphi Method: A Powerful Tool for Strategic Management. International Journal of Polices strategies and management. Vol 24. No. 4. Pp 762 – 769.

LRM Consultoría Logística. (2009) VISION PICKING. Picking por guiado óptico. Disponible en http://www.lrmconsultorialogistica.es/blog/feed/9-articulos/32-vision-picking.html Visitado en Junio de 2010

Lubbe, S. y Remenyi, V. (1999). Management of information technology evaluation—the development of a managerial thesis, Logistics Information Management 12 (1999) (1/2), pp. 145–156

Mack, N; woodsong, C; MacQueen, K; Guest, G; Namey, M.. (2005) qualitative research methods: a data collector's field guide. Family health international. North carolina - USA

Maggie C.Y. Tama, V.M. Rao Tummalab. (2001) An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. Omega, 29. Pp.171-182

Marimon, S. (1999) La sanidad en la sociedad de la información: sistemas y tecnologías de la información para la gestión y la reforma de los servicios de salud. Ediciones diaz de Santos.

Melachrinoudis, E., K. Rice. (1991). The prioritization of technologies in a research laboratory. IEEE Trans. Engrg. Management 38(3) pp. 269–278.

Mendoza, M; Plascencia, H; Alcántara, C; Rosete, F; Bocco, G.(2009). Análisis de la aptitud territorial. Una perspectiva biofísica. Serie planeación territorial. Primera Edicion. Editorial D.R. (2009). Mexico.

Money, A. y Tromp, D. y Wegner, G. (1988). The quantification of decision support benefits within the context of value analysis. MIS Quarterly 12, pp. 223–236

Paletta, F.C. y Vieira J., N.D. (2008). Information Technology and Communication and Best Practices in IT Lifecycle Management. J. Technol. Manag. Innov. 2008, Volume 3, Issue 4.

Parker, M. y Benson, R. y Trainor, H. (1988). Information Economics: Linking Business Performance to Information Technology. , Prentice-Hall International, USA.

Patton, M.Q. (2001) Qualitative Research and Evaluation Methods (Sage Publications, Thousand Oaks, CA, 2001).

Perez, I. y Leon, B. (2007). Logica difuza para principiantes: teoria y practica. Publicaciones UCAB. Caracas.

Proctor, M.D. y. Canada, J.R. (1992). Past and present methods of manufacturing investment evaluations: A review of the empirical and theoretical literature, The Engineering Economist, Vol. 38, No. 1, 45–58.

Pyke, D.F y Peterson, R y silver, E.A. (1998). Inventory management and production planning and scheduling. Third edition. John Wiley and sons.

Rainer, K. y Turban, E. (2008). Introduction to Information systems: Supporting and transforming business. Wiley; 2 edition

Ramanujam, V. and Saaty, T.L.. (1981) Technological choice in the less developed countries: An analytical hierarchy approach, Technological Forecasting and Social Change (19) (1981) 81–98.

Rae.es - Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. Vigésima segunda edición. Disponible en: www.rae.es. Última visita: Enero de 2011

Rey, M.F. (2009) Encuesta nacional logística - resultados del benchmarking logistic - Colombia 2008. Latin American Logistics Center. Atlanta, GA

Robson, W. (1997). Strategic management and information systems. (2nd ed.), Pitman Publishing, London.

Rockart, J.F. (1979). Chief executives define their own data needs. Harvard Business Review 57, pp. 81–93.

Ross, T.J. (2004) Fuzzy logic with engineering applications. Second Edition. Willey and sons Ltd.

Saaty, T. L. (2005). The analitic Hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decisión-making. Multicriteria decisión analysis. State of the art surveys. Springer International Series. Springer science + business media. Inc. 2005.

Saaty, T.L (1990) "How to make a decision: The analytic hierarchy process", European Journal Operation Research, Vol.48 pp9-26

SAP. (2005). MySAP™: SUPPLIER RELATIONSHIP MANAGEMENT – AT A GLANCE. Disponible en: http://www.sap.com/solutions/business-suite/srm/pdf/BWP_srm_glance.pdf Última visita: Agosto de 2010.

SCD - Supplu chain digest.(2009). Logistics News: Seven Myths of Labor Management Systems. Disponible en http://www.scdigest.com/assets/On_Target/08-02-12-2.php?cid=1482 Ultima visita: Agosto de 2010.

Siemens PLM Software. (2008). Technomatix Plant Simulation for Shipyards. Fact Sheet. © 2008 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Disponible en: www.siemens.com/plm Ultima Visita: Octubre de 2010.

Singh, S. K. (1993). Using information technology effectively: Organizational preparedness models. Information and Management, 24, 133–146.

Sivarama Prasad, A.V. y Somasekhara, N. (1990). The analytic hierarchy process for choice of technologies: An application. Technological Forecasting and Social Change. Volume 38, Issue 2, September 1990, Pages 151-158.

Suh, C-K. y Suh, E-H. y Baek, K.C. (1994). Prioritizing telecommunications technologies for long-range R&D planning to the year 2006. Engineering Management, IEEE Transactions. Volume: 41, Issue: 3. Pp. 264 - 275

Tanino, T., (1984). Fuzzy preference orderings in group decision making, Fuzzy Sets and Systems, 13, 127-141.

Taylor, G. D.(2008) Logistics engineering handbook. CRC press.

Taylor, G. D.(2008) Logistics engineering handbook. CRC press.

TEC - Technology Evaluation Centers Inc. (2010). Labor Management Systems: Optimizing Worker Productivity While Reducing Labor Costs. Disponible en http://www.technologyevaluation.com/. Ultima visita, Agosto de 2010

TEC.com. TEcnology Evaluation Centers. Disponible en: http://www.technologyevaluation.com/. Última visita, Octube de 2010

Techtarget. (2003). Supplier Relationship Management. Disponible en: http://searchsap.techtarget.com/definition/supplier-relationship-management Última Visita: Agosto de 2010.

Tompkins Associates, Inc., (2010) Labor Management Systems disponible en http://www.tompkinsinc.com/systems/labor_management.asp Ultima visita, Agosto de 2010.

Tummala, V.M.R. y Wan, Y.W. (1994) Analytic hierarchy process (AHP) in practice: a survey of applications and recent developments. Journal of Mathematical Modelling and Scientic Computing 1994.

Van Laarhoven, P. J. M. And Pedrycz, W., 1983, A fuzzy extension of Saaty's priority theory, Fuzzy Sets and Systems, 11, 229-241.

Wang, Y-T. (2006). Information technology investment decisions and evaluation in large Australian companies. Theory and practice compared. Griffith Business school. Griffith University. Australia.

Willcocks, L. y Lester, S. (1994) Evaluating the feasibility of information systems investments recent UK evidence and new approaches. In: Information Management The Evaluation of Information Systems Investment, Willcocks, L. (ed.), pp. 49–75. Chapman & Hall, London.

Zadeh, L. A., (1965). Fuzzy sets, Information and Control, 8, 338-353.

Zairi, M. (1997), "Business process management: a boundaryless approach to modern competitiveness", Business Process Management, Vol. 3 No. 1, pp. 64-80.

Zapata, J.A; Arango, M.D. y Adarme, W. (2010). Herramientas tecnológicas al servicio de la gestión empresarial. Avances en Sistemas e Informática. Vol. 7, No 3. Diciembre de 2010. pp. 87-101.