

David Ponce Pérez

Efectividad de la logística del
transporte aéreo de mercancías:
una aproximación multicriterio
basada en el Proceso Analítico
Sistémico (ANP)

Departamento
Ingeniería Mecánica

Director/es
Larrode Pellicer, Emilio
Moreno Jiménez, José María

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>



Tesis Doctoral

**EFFECTIVIDAD DE LA LOGÍSTICA DEL
TRANSPORTE AÉREO DE MERCANCÍAS: UNA
APROXIMACIÓN MULTICRITERIO BASADA EN EL
PROCESO ANALÍTICO SISTÉMICO (ANP)**

Autor

David Ponce Pérez

Director/es

Larrode Pellicer, Emilio
Moreno Jiménez, José María

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Ingeniería Mecánica

2012

TESIS DOCTORAL

EFECTIVIDAD DE LA LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE AÉREO DE MERCANCÍAS. UNA APROXIMACIÓN MULTICRITERIO BASADA EN EL PROCESO ANALÍTICO SISTÉMICO (ANP)

Autor:

David Ponce Pérez

Ingeniero Industrial

Directores:

Emilio Larrodé Pellicer

Catedrático de la Universidad de Zaragoza

José María Moreno Jiménez

Catedrático de la Universidad de Zaragoza

Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes

Departamento de Ingeniería Mecánica

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Campus Río Ebro

Universidad de Zaragoza



Zaragoza, Junio 2012

TESIS DOCTORAL

**EFFECTIVIDAD DE LA LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE AERO DE MERCANCÍAS.
UNA APROXIMACIÓN MULTICRITERIO BASADA EN EL PROCESO
ANALÍTICO SISTÉMICO (ANP)**

Autor:

David Ponce Pérez

Directores:

**Emilio Larrodé Pellicer
José María Moreno Jiménez**

Memoria presentada para optar al Título de Doctor correspondiente al Programa de
Doctorado: *Nuevas Tecnologías en Automoción*

Área de Ingeniería e Infraestructuras de los Transportes

Departamento de Ingeniería Mecánica

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Campus Río Ebro

Universidad de Zaragoza

Zaragoza, Junio 2012

RESUMEN

El objetivo principal de la presente Tesis Doctoral es crear y desarrollar un modelo de análisis que permita medir la alineación de la influencia que tienen los objetivos estratégicos del transporte aéreo de mercancías en la Situación Actual del sistema con la influencia que deberían tener dichos objetivos estratégicos en la Situación Ideal. Para ello, dicho modelo de análisis se basa en el apoyo metodológico que se obtiene de la técnica de análisis multicriterio Proceso de Análisis Sistémico (Analytic Network Process, ANP) de T. Saaty (1996). Esta técnica permite valorar la influencia de un conjunto de alternativas (objetivos estratégicos) con respecto a una misión a través de una red de influencias entre criterios (aspectos relevantes del sistema).

El trabajo se inicia con la justificación de la elección de ANP, técnica englobada dentro de los métodos multicriterios discretos de la Teoría de la Decisión, por las características del problema que se quiere resolver. A continuación, se lleva a cabo un análisis en profundidad del transporte aéreo de mercancías a través de su concepción como sistema. Para ello, se define el concepto de logística de transporte aéreo de mercancías (LTAM) que considera el transporte aéreo de mercancías como un sistema de agentes que interactúan entre sí en pro de alcanzar una misión en común. A partir de ahí, se ponen de relevancia los aspectos principales del sistema referidos a las áreas económicas, técnicas, sociales y ambientales.

Partiendo de esta primera definición de los aspectos relevantes y siguiendo las fases que comprende la metodología de ANP, se lleva a cabo la construcción (para el transporte aéreo de mercancías) y la aplicación (a las situaciones actual e ideal del sistema) del modelo de análisis. Para ello, se crea un grupo de expertos, que representa a los distintos agentes de la LTAM, que hará la función de los dos actores que intervienen en la metodología ANP. Por un lado, el actor decisor que establece el comportamiento de los objetivos estratégicos (alternativas) con respecto a los aspectos relevantes del sistema (criterios) y, por otro lado, el actor evaluador que establece el comportamiento del sistema (criterios) con respecto a la misión.

Como resultado, se obtienen los vectores de prioridades de la influencia de los objetivos estratégicos en la Situación Actual ($WA_{OE_m}^{MI}$) y en la Situación Ideal ($WI_{OE_m}^{MI}$). A partir de estos resultados y basándose en la métrica proyectiva de Hilbert, se define una medida de la efectividad del sistema, $E(W_{OE}^{MI})_M$. Asimismo, utilizando el conocimiento del comportamiento del sistema (criterios) con respecto a la misión se muestra cómo se pueden hacer medidas de la efectividad a agentes independientes del sistema con un conjunto de objetivos estratégicos propios. En este sentido, se utiliza como ejemplo la gestión del aeropuerto de Zaragoza.

La principales conclusiones que se obtienen son: (i) el desarrollo de un modelo de análisis y una metodología que permite evaluar la influencia de un conjunto de objetivos estratégicos con respecto a la misión de un sistema de transporte, (ii) la definición de los aspectos relevantes del transporte aéreo de mercancías y (iii) la medida de la efectividad que sirve para comparar distintas situaciones del sistema y a los diferentes agentes que interactúan entre sí.

SUMMARY

The main objective of this Doctoral Thesis is to create and develop an analysis model assessing the alignment of air cargo transport strategic objectives in the current situation and the same objectives in the ideal situation of the system. To this end, the methodological support for the analysis model comes from the Analytic Network Process (ANP), a multi-criteria analysis technique developed by T.Saaty (1996). This technique allows assessing the influence of a set of alternatives (strategic objectives) with respect the system's mission throughout a network of influences among criterias (relevant aspects of the system).

The work begins justifying the choice of ANP with respect to the characteristics the problem at hand. Next it is carried out a detailed analysis of the air cargo transport system. To this end, it is defined the concept of logistics of air cargo transport (LTAM) that sees the air cargo transport as an agents system interacting among them in order to achieve the global mission. Consequently, it is synthesized the relevant factors of the system taking account of the points on agents concern into economic, technical, social and environmental areas of the air cargo transport.

From this first definition of the relevant aspects and following the steps comprised in the ANP methodology, it is carried out the creation (for the air cargo transport) and application (to both current and ideal situations) of the analysis model. To do this, it is built up a group of experts representing the different agents of the LTAM. This group of experts acts as the two actors involved in the ANP methodology. In one hand, the decision maker actor who establishes the behavior of the strategic objectives (alternatives) with respect the relevant aspects of the system (criterias) and, in the other hand, the evaluator actor who establishes the behavior of the system (criterias) with respect the mission.

As a result, it is obtained the priorities vector of the influence of the strategic objectives in the current situation ($WA_{OE_m}^{MI}$) and in the ideal situation ($WI_{OE_m}^{MI}$). Then, with these results and using the Hilbert's projective metric, it is defined the measure of effectiveness of the system $E(W_{OE}^{MI})_M$. In addition, it is possible to use this measure in order to assess the effectiveness of a specific agent. In this regard, the management of the airport of Zaragoza is used as an example.

The main results obtained are: (i) the development of an analysis model and methodology assessing the influence of a set of strategic objectives with respect to the mission of a transport system, (ii) the definition of the relevant aspects of air cargo transport and (iii) a measure of effectiveness that can be used to compare different situations of the systems and even comparing the different agents that interacting among them.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer esta tesis a todas aquellas personas que han estado conmigo durante estos años de estudios de doctorado. En primer lugar, mis más sinceros agradecimientos son para mis directores, Emilio Larrodé Pellicer, por su apoyo incondicional desde los inicios, su dedicación e implicación y a José María Moreno Jiménez por sus consejos, sus sugerencias y su motivación, esenciales para el seguimiento y progreso de la tesis. Sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible.

Mis agradecimientos también van dirigidos a Sagrario Díaz, José Miguel Guínda, Noelia Sanz, Javier Fernández, Pedro Gayán, Diego Artigot, José Jorge del Castillo, Jesús Díez, José María García, José Antonio Domínguez, Óscar Álvarez y Arturo Benito, por su amable colaboración como grupo de expertos. Sus consejos y aportaciones han sido extremadamente valiosos.

... especial mención merecen todos mis amigos al interesarse y animarme a lo largo de todo este tiempo.

... a todos los compañeros y amigos del grupo GITEL (Grupo de Investigación en Transporte y Logística) por su ayuda y a todos los miembros de área de ingeniería de los transportes.

... a mis padres, a mi hermana y a toda mi familia por su enorme empuje durante todo este periodo.

... y a Laura, mi principal apoyo.

Zaragoza, Junio 2012

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. MOTIVACIÓN	17
1.2. METODOLOGÍA	20
1.3. OBJETIVOS	24
1.4. ESTRUCTURA.....	25
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS	27
2.1. LA TEORÍA DE LA DECISIÓN	29
2.2. MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO DISCRETOS	31
2.2.1. El proceso de decisión	34
2.2.2. La importancia del decisor.....	37
2.2.3. Elección de las técnicas de análisis y decisión	38
2.2.3.1. Métodos basados en las relaciones de superación	39
2.2.3.2. Métodos basados en la construcción de la función de valor	40
2.3. PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (<i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, AHP</i>)	42
2.3.1. Fundamentos de AHP	43
2.3.2. Metodología AHP.....	46
2.3.3. Ejemplo de aplicación de AHP	49
2.3.4. Aplicaciones, ventajas y limitaciones de AHP.....	58
2.4. PROCESO ANALÍTICO SISTÉMICO (<i>ANALYTIC NETWORK PROCESS, ANP</i>)	60
2.4.1. Fundamentos de ANP	61
2.4.2. Metodología ANP.....	64
2.4.3. Ejemplo de aplicación de ANP	66
2.4.4. Aplicaciones, ventajas y limitaciones de ANP.....	74
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE SISTEMAS: TRANSPORTE AÉREO DE MERCANCÍAS....	75
3.1. EFICIENCIA, EFICACIA Y EFECTIVIDAD.....	77
3.2. LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE AÉREO DE MERCANCÍAS	79
3.2.1. Legislación en el transporte aéreo	83
3.2.1.1. Marco normativo	84
3.2.1.2. Evolución de las relaciones entre estados	89
3.2.1.3. Organizaciones del sector del transporte aéreo.....	91
3.2.1.4. Aspectos relevantes de la legislación	93
3.2.2. Industria en el transporte aéreo.....	94
3.2.2.1. Industria aeronáutica	95
3.2.2.2. Industria de la construcción.....	96
3.2.2.3. Industria auxiliar	97

3.2.2.4. Aspectos relevantes de la industria	97
3.2.3. La gestión en el transporte aéreo.....	99
3.2.3.1. Aeropuertos	99
3.2.3.2. Servicios ofertados por un aeropuerto.....	101
3.2.3.3. Modelos de gestión.....	105
3.2.3.4. Aspectos relevantes de la gestión	107
3.2.4. Cadena logística en el transporte aéreo de mercancías.....	108
3.2.4.1. Usuarios del transporte aéreo de mercancías.....	109
3.2.4.2. Transportistas de mercancías por vía aérea	112
3.2.4.4. Aspectos relevantes de la cadena logística.....	117
3.3. INVESTIGACIÓN EN EL TRANSPORTE AÉREO	120
3.3.1. Transporte ecológico	121
3.3.1.1. Acciones dentro del ámbito Europeo	122
3.3.1.2. Revisión de la comunidad científica.....	123
3.3.2. Eficiencia temporal	126
3.3.2.1. Acciones dentro del ámbito europeo	127
3.3.2.2. Revisión de la comunidad científica.....	128
3.3.3. Eficiencia de costes	131
3.3.3.1. Acciones dentro del ámbito europeo	132
3.3.3.2. Revisión de la comunidad científica.....	133
3.3.4. Satisfacción y seguridad de los usuarios.....	136
3.3.4.1. Acciones dentro del ámbito europeo	137
3.3.4.2. Revisión de la comunidad científica.....	138
3.3.5. Protección de aviones y pasajeros.....	141
3.3.5.1. Acciones dentro del ámbito europeo	141
3.3.5.2. Revisión de la comunidad científica.....	142
3.3.6. Transporte Aéreo del futuro.....	144
3.3.6.1. Acciones dentro del ámbito europeo	144
3.3.6.2. Revisión de la comunidad científica.....	145
3.3.7. Proyectos de investigación	147
3.3.8. Desagregación de los aspectos relevantes	149
3.3.8.1. Legislación	149
3.3.8.2. Industria	151
3.3.8.3. Gestión	152
3.3.8.4. Cadena logística	154
3.4. RETOS DEL TRANSPORTE AÉREO	157
3.4.1. Asequibilidad y calidad	159
3.4.2. Sistema de transporte aéreo eficiente	161
3.4.3. Seguridad ante accidentes.....	163

3.4.4. Seguridad ante acciones exteriores.....	165
3.4.5. Impacto medioambiental	167
CAPÍTULO 4. MODELO DE ANÁLISIS	169
4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	171
4.2. ELEMENTOS DEL MODELO DE ANÁLISIS.....	174
4.2.1. Actor decisor	174
4.2.2. Actor evaluador	175
4.2.3. Actor facilitador	176
4.2.4. Misión	176
4.2.5. Alternativas.....	176
4.2.5. Criterios.....	177
4.3. INFLUENCIAS ENTRE LOS ELEMENTOS DEL MODELO DE ANÁLISIS.....	180
4.4. PESO DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO DE ANÁLISIS.....	182
4.5. VALIDEZ DE LOS RESULTADOS	186
CAPÍTULO 5. EFECTIVIDAD DEL TRANSPORTE AÉREO DE MERCANCÍAS.....	187
5.1. MEDIDA DE LA EFECTIVIDAD	189
5.2. ELEMENTOS DEL TRANSPORTE ÁEREO DE MERCANCÍAS.....	193
5.2.1. Clúster de objetivos estratégicos.....	195
5.2.2. Clúster de agentes	196
5.2.3. Clúster de criterios económicos	197
5.2.4. Clúster de criterios técnicos	198
5.2.5. Clúster de criterios sociales	198
5.2.6. Clúster de criterios ambientales.....	199
5.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA LTAM.....	200
5.3.1. Matrices de relaciones para la SA de la LTAM.....	200
5.3.2. Supermatrices sin ponderar y matrices de clústeres para la SA de la LTAM ..	202
5.3.3. Peso de los elementos del modelo de análisis para la SA de la LTAM	204
5.4 SITUACIÓN IDEAL DE LA LTAM	206
5.4.1. Matrices de relaciones para la SI de la LTAM	206
5.4.2. Supermatrices sin ponderar y matrices de clústeres para la SI de la LTAM..	207
5.4.3. Peso de los elementos del modelo de análisis para la SI de la LTAM	209
5.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	211
5.5.1. Clúster de agentes	212
5.5.2. Clústeres de criterios de control.....	213
5.5.3. Clúster de objetivos	216
5.5.4. Medida de la efectividad	218

CAPÍTULO 6. APlicación al Aeropuerto de Zaragoza	220
6.1. LA GESTIÓN DEL AEROPUERTO DE ZARAGOZA	222
6.2. EFECTIVIDAD DEL AEROPUERTO DE ZARAGOZA EN EL TAM.....	224
6.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	225
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y FUTURAS VÍAS DE INVESTIGACIÓN	227
7.1. CONCLUSIONES.....	229
7.1.1. Principales contribuciones.....	229
7.1.2. Conclusiones generales	230
7.2. FUTURAS VÍAS DE INVESTIGACIÓN.....	235
ANEXO A1 – CUESTIONARIO	249
ANEXO A2 – RECOPILACIÓN DE DATOS DE LA MEDIDA DE LA EFECTIVIDAD.....	257

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2

Tabla 2.1. Escala Saaty para AHP	44
Tabla 2.2. Tabla de valores aleatorios.	48
Tabla 2.3. Ejemplo AHP: Matrices binarias, vectores de prioridad y razón de inconsistencia.	55
Tabla 2.4. Ejemplo AHP: Síntesis de los resultados.	56
Tabla 2.5. Operativa ANP. Matriz tipo para las matrices U, V, W y Z.	64
Tabla 2.6. Operativa ANP. Matriz tipo para la matriz de clústeres X.	65
Tabla 2.7. Ejemplo ANP. Matriz de relaciones U_{C1}	68
Tabla 2.8. Ejemplo ANP. Matrices recíprocas de comparaciones binarias para el elemento A_3	69
Tabla 2.9. Ejemplo ANP. Supermatriz sin ponderar V_{C1}	69
Tabla 2.10. Ejemplo ANP. Matrices recíprocas de comparaciones binarias para la matriz de clústeres	70
Tabla 2.11. Ejemplo ANP: Matriz de clústeres X_{C1}	70
Tabla 2.12. Ejemplo ANP. Supermatriz ponderada W_{C1}	71
Tabla 2.13. Ejemplo ANP. Matriz límite Z_{C1}	71
Tabla 2.14. Ejemplo ANP. Prioridad local de los elementos de la red C_1	71
Tabla 2.15. Ejemplo ANP. Matriz de relaciones U_{C1}	72
Tabla 2.16. Ejemplo ANP. Prioridad local de los elementos de la red C_1	72
Tabla 2.17. Ejemplo ANP. Síntesis de resultados y comparación entre ANP y AHP	73

Capítulo 3

Tabla 3.1. Anexos del Convenio de Aviación Civil	89
--	----

Capítulo 4

Tabla 4.1. Matriz de relaciones tipo para la red de control	180
Tabla 4.2. Matriz de relaciones tipo para las subredes BCOR	181
Tabla 4.3. Vectores de prioridad obtenidos en el modelo de análisis	184

Capítulo 5

Tabla 5.1. Escenarios de prueba para la elección de la medida de la efectividad	192
Tabla 5.2. Valores de las medidas de la efectividad aplicadas a los escenarios de prueba	192
Tabla 5.3. Grupo de expertos que componen el actor evaluador y decisor	194
Tabla 5.4. Matriz de relaciones para la red de control en la Situación Actual	200
Tabla 5.5. Matriz de relaciones para la subred de beneficios en la Situación Actual	201
Tabla 5.6. Matriz de clústeres para la red de control en la Situación Actual	202
Tabla 5.7. Supermatriz para la red de control en la Situación Actual	202
Tabla 5.8. Matriz de clústeres para la subred de beneficios en la Situación Actual	203
Tabla 5.9. Supermatriz para la subred de beneficios en la Situación Actual	203
Tabla 5.10. Priorización de los elementos de la red de control de la Situación Actual	204
Tabla 5.11. Priorización de los elementos de las subredes BCOR de la Situación Actual	205
Tabla 5.12. Matriz de relaciones para la red de control en la Situación Ideal	206
Tabla 5.13. Matriz de relaciones para la subred de beneficios en la Situación Ideal	207
Tabla 5.14. Matriz de clústeres para la red de control en la Situación Ideal	207

Tabla 5.15. Supermatriz para la red de control en la Situación Ideal	208
Tabla 5.16. Matriz de clústeres para la subred de beneficios en la Situación Ideal	208
Tabla 5.17. Supermatriz para la subred de beneficios en la Situación Ideal	209
Tabla 5.18. Priorización de los elementos de la red de control de la Situación Ideal	210
Tabla 5.19. Priorización de los elementos de las subredes BCOR de la Situación Actual	210
Tabla 5.20. Síntesis de los resultados para los elementos de las subredes BCOR	211
Tabla 5.21. Síntesis de los resultados para los elementos de las subredes BCOR	212
Tabla 5.22. Pesos de los objetivos estratégicos para la medida de la efectividad	218
Tabla 5.23. Valoraciones del nuevo actor decisor	219

Capítulo 6

Tabla 6.1. Datos del aeropuerto de Zaragoza con respecto a la red de aeropuertos de AENA	223
Tabla 6.2. Red de influencias del clúster de OEZ tanto para ambas situaciones	224
Tabla 6.3. Peso de las influencias del clúster de OEZ en la Situación Actual	224
Tabla 6.4. Peso de las influencias del clúster de OEZ en la Situación Ideal	224
Tabla 6.5. Pesos de los OEZ para la medida de la efectividad	225

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Capítulo 2

Figura 2.1. Proceso General de Toma de Decisiones. Adaptada de Aragonés (1995)	36
Figura 2.2. Estructura del AHP (Meta, Criterios y Alternativas)	47
Figura 2.3. Definición del problema	49
Figura 2.4. Agentes que formaran parte de los actores del método	50
Figura 2.5. Estructura general del problema de decisión	50
Figura 2.6. Alternativas del problema de decisión	51
Figura 2.7. Estructura jerárquica	51
Figura 2.8. Estructura jerárquica introducida en el Expert Choice	52
Figura 2.9. Matriz de relaciones binarias con respecto a la meta	53
Figura 2.10. Matriz de relaciones binarias con respecto al criterio económico	53
Figura 2.11. Matriz de relaciones binarias con respecto al subcriterio económico valor añadido	54
Figura 2.12. Matriz de relaciones binarias con respecto al factor reforzar cadena de transporte	54
Figura 2.13. Análisis de sensibilidad para el AHP	57
Figura 2.14. Esquema AHP y ANP, adaptado de Saaty (2002b).	60
Figura 2.15. Modelización ANP. Definición de clústeres de elementos	61
Figura 2.16. Modelización ANP. Definición de las relaciones entre elementos	62
Figura 2.17. Modelización ANP. Tipos de relaciones entre grupos clasificados según sus relaciones.	63
Figura 2.18. Ejemplo ANP. Estructura en red de la planificación efectiva	67
Figura 2.19. Ejemplo ANP. Estructura en red de la planificación efectiva	67

Capítulo 3

Figura 3.1: Representación de la eficiencia, eficacia y efectividad de un sistema	78
Figura 3.2: Esquema, demanda-oferta, de la cadena logística del transporte aéreo de mercancías	81
Figura 3.3: Esquema de la industria y la gestión como servicio a la cadena de la LTAM	81
Figura 3.4: Esquema de la logística del transporte aéreo de mercancías	82
Figura 3.5: Primera y segunda libertades del aire. Fuente: AENA.	87
Figura 3.6: Tercera, cuarta y quinta libertades del aire. Fuente: AENA.	87
Figura 3.7: Evolución del rendimiento del Transporte Aéreo (Elaboración propia)	94
Figura 3.8: Cadena logística del transporte aéreo de mercancías.	108
Figura 3.9: Carga aérea de exportación por secciones de arancel, datos anuales en toneladas	110
Figura 3.10: Gases de efecto invernadero en Europa por sectores referidos a 1990.	121

Capítulo 4

Figura 4.1. Esquema de los resultados esperados del modelo de análisis	171
Figura 4.2. Estructural general del modelo de análisis	172
Figura 4.3. Subredes BCOR	173
Figura 4.4. Agrupaciones de clústeres en el modelo de análisis	173
Figura 4.5. Definición de los elementos del modelo de análisis	178
Figura 4.6. Elementos de los clústeres del modelo de análisis	179
Figura 4.7. Síntesis de las relaciones en el modelo de análisis	181
Figura 4.8. Proceso para la priorización de los elementos de un matriz de relaciones	182
Figura 4.9. Valoración de las relaciones en el modelo de análisis	183

Capítulo 5

Figura 5.1. Esquema de la definición de los elementos de la LTAM

193

LISTA DE ACRÓNIMOS

AAS	Integrated Airport Apron Safety fleet management
ACARE	Advisory Council for Aeronautics Research in Europe
AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AES	Automated Export System
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
ATM	Air Traffic Management
BAA	British Airports
BOT	Build Operate Transfer
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection
EASA	European Aviation Safety Agency
ECAC	European Civil Aviation Conference
ECS	Export Control System
EU-ETS	European Emissions Trading Scheme
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	Instrumental Flight Rules
LTAM	Logística del Transporte Aéreo de Mercancías
MAUT	Multiple Attribute Utility Theory
MAVT	Multiple Attribute Value Theory
MCDA	Multiple Criteria Decision Analysis
OPACI	Organización Provisional de Aviación Civil Internacional
RFDI	Radio Frequency Identification
SA	Situación Actual
SESAR	Single European sky Air traffic management Research
SI	Situación Ideal
SRA	Strategic Research Agenda
TAM	Transporte Aéreo de Mercancías
UNSD	United Nations Statistics Division
WTO	World Trade Organization

NOMENCLATURA DE ELEMENTOS Y VARIABLES DEL MODELO DE ANÁLISIS

Elementos del modelo de análisis

<i>MI</i>	Misión del sistema
<i>AG_s</i>	Agentes del sistema
<i>B</i>	Subred para el criterio estratégico beneficios
<i>C</i>	Subred para el criterio estratégico costes
<i>O</i>	Subred para el criterio estratégico oportunidades
<i>R</i>	Subred para el criterio estratégico riesgos
<i>CE_j</i>	Criterios económicos del clúster de control económico
<i>CT_k</i>	Criterios técnicos del clúster de control técnico
<i>CS_p</i>	Criterios sociales del clúster de control social
<i>CA_q</i>	Criterios ambientales del clúster de control ambiental

Matrices de la red de control

<i>U</i>	Matriz de relaciones de la red de control
<i>V</i>	Supermatriz no ponderada de la red de control
<i>X</i>	Matriz de clústeres para la red de control
<i>W</i>	Supermatriz ponderada para la red de control
<i>Z</i>	Matriz límite de la red de control

Matrices de las subredes BCOR

<i>U_b</i>	Matriz de relaciones de la subred de beneficios
<i>V_b</i>	Supermatriz no ponderada de la subred de beneficios
<i>X_b</i>	Matriz de clústeres para la subred de beneficios
<i>W_b</i>	Supermatriz ponderada para la subred de beneficios
<i>Z_b</i>	Matriz límite de la subred de beneficios
<i>U_c</i>	Matriz de relaciones de la subred de costes
<i>V_c</i>	Supermatriz no ponderada de la subred de costes
<i>X_c</i>	Matriz de clústeres para la subred de costes
<i>W_c</i>	Supermatriz ponderada para la subred de costes
<i>Z_c</i>	Matriz límite de la subred de costes
<i>U_o</i>	Matriz de relaciones de la subred de oportunidades
<i>V_o</i>	Supermatriz no ponderada de la subred de oportunidades
<i>X_o</i>	Matriz de clústeres para la subred de oportunidades
<i>W_o</i>	Supermatriz ponderada para la subred de oportunidades

Z_o	Matriz límite de la subred de oportunidades
U_r	Matriz de relaciones de la subred de riesgos
V_r	Supermatriz no ponderada de la subred de riesgos
X_r	Matriz de clústeres para la subred de riesgos
W_r	Supermatriz ponderada para la subred de riesgos
Z_r	Matriz límite de la subred de riesgos

Vectores de prioridad

W_x^z	Vector de prioridad global de los elementos del clúster X con respecto al elemento Z
\bar{W}_x^z	Vector de prioridad normal de los elementos del clúster X con respecto al elemento Z

Componentes de los vectores de prioridad

$W_{AG_s}^{MI}$	Elementos del clúster de agentes con respecto a la misión
W_B^{MI}	Criterio estratégico beneficios con respecto a la misión
W_C^{MI}	Criterio estratégico costes con respecto a la misión
W_O^{MI}	Criterio estratégico oportunidades con respecto a la misión
W_R^{MI}	Criterio estratégico riesgos con respecto a la misión
$W_{AG_s}^{B}$	Elementos del clúster de agentes con respecto a los beneficios
$W_{CE_j}^B$	Elementos del clúster de criterios de control económicos con respecto a los beneficios
$W_{CT_k}^B$	Elementos del clúster de criterios de control técnicos con respecto a los beneficios
$W_{CS_p}^B$	Elementos del clúster de criterios de sociales con respecto a los beneficios
$W_{CA_q}^B$	Elementos del clúster de criterios de control ambientales con respecto a los beneficios
$W_{OE_m}^B$	Elementos del clúster de objetivos estratégicos con respecto a los beneficios
$W_{AG_s}^C$	Elementos del clúster de agentes con respecto a los costes
$W_{CE_j}^C$	Elementos del clúster de criterios de control económicos con respecto a los costes
$W_{CT_k}^C$	Elementos del clúster de criterios de control técnicos con respecto a los costes
$W_{CS_p}^C$	Elementos del clúster de criterios de sociales con respecto a los costes
$W_{CA_q}^C$	Elementos del clúster de criterios de control ambientales con respecto a los costes
$W_{OE_m}^C$	Elementos del clúster de objetivos estratégicos con respecto a los costes
$W_{AG_s}^O$	Elementos del clúster de agentes con respecto a las oportunidades
$W_{CE_j}^O$	Elementos del clúster de criterios de control económicos con respecto a las oportunidades
$W_{CT_k}^O$	Elementos del clúster de criterios de control técnicos con respecto a las oportunidades
$W_{CS_p}^O$	Elementos del clúster de criterios de sociales con respecto a las oportunidades
$W_{CA_q}^O$	Elementos del clúster de criterios de control ambientales con respecto a las oportunidades
$W_{OE_m}^O$	Elementos del clúster de objetivos estratégicos con respecto a las oportunidades

$W_{AG_s}^R$	Elementos del clúster de agentes con respecto a los riesgos
$W_{CE_j}^R$	Elementos del clúster de criterios de control económicos con respecto a los riesgos
$W_{CT_k}^R$	Elementos del clúster de criterios de control técnicos con respecto a los riesgos
$W_{CS_p}^R$	Elementos del clúster de criterios de sociales con respecto a los riesgos
$W_{CA_q}^R$	Elementos del clúster de criterios de control ambientales con respecto a los riesgos
$W_{OE_m}^R$	Elementos del clúster de objetivos estratégicos con respecto a los riesgos

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El primer capítulo describe los principios básicos que han dado lugar a la realización de la tesis. Brevemente, se expone la motivación en la que se sustenta, la metodología que se pretende utilizar, se especifican los objetivos perseguidos y se detalla la estructura que va a seguir este documento.

1.1. MOTIVACIÓN

Cuando se estaban dando los primeros pasos para la planificación de los trabajos recopilados en la presente monografía, se comenzaba a vislumbrar que la situación económica y social de los países del primer mundo se encaminaba a una crisis de profundidad e impacto desconocidos. Asimismo, se intuía que a esa situación se llegaba, entre otras razones que en principio son ajena al control de dichos países, por la gestión inadecuada que las principales economías mundiales habían hecho de los recursos existentes y de los nichos de oportunidades que, durante años, habían consistido en su principal motor de desarrollo. Hoy en día, ha quedado sobradamente demostrado que la gestión imprudente e irresponsable ha sido uno de los principales culpables de la crisis. Como ejemplo de la percepción de esta realidad por parte de la sociedad, se encuentran las revueltas en países del África Occidental, que también tienen una fuerte componente de falta de libertades y agravios históricos a la ciudadanía, y, de una manera más notable, los movimientos de “indignados” que han recorrido las calles españolas y se han extendido a lo largo de Europa.

Por lo tanto, la percepción de la importancia que tiene la mala gestión debida a una planificación inadecuada en el desarrollo negativo de los sistemas, ha influido de manera continuada en los trabajos de investigación llevados a cabo en esta tesis doctoral. En este sentido, la presente monografía propone un modelo de análisis para medir la efectividad del transporte aéreo de mercancías. Por lo tanto, la justificación de por qué los esfuerzos investigadores siguen esta línea, implica tener que dar respuesta a las siguientes dos preguntas: ¿qué tiene que ver la efectividad con la planificación? y ¿qué hace del transporte aéreo de mercancías un sistema que requiera un estudio exhaustivo?

Para contestar a la primera pregunta, es preciso aclarar el significado otorgado a la efectividad a lo largo de esta tesis. Términos como eficiencia, eficacia y efectividad han proliferado en el discurso diario de políticos y empresarios y están relacionados con el comportamiento de los sistemas. Desafortunadamente, son muchas las ocasiones en las que se usan de manera indistinta o con significados confusos. Por ello, es preciso fijar el significado que cada uno de estos términos recibe a lo largo de esta tesis, aunque en otros ámbitos los términos puedan interpretarse de otra forma que no coincide con la visión seguida en esta monografía.

En lo que sigue (Moreno-Jiménez, 2003), *eficiencia* se refiere a “hacer las cosas correctamente”, utilizando la menor asignación de recursos posibles, por lo que se relaciona con la planificación operativa, trabajo día a día o a corto plazo. Por otro lado, la *eficacia* tiene que ver con “alcanzar las metas” que se han establecido, sin tener en cuenta cómo se consigan, en este sentido está relacionada con la planificación táctica o a medio plazo. Por último, la *efectividad* implica “hacer lo correcto”, esto es, identificar los aspectos relevantes y emplearlos apropiadamente para la resolución del problema, lo que implica una planificación estratégica o a largo plazo. Sin duda alguna, los tres términos son importantes ya que definen principios obvios de qué es lo que se desea de cualquier actividad, sin embargo, la efectividad es la que determina que todos los esfuerzos realizados para conseguir ser eficientes y eficaces se traduzcan en los resultados globales deseados al estar alineados con el plan estratégico marcado.

En definitiva, cualquier esfuerzo que se lleve a cabo dentro de una actividad tiene sentido si y solo si esta ha sido planificada de manera efectiva y, por ello, son necesarias herramientas capaces de medir dicha efectividad.

Una vez fijado que la efectividad es entendida como hacer lo correcto, la segunda pregunta, ¿qué hace del transporte aéreo de mercancías un área que requiera un estudio de su efectividad?, tiene una respuesta inmediata, en el sentido que toda actividad debe ser estudiada para saber si sus objetivos estratégicos responden al fin perseguido. Asimismo, el transporte aéreo, y en especial el relacionado con las mercancías, tiene características que refuerzan, todavía más, la necesidad de un estudio profundo.

El transporte aéreo es en la actualidad una parte importante de la economía mundial que representa, aproximadamente, el 9 % del producto interior bruto a nivel global (Airbus, 2007; *International Civil Aviation Organization –ICAO–*, 2007). Esto se debe al hecho de que es utilizado anualmente por más de 2 mil millones de pasajeros y que mueve 41 millones de toneladas de carga y correo (*United Nations Statistics Division –UNSD–*, 2008).

Es un modo de transporte joven que empezó a funcionar a principios del siglo XX. Por lo tanto, los niveles actuales de pasajeros y mercancías se deben a un rápido y constante crecimiento. En este sentido, en la modalidad de pasajeros este aumento se ha distribuido durante los últimos sesenta años. Sin embargo, en el caso del transporte de mercancías por vía aérea el crecimiento se concentra en los últimos veinte años. Durante este periodo se han alcanzado cuotas cercanas al 35 % del comercio mundial de transporte de mercancías si se refiere al valor de las mercancías transportadas (International Air Transport Association –IATA–, 2008).

Varias razones pueden ayudar a explicar este aumento de la demanda (Yuan et al., 2010). Primero, la tendencia de la industria hacia la producción de bienes de alta densidad de valor. Segundo, la reducción del ciclo de vida de los productos y la adopción de la filosofía de fabricación justo a tiempo (*Just in Time*). Tercero, la idea de que los costos del transporte aéreo son compensados por el ahorro en inventario, almacenaje y embasado. Y cuarto, la reducción del coste del transporte debido al aumento del tamaño de las aeronaves y de la eficiencia en las operaciones.

Al analizar estos aspectos, que han provocado el continuo crecimiento del transporte aéreo de mercancías, se observa que están íntimamente ligados a determinados rasgos de la denominada nueva economía, como son la globalización y el comercio electrónico (Inglada, Rey y Coto, 2007), lo que hace esperar que el aumento de la demanda no se detenga en los próximos veinte años y siga una tasa de crecimiento media cercana al 6 por ciento anual, (Boeing, 2007). Por lo tanto, bajo una perspectiva económica, el transporte aéreo de mercancías tiene suficiente potencial para justificar el aumento de su actividad con el tiempo.

Sin embargo, el aspecto económico no es el único que invita a un estudio profundo, por ejemplo, la sociedad actual se quiere caracterizar por ser la impulsora del desarrollo sostenible. Por lo tanto, el desarrollo de la actividad asociada al transporte

aéreo de mercancías no puede guiarse, únicamente, por criterios económicos o técnicos, sino que tiene que tener en cuenta consideraciones de carácter social y medio ambiental. En este sentido, al transporte aéreo de mercancías, dentro del principio de la sostenibilidad, se le exige que sea de calidad, asequible, seguro y que respete al medio ambiente.

En definitiva, a la sociedad del conocimiento, con el objetivo de estar en la mejor disposición para la toma de decisiones basadas en hacer lo correcto, le interesa poder establecer (Moreno-Jiménez y otros, 1998), de manera continuada, si lo que se está haciendo (*Situación Actual, SA*) en el sistema (transporte aéreo de mercancías) corresponde, o está alineado, con lo que se debería estar haciendo (*Situación Ideal, SI*) para lograr la efectividad del mismo (Mamaqui y Moreno-Jiménez, 2009). Este interés es especialmente relevante en el ámbito del transporte aéreo por el elevado volumen de las inversiones efectuadas y por el carácter estratégico de un sector que responde a necesidades a largo plazo y que requieren la consideración de criterios económicos, técnicos, sociales y ambientales en su planificación estratégica.

Asimismo, esta necesidad de la sociedad no está cubierta en la actualidad debido a que existe una ausencia manifiesta en la investigación que trata los aspectos estratégicos (efectividad del sistema) que afectan al transporte aéreo de mercancías, ya que como se ha podido comprobar, la investigación exclusiva referida al transporte aéreo de mercancías es sensiblemente menor comparada con la realizada en el ámbito de pasajeros y notablemente menor comparada con la investigación referida a otros modos de transporte. Probablemente, la ausencia se deba a la reciente evolución de este modo de transporte. Además, la investigación está normalmente enfocada a temas relacionados con aspectos operativos (eficiencia de procesos y vehículos) y aspectos tácticos (eficacia de la gestión), pero no aborda, por la enorme complejidad que supone, el verdadero problema: la efectividad.

Por todas estas razones, que se pueden resumir en la importancia de la efectividad como base inexcusable para la planificación en todos los ámbitos, la importancia presente y futura del transporte aéreo de mercancías y, la ausencia de investigación en temas relacionados en esta área, se ha decidido elaborar un nuevo modelo de análisis que permita medir la efectividad de sistemas complejos y aplicarlo a la logística del transporte aéreo de mercancías.

En el apartado siguiente, con el objetivo de justificar la utilización del Proceso Analítico Sistémico o de Redes (*Analytic Network Process, ANP*) como base vertebradora del modelo de análisis, se realiza una breve descripción del proceso metodológico que dicha herramienta de análisis tiene asociado y cómo influye en la estructuración de la tesis doctoral.

1.2. METODOLOGÍA

En principio, utilizando un vocabulario desarrollado en el ámbito empresarial, si se analiza la planificación de un determinado sistema, éste se articula con un motivo, propósito o fin determinado a ser conseguido a muy largo plazo que se recoge en lo que se denomina *visión* del sistema. En particular, el transporte aéreo de mercancías tiene como visión la de ser un modo de transporte líder en satisfacción del cliente, rentabilidad económica y social, innovación y desarrollo sostenible:

- Percibido como líder en el transporte seguro de mercancías
- Distinguido por la sociedad por su valor añadido
- Reconocido por su transparencia, compromiso social y medioambiental
- Deseado por las personas para su desarrollo profesional

Asimismo, se asocia que para el cumplimiento de dicha visión se debe alcanzar, a medio y largo plazo, una determinada situación ideal que es la *misión* del sistema. En este sentido, el transporte aéreo de mercancías tiene como *misión* la de conseguir que sus servicios de transporte sean ágiles, de calidad, asequibles y seguros respetando el medio ambiente.

Para perseguir la misión establecida se definen los objetivos estratégicos, los cuales son completados si se satisfacen, a medio plazo, una serie de metas definidas con tal fin. Por último, para alcanzar cada meta es necesario realizar un conjunto de acciones que consisten en la operativa diaria que tiene el sistema.

Esta definición de la planificación de un sistema se asocia rápidamente a cómo se entiende la eficiencia, la eficacia y la efectividad de la siguiente manera. Cuando la asignación de recursos para llevar a cabo las acciones es óptima entonces se está siendo completamente eficiente. Sin embargo, es posible no ser eficiente y si ser eficaz, ya que las metas se estén alcanzando pero con un coste de recursos mayor del necesario. Por último, se puede ser eficaz y alcanzar todas las metas, y con ello completar los objetivos estratégicos, pero no ser efectivo, ya que no se consigue llegar a la Situación Ideal que se había establecido. Por lo tanto, la efectividad consiste en definir los objetivos estratégicos de tal manera que su aporte de valor al sistema conlleve la consecución de la Situación Ideal o, lo que es lo mismo, permita alcanzar la misión definida.

En síntesis, ser efectivo se consigue a través de un proceso en el que se elige el conjunto de objetivos estratégicos que permite acercarse lo máximo posible a la situación ideal. Es, por lo tanto, un proceso de toma de decisión, que como todo proceso de toma de decisión, consiste en elegir lo mejor entre lo posible. En este caso lo posible es el conjunto de objetivos estratégicos, y lo mejor se define por los criterios que se establecen para valorar la influencia del sistema. Este tipo de problemas de toma de decisión, donde lo mejor está definido por varios criterios y lo posible es un conjunto finito de alternativas, son evaluados por la denominada Teoría de Decisión Multicriterio.

Por último, el transporte aéreo de mercancías consiste en un sistema de agentes que se relacionan entre sí dentro de un entorno, que también puede representarse por otro tipo de agentes interrelacionados, por lo que se espera que los criterios que definen lo mejor estén relacionados. Este tipo de problemas multicriterio, con posibles relaciones entre los criterios y con criterios que no siempre son tangibles, han sido ampliamente estudiados por el profesor Thomas Saaty (1980, 1996) el cual ha desarrollado dos técnicas en este sentido: el Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP) y el Proceso Analítico Sistémico o de Redes (*Analytic Network Process*, ANP).

Ambas técnicas se basan en la construcción de una estructura de relaciones entre los aspectos relevantes que influyen en la consecución de una determinada misión. En el caso del AHP esta estructura corresponde a una jerarquía y en el caso del ANP consiste en una red. A través de esta estructura se puede, entre otras cosas, priorizar un conjunto de alternativas (objetivos estratégicos) con respecto al aporte de valor que realizan a la misión definida. Dicha estructura se crea a través del análisis del sistema en estudio y la experiencia y conocimiento de los agentes del mismo, que se convierten en el actor evaluador de la metodología. Asimismo, el actor evaluador también es el encargado de definir la intensidad con la que la estructura de criterios influye sobre la misión. Sin embargo, la priorización de las alternativas es llevada a cabo por el agente del sistema que tiene que decidir entre ellas, que pasa a ser el actor decisor. Tanto la intensidad de la estructura de criterios como la priorización de alternativas se lleva a cabo a través de un proceso de comparación realizado bien por el evaluador, criterios, o bien por el decisor, alternativas.

Por lo tanto, teniendo en cuenta el potencial de estas herramientas de análisis, se está en la disposición de crear un modelo, formado por una estructura de criterios, capaz de analizar el aporte de valor de unos objetivos estratégicos a una determinada misión. En este sentido, si se analiza el aporte de valor que dichos objetivos estratégicos deberían tener con respecto a la misión en la Situación Ideal (lo que se debería hacer) y, asimismo, se analiza el aporte de valor que tienen Situación Actual (lo que se está haciendo), se podrá obtener el grado de alineamiento de las Situación Actual con respecto a la Situación Ideal y, a partir de este alineamiento, definir una medida de la efectividad del sistema.

En la bibliografía, diversas son las fases en las que se divide la sistemática de ambas técnicas de análisis, pero de forma general, y adaptadas a la construcción y utilización del modelo de análisis que se persigue, se pueden resaltar las cinco siguientes:

Fase 1: Planteamiento del problema

Un proceso de toma de decisión óptimo parte de un análisis en profundidad del sistema al que afecta dicha toma de decisión. En especial, se presta dedicada atención a aquellos temas que puedan ser de interés para la posterior definición de los elementos del modelo de análisis.

Por lo tanto, es necesario conocer de antemano en qué consisten los elementos que intervienen en el proceso de toma de decisión según las herramientas de análisis

seleccionadas. En este sentido, se distinguen dos tipos de elementos dependiendo su función dentro de la toma de decisión. Por un lado, se encuentran los *actores*, encargados de llevar a cabo el proceso de toma de decisión, y, por otro lado, se encuentran los *aspectos relevantes* que modelizan el sistema a estudio en términos que permitan la toma de decisión.

En el caso de los actores, cada uno de ellos puede estar formado por un individuo o un grupo de individuos. En este sentido, se distinguen tres tipos de actores:

- *Actor facilitador* que está formado por uno o varios expertos en la utilización de las herramientas de análisis y que, por lo tanto, guiará a los otros dos actores durante el proceso de toma de decisión.
- *Actor evaluador* que está formado por un conjunto representativo de los agentes que intervienen en el sistema (transporte aéreo de mercancías). Por lo tanto, será el encargado de incorporar a la toma de decisión el conocimiento preciso del sistema a través de la definición de los aspectos relevantes que van a constituir el modelo de análisis.
- *Actor decisor* que es el que tiene que incorporar el conocimiento sobre las alternativas obteniendo, gracias a la utilización del modelo de análisis definido previamente, qué alternativa es la óptima. En consecuencia, está formado por un único agente, aunque prácticamente puede estar representado por uno o varios individuos, del transporte aéreo de mercancías que necesite conocer el comportamiento de su conjunto de objetivos estratégicos (alternativas) en el transporte aéreo de mercancías.

En cuanto a los aspectos relevantes, ya se ha expuesto que las herramientas de análisis priorizan un conjunto de alternativas, con respecto al aporte de valor que realizan a la misión definida, a través de una estructura de aspectos relevantes que influyen en la consecución de la misión. En este sentido, se diferencian distintos tipos de aspectos relevantes dependiendo su nivel dentro de la estructura. Por ello, se encuentran los *criterios*, como nivel más general de definición, que se pueden ir concretando a través de los *subcriterios* y estos, a su vez, a través de los *factores* o *atributos*.

Por lo tanto, la primera fase va a consistir en un análisis del sistema del transporte aéreo de mercancías. Este análisis será realizado por el actor facilitador y ayudará al resto de los actores a la realización de las siguientes fases.

Fase 2: Definición de los elementos del modelo de análisis

En esta fase se definen de manera precisa los elementos que van a estar presentes a lo largo del proceso de toma de decisión. En este sentido, teniendo en cuenta la función de cada elemento dentro de la solución del problema, el actor facilitador se encarga de guiar la síntesis de los aspectos relevantes a partir del conocimiento de los otros dos actores. Para ello, ayudará al actor evaluador a la hora de definir los aspectos relevantes que van a dar forma al modelo de análisis y al actor decisor en la definición de las alternativas a valorar.

Fase 3: Síntesis de la red de relaciones entre elementos.

Una vez que se han definido los elementos del modelo de análisis, el actor facilitador ayuda al actor evaluador a establecer las relaciones existentes entre ellos. En esta fase se establece la estructura de clústeres de criterios, subcriterios y factores que permiten valorar la misión. Asimismo, se establecen las relaciones entre ellos diferenciando entre relaciones internas (entre factores o atributos del mismo clúster) y relaciones externas (entre factores o atributos de clústeres diferentes).

Fase 4: Evaluación de la intensidad de la red de relaciones

En esta fase el actor facilitador asesora al actor evaluador a la hora de establecer la importancia que cada criterio, subcriterio y factor tiene dentro de la red de relaciones sintetizada anteriormente. Esta importancia se tendrá que definir para cada una de las situaciones, ideal y actual, a partir de las que se realizará la medida de la efectividad del sistema. En esta fase es importante tener en cuenta que el actor evaluador tiene que ser consciente de qué situación está evaluando cada vez.

Fase 5: Explotación del modelo de análisis

Por último, el actor facilitador ayuda al actor decisor que defina su conjunto de alternativas como paso previo a la utilización del modelo de análisis. Una vez definido el conjunto de alternativas, tiene que establecer cómo se relacionan con los factores o atributos definidos previamente y, posteriormente, valorar la importancia de cada una de las alternativas con respecto a los factores con los que se relaciona. Como resultado se obtiene la prioridad de los objetivos estratégicos en la situación ideal y en la situación actual. De esta forma, a través de un análisis de alineamiento, se pueden establecer las líneas de acción que permita acercar la situación actual a la situación ideal y conseguir con ello una mayor efectividad del sistema.

1.3. OBJETIVOS

El principal objetivo de esta tesis es el desarrollo de un nuevo modelo de análisis, basado en técnicas multicriterio, que permita medir la efectividad de la logística de transporte aéreo de mercancías (LTAM) convirtiéndose, por lo tanto, en una herramienta de ayuda a la toma de decisiones dentro de sistemas complejos en el ámbito de la planificación estratégica. En este sentido, se podrán definir las líneas que permitan que el comportamiento de los objetivos estratégicos del sistema sea más efectivo. Asimismo, este objetivo más general, es desglosado en otros objetivos específicos de igual importancia:

1. Justificar cómo técnicas enmarcadas dentro de la Teoría de la Decisión, como son el AHP y el ANP, pueden ser utilizadas para realizar análisis dentro del ámbito de la planificación estratégica. Asimismo, establecer cuáles son los elementos esenciales que han de estar presentes en un modelo de análisis, basado en dichas técnicas, para la planificación estratégica de los sistemas de transporte.
2. Clarificar el significado que deben de tener los términos eficiencia, eficacia y efectividad, y su relación con respecto a la planificación de los sistemas dentro de las diferentes perspectivas temporales. Como consecuencia, demostrar cómo la medida de la efectividad se convierte en una herramienta apropiada para la toma de decisiones en un ámbito estratégico.
3. Dar una perspectiva innovadora del transporte aéreo de mercancías como sistema que tenga en cuenta tanto las aéreas exclusivas de este modo de transporte como las áreas que hacen referencia a su entorno. Asimismo, justificar cómo esta descripción, sintetizada bajo el término de logística del transporte aéreo de mercancías, facilita la utilización de las herramientas de análisis seleccionadas y, por lo tanto, enriquece los resultados obtenidos en esta monografía.
4. Analizar en profundidad el transporte aéreo de mercancías bajo el enfoque establecido por las distintas áreas definidas en la LTAM. En este sentido, definir y caracterizar a los agentes que interactúan en el transporte aéreo de mercancías, y sintetizar los aspectos relevantes que les influyen desde un punto de vista estratégico.
5. Exponer de forma clara y metódica la construcción y posterior aplicación del modelo de análisis propuesto para medir la influencia de los objetivos estratégicos en la planificación estratégica de un sistema de transporte. Asimismo, definir los principios que debe cumplir para asegurar la validez de los resultados que se obtienen.
6. Utilizar el modelo de análisis para medir la efectividad de la LTAM y explorar cómo extender los resultados obtenidos a posibles aplicaciones de utilidad para los agentes del sistema. En este sentido, utilizar el caso específico del aeropuerto de Zaragoza como ejemplo para dichas aplicaciones.
7. Definir las futuras vías que tengan como finalidad la de completar los resultados obtenidos en esta tesis.

1.4. ESTRUCTURA

La tesis está organizada en 7 capítulos cada uno de los cuales viene introducido por una pequeña reseña de sus principales contenidos. En el actual, **Capítulo 1**, se ha presentado la motivación para el desarrollo de esta tesis así como la metodología y los objetivos científicos perseguidos.

En el **Capítulo 2**, se identifican y explican las herramientas de análisis que dan sustento teórico al modelo de análisis planteado, se justifica su idoneidad para un enfoque estratégico y se expone cómo se adapta al transporte aéreo de mercancías. Por lo tanto, este capítulo permite conocer la base teórica que da validez a los resultados que se obtendrán del modelo de análisis.

El **Capítulo 3** comienza con la definición precisa del significado que se da a los términos eficiencia, eficacia y efectividad, y cómo su medida permite medir el comportamiento de un sistema. A continuación, se justifica el tratamiento sistémico que se hace del transporte aéreo de mercancías a través de la definición del término logística del transporte aéreo de mercancías. Por último, se realiza un análisis en profundidad de las distintas áreas que componen la logística del transporte aéreo de mercancías para detectar los aspectos relevantes que influyen en el sistema.

En el **Capítulo 4**, se describe el modelo de análisis que permite medir la influencia de los objetivos estratégicos de la logística del transporte aéreo tanto en la Situación Ideal como en la Situación Actual. En este sentido, se expone cómo utilizar el ANP para modelizar el proceso de toma de decisiones estratégicas definiendo, por lo tanto, el planteamiento previo del problema. Asimismo, se establecerá cómo adecuar dicho modelo para analizar las distintas situaciones de un sistema representado por sus aspectos relevantes.

En el **Capítulo 5** se aplica el modelo de análisis a la logística del transporte aéreo de mercancías obteniendo el valor de las influencias de sus objetivos estratégicos tanto en la Situación Actual como en la Situación Ideal. Asimismo, se define cómo medir la efectividad del sistema a partir de dichos resultados.

El **Capítulo 6** sirve para ilustrar cómo se pueden utilizar los resultados obtenidos a lo largo de la medida de la efectividad de la logística del transporte aéreo de mercancías para obtener información de las distintas partes que lo componen. En este sentido, se demuestra cómo hacer medidas de la efectividad de los distintos agentes que interactúan entre sí en el sistema, en particular, se aplica a la gestión del aeropuerto de Zaragoza

Finalmente, en el **Capítulo 7**, se aportan las conclusiones de la tesis y las principales contribuciones aportadas al campo científico. También se hace referencia a las futuras líneas de investigación derivadas de las contribuciones de esta tesis.

Las referencias bibliográficas y los anexos referenciados durante la monografía se encuentran a continuación del último capítulo.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

El **Capítulo 2** expone y justifica la elección de las técnicas de análisis que dan soporte metodológico al modelo de análisis que permite medir la efectividad de la logística de transporte aéreo de mercancías.

Para ello, tras una breve introducción en la Teoría de la Decisión, se analizan los bloques principales que componen los Métodos de Decisión Multicriterio y se establece cuál de ellos se adecua mejor al problema que se pretende resolver. En este mismo sentido, una vez elegido el bloque formado por los Métodos de Decisión Multicriterio Discretos, se describen sus principales técnicas de análisis para elegir la más adecuada.

Por último, el capítulo concluye exponiendo con claridad las técnicas de análisis elegidas que son: el Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP), y el Proceso de Análisis Sistémico o de Redes (*Analytic Network Process*, ANP). Ambas desarrolladas por el profesor Thomas Saaty (1980, 1996).

En el marco impuesto por el desarrollo sostenible, toda actividad evoluciona bajo las limitaciones de recursos, tiempo, enfoques y objetivos, y para ello requiere de una planificación a corto, medio y largo plazo que asegure que se comporte como un sistema eficiente, eficaz y efectivo que tiene en cuenta, en todo momento, las distintas restricciones existentes.

Asimismo, dicha planificación tiene que basarse en una toma de decisiones continua, siendo ésta un despliegue intelectual esencial sin el cual la actividad no podría progresar dentro de los términos deseados (Aragonés, 1995).

En este sentido, la medida de la efectividad, obtenida como resultado de la aplicación del modelo de análisis desarrollado en esta tesis, tiene como objetivo el de ayudar en la toma de decisiones para la planificación a largo plazo en un sector de la importancia estratégica como el transporte aéreo en su modalidad de mercancías.

Para ello, el modelo de análisis tiene que permitir, a los agentes que interactúan dentro del sistema de transporte aéreo de mercancías, establecer los objetivos estratégicos, que guían su actividad a largo plazo, teniendo en cuenta su influencia a la hora de alcanzar la misión global para la que ha sido construido el sistema. Lo que implica que esté basado en herramientas de análisis que estructuren correctamente dicho tipo de toma de decisiones.

Por lo tanto, es lógico recurrir a técnicas que estén alojadas en la Teoría de la Decisión cuya finalidad sea la de elegir la mejor alternativa, dentro de un conjunto, continuo o discreto, de opciones posibles.

Para analizar las distintas técnicas englobadas en la Teoría de la Decisión, se suele tener en cuenta tres grandes bloques: la teoría de la decisión con incertidumbre o riesgo, la teoría de juegos y la decisión multicriterio.

En consecuencia, para justificar la elección de las herramientas de análisis, la primera parte de este capítulo presenta una breve introducción a estos tres enfoques de la teoría de la decisión (Romero, 1993; Vitoriano, 2007). A través de esta introducción se deja claro por un lado, que este es el entorno donde encontrar las herramientas de análisis y, por otro lado, que será dentro del bloque relacionado con la decisión multicriterio discreta donde se hallarán dichas herramientas.

Por esto, la segunda parte del capítulo trata, de manera más profunda, sobre los métodos de decisión multicriterio discretos y las herramientas que, a partir de sus principios, se han desarrollado. De esta forma se justifica la elección del Proceso de Análisis Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) y el Proceso de Análisis Sistémico o de Redes (Analytic Network Process, ANP), ambas técnicas desarrolladas por el profesor Thomas Saaty (1980; 1996).

Por último, el resto del capítulo está destinado a exponer el origen, la sistemática y las aplicaciones de estas técnicas, para la estructuración de la toma de decisión, que van a permitir que el modelo de análisis cumpla la finalidad de ayuda a la planificación estratégica.

2.1. LA TEORÍA DE LA DECISIÓN

Tomar buenas decisiones es una de las tareas más difíciles para el hombre (Asimov, 1968). Todos los días una persona se enfrenta, tanto en el ámbito profesional como el personal, a diferentes situaciones en las que tiene que seleccionar o decidir entre distintas vías o posibilidades y optar por una de ellas. La mayoría de las veces se tiene que elegir entre distintas alternativas teniendo en cuenta una gran diversidad de parámetros. Por lo que la toma de decisiones, bajo el principio de elección de la opción óptima, suele ser un proceso complejo.

Sin duda alguna, no todas las decisiones implican un proceso arduo de decisión, sin embargo sí que lo necesitan aquellas que impliquen un alto grado de dificultad que vienen caracterizadas (León, 2001) por:

- observar intereses contrapuestos,
- contar con elementos de incertidumbre,
- depender de diferentes personas envueltas en la decisión y,
- tener elementos fácilmente valorables y otros difícilmente valorables.

Dentro de las características de las decisiones complejas, el hecho de desconocer los efectos que pueda tener el abanico de alternativas conlleva una de las principales problemáticas. En este sentido, es necesario introducir el concepto de incertidumbre en el proceso de toma de decisión.

Al hablar de incertidumbre en las decisiones estratégicas Courtney, Kirkland, y Viguerie (1999) establecen cuatro niveles de incertidumbre:

1. **Futuro suficientemente claro:** La incertidumbre residual es irrelevante a la hora de adoptar las decisiones estratégicas.
2. **Futuros alternativos:** Los resultados alternativos a la decisión son uno entre unos cuantos.
3. **Un abanico de futuros:** Existe un número limitado de variables esenciales por lo que el resultado real puede situarse en cualquiera de los puntos comprendidos dentro de los límites del abanico.
4. **Auténtica ambigüedad:** Las múltiples dimensiones de la incertidumbre interactúan para crear un entorno que es prácticamente imposible de prever. No se puede identificar el abanico de resultados posibles.

Por lo tanto, un proceso de toma de decisiones intentará aumentar al máximo la certidumbre de la decisión ya que, en cualquier ámbito de trabajo, tomar decisiones es la esencia del trabajo directivo y de gestión (Díez de Castro, Redondo, Barreiro, y López, 2002; Hammond, Keeney, y Raiffa, 2002a).

Estas decisiones pueden partir de una reflexión, evaluación o análisis del problema, o de una corazonada (Hammond, Keeney, y Raiffa, 2002a; Garrido, 2003). Asimismo, las decisiones que se toman dan sentido a la vida y el éxito depende de los resultados de dichas decisiones (Hammond, Kenney, y Raiffa, 2002b).

Sin embargo, no se debe confundir una buena decisión con un resultado afortunado (Ríos, Bielza, y Mateos, 2002). Lo que de verdad diferencia una situación de decisión de otra similar es la forma del proceso mediante el cual se tomó la decisión. No se puede calificar una decisión como buena cuando ha dado buenos resultados sin conocer cómo se procedió en su adopción. Las mejores decisiones son las que ayudan a alcanzar los objetivos, y reducir las pérdidas de tiempo y dinero. Sin embargo, una buena decisión no es garantía de éxito, ni una mala decisión de fracaso.

En este sentido, lo único que se puede afirmar sin miedo a fallo, es que una buena decisión, entendida como aquella que sigue un proceso de toma de decisión adecuado, aumenta las probabilidades de éxito (Hammond, Keeney, y Raiffa, 2002b). Por lo tanto, cuando se tienen que escoger entre distintas alternativas es importante partir de un buen análisis como paso previo a la toma de una decisión.

Así, en su dimensión más básica, un proceso de toma de decisión puede entenderse como la elección de lo “mejor” entre lo “ posible”. Ahora bien, según se defina qué es lo mejor y qué es lo posible nos enfrentaremos a distintas situaciones de decisión. La optimización clásica tiene como característica general que lo mejor, el objetivo, es único y está claramente determinado (excepto en optimización multiobjetivo) y que lo posible, las soluciones factibles, no vienen expresadas explícitamente sino en forma de restricciones y sin incertidumbre.

Pero además de estos contextos de decisión de optimización clásica, existen otros que configuran lo que se suele denominar en términos amplios la Teoría de la Decisión. Tres grandes bloques son los que se suelen abordar en este análisis:

- **La teoría de la decisión con incertidumbre o riesgo**, en la que se analiza la toma de decisiones con aleatoriedad o incertidumbre en los resultados, de modo que las consecuencias de una decisión no están determinadas de antemano, sino que están sujetas al azar.
- **La teoría de juegos**, en la que las consecuencias de una decisión no dependen únicamente de la decisión adoptada, sino, también de la que elijan otros jugadores. En este contexto, los problemas de decisión con aleatoriedad del bloque anterior suelen ser denominados juegos frente a la naturaleza.
- **La decisión multicriterio**, en la que si bien dada una decisión sus consecuencias están perfectamente determinadas, lo que no está definido tan claramente es qué es lo mejor, existiendo varios objetivos en conflicto.

Analizando estos tres bloques y teniendo en cuenta las características del problema a estudio, que se pueden resumir en que el conjunto de alternativas (lo posible) va a estar formado por un número discreto y reducido de objetivos estratégicos y que el conjunto de criterios (lo mejor), va a ser amplio, variado y con una valoración que en muchas ocasiones será cualitativa, se llega a la conclusión de que las herramientas de análisis van a estar englobadas en los métodos multicriterio discretos.

2.2. MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO DISCRETOS

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio comprenden actividades tales como la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivo simultáneas y un actor decisor, y procedimientos de evaluación racionales y consistentes (Martínez, 1998). Por lo tanto, son especialmente utilizados para tomar decisiones frente a problemas que cobijan aspectos intangibles a evaluar.

En este sentido, los métodos de evaluación y decisión multicriterio no consideran únicamente la posibilidad de encontrar una solución óptima, sino que, en función de las preferencias del agente decisor y de los objetivos pre-definidos (usualmente conflictivos), se pretende:

- Seleccionar las mejores alternativas
- Aceptar alternativas que parecen “buenas” y rechazar aquellas que parecen “malas”
- Generar una ordenación de las alternativas consideradas (de la mejor a la peor)

Sus principios se derivan de la Teoría de Matrices, Teoría de Grafos, Teoría de las Organizaciones, Teoría de la Medida, Teoría de las Decisiones Colectivas, Investigación de Operaciones y de Economía.

Un aspecto clasificador en la decisión multicriterio corresponde al número, que puede ser finito o infinito, de las alternativas a tener en cuenta en la decisión. Dependiendo de esta situación existen diferentes métodos. Cuando las funciones objetivo toman un número infinito de valores distintos, que conducen a un número infinito de alternativas posibles del problema, se llama decisión multiobjetivo (recogidos en el **Anexo 1**).

Aquellos problemas en los que las alternativas de decisión son finitas, se denominan problemas de decisión multicriterio discretos. Estos problemas son los más comunes en la realidad y son los que se consideran a continuación.

Por lo tanto, los métodos de decisión multicriterio discretos se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto de problemas que, por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución, a través de:

1. Un conjunto de alternativas estable, generalmente finito (soluciones factibles que cumplen con las restricciones, posibles o previsibles). Se asume que cada una de ellas es perfectamente identificada, aunque no son necesariamente conocidas en forma exacta y completa todas sus consecuencias cuantitativas y cualitativas.
2. Una familia de criterios de evaluación (atributos, objetivos) que permiten evaluar cada una de las alternativas (analizar sus consecuencias), conforme a los pesos (o ponderaciones) asignados por el actor decisor y que reflejan la importancia (preferencia) relativa de cada criterio.
3. Una matriz de decisión o de impactos que resume la evaluación de cada alternativa conforme a cada criterio; una valoración (precisa o subjetiva) de cada una de las soluciones a la luz de cada uno de los criterios; la escala de medida de las

evaluaciones puede ser cuantitativa o cualitativa, y las medidas pueden expresarse en escalas cardinal (razón o intervalo), ordinal, nominal, y probabilística.

4. Una metodología o modelo de agregación de preferencias en una síntesis global; ordenación, clasificación, partición o jerarquización de dichos juicios para determinar la solución que globalmente recibe las mejores evaluaciones.
5. Un proceso de toma de decisiones (contexto de análisis) en el cual se lleva a cabo una negociación consensual entre los actores o interesados (experto, decisor y usuario) Martínez (1998).

En definitiva, se observa que en el análisis intervienen multitud de factores que difícilmente se pueden tener en cuenta si no se cuenta con algún tipo de herramienta que facilite el proceso de toma de decisiones. En este sentido, distintos son los autores que justifican la utilización de los métodos de decisión multicriterio discretos para articular dichas herramientas.

Por ejemplo, hoy en día, se dispone de mucha información pero se carece de un conocimiento útil (Etzioni, 2002). Por lo tanto, existe la necesidad de estructurar los problemas a través de métodos multicriterios y así cuantificar el comportamiento del sistema a través de varios puntos de vista.

Sin embargo, tampoco se debe refugiar la decisión en los datos cuantificados. En este sentido, Godet (1993) afirma que el análisis de las consecuencias de la decisión debe hacerse evitando fijar un objetivo que pretenda traducirlo todo a una fórmula única o que sólo tenga en cuenta lo que es cuantificable.

Del mismo modo, reclama la necesidad de una evaluación multicriterio para la elección de las opciones estratégicas. También considera la utilización de métodos multicriterio como la más apropiada para el estudio de un sistema definido por variables, sobre todo, para comprobar la sensibilidad de los resultados con juegos de ponderaciones alternativas de criterios.

En síntesis, muchos de los problemas multicriterio nacen ante la necesidad de resolver problemas complejos cuyas características las define Moreno (2001)

- el dinamismo
- la incertidumbre
- la existencia de múltiples escenarios
- criterios (habitualmente en conflicto)
- actores

En este sentido, se considera que las técnicas multicriterio permiten dar rigor al análisis y, para ello, se evalúan criterios y variables de una forma ordenada y científica. Asimismo, son una serie de técnicas de análisis que permiten tomar una decisión teniendo en cuenta que todas las variables que se consideran son relevantes y que no todas las variables tienen la misma importancia relativa con respecto a un criterio, ni absoluta con respecto a la decisión final.

Barba-Romero y Pomerol (1997) afirman que las técnicas de decisión multicriterio permiten racionalizar mediante una serie de normas, pasos o reglas, la toma de una decisión teniendo en cuenta las múltiples variables que entran en juego, y la posible interrelación entre ambas. Las diferentes técnicas ponderan, normalizan matrices, conjuran, comparan, etc. de forma que nos permiten valorar, corroborar, o destacar una decisión entre las estudiadas.

La complejidad del estudio requiere un análisis con un enfoque multidisciplinar e integrador. Las técnicas de decisión multicriterio ayudan a estructurar los problemas planteados. Persiguen tener en cuenta múltiples criterios en conflicto para ayudar a tomar decisiones suministrando un foco y un lenguaje para la discusión.

Por lo tanto, el análisis sirve para complementar y desafiar a la intuición aunque no persigue sustituir los juicios intuitivos y la experiencia. En este sentido, los mejores enfoques son los más simples y transparentes, sin embargo se necesitan conocimientos no triviales para hacer efectivo el uso de herramientas simples en un contexto complejo. Por ello, el proceso lo que tiene que permitir es obtener decisiones mejor consideradas, justificables y explicables.

Según Belton y Stewart (2000), el Análisis de Decisión Multicriterio es un término que incluye una colección de conceptos, métodos y técnicas que permitan ayudar a los individuos o grupos a tomar decisiones que implican diferentes puntos de vista en conflicto y múltiples agentes interesados. Asimismo, se advierte que la subjetividad es inherente en todo proceso de toma de decisiones, en particular en el proceso de selección de criterios en lo que fundamentar la decisión y en la ponderación de los mismos.

Por ello, el Análisis de Decisión Multicriterio no disipa la subjetividad, simplemente trata de hacer explícita la necesidad de juicios subjetivos y transparente el proceso para tenerlos en cuenta. Esto es especialmente imperante cuando hay varios agentes interesados que tienen intereses complementarios o contrapuestos.

En definitiva, el objetivo principal del Análisis de Decisión Multicriterio (Belton y Stewart, 2000) es ayudar a los decisores a aprender sobre el problema, sobre sus propios valores y juicios y sobre los de otras partes interesadas. Para ello, se utilizarán la organización, la síntesis y la presentación apropiada de la información. De esta forma, se podrá guiar a los decisores a la identificación, mediante discusión, de las alternativas preferidas.

Antes de pasar a justificar la selección de las técnicas de análisis elegidas para el modelo de análisis, es interesante definir las características del proceso de decisión y el papel que juega el decisor dentro de los problemas multicriterio discretos.

2.2.1. El proceso de decisión

Lo fundamental en un proceso de decisión es cómo se decide. Esto es lo que diferencia a dos problemas de decisión aparentemente iguales. Distintos autores proponen diferentes formas de realizar la estructuración de los problemas de decisión.

Deming después de la Segunda Guerra Mundial introduce dentro del área de calidad, el círculo de la decisión o ciclo PHACA (Planificar, Hacer, Controlar, Actuar) para la toma de decisión estructurado en cuatro fases (Juran y Gryna, 1993; Hill, 2005):

1. **Planificar:** Planteamiento del problema
2. **Hacer:** Análisis del mismo.
3. **Controlar:** Estrategia a emplear.
4. **Actuar:** Toma de decisión.

Dieter (1983), en una visión más general, propone para tomar una decisión los siguientes pasos:

1. Establecer los objetivos de la decisión.
2. Clasificar los objetivos por orden de importancia.
3. Desarrollar las acciones alternativas.
4. Evaluar las alternativas según los objetivos.
5. Elección de la alternativa que mantenga la mejor promesa de logro de todos los objetivos.
6. Explorar la decisión adoptada para buscar posibles consecuencias adversas.
7. Controlar los efectos de la decisión adoptada, una vez implementada, para tomar medidas de prevención de consecuencias adversas.

Díez de Castro, Redondo, Barreiro y López (2002) consideran la estructuración del problema de decisión en 7 pasos:

1. Percepción del problema.
2. Definición del problema.
3. Definición de criterios de decisión.
4. Generación de acciones viables.
5. Evaluación de acciones viables.
6. Selección de acciones viables.
7. Implementación y control.

Drucker (2002) propone las siguientes etapas en el proceso de decisión.

1. Clasificación del problema.
2. Definición del problema
3. Condiciones que debe satisfacer la respuesta del problema.
4. Decidir sobre lo que es correcto, en lugar de sobre que es aceptable, con objeto de cumplir condiciones de campo.
5. Incluir dentro de la decisión las acciones que hay que llevar a cabo.
6. Establecer el control que comprueba la validez y la eficacia de la decisión en relación con estado actual de los hechos.

Hammond, Keeney, y Raiffa (2002b) plantean la decisión bajo una metodología denominada PROACT (Problema, Objetivos, Alternativas, Consecuencias, Transacciones):

1. **Problema:** Definir el problema con precisión. La manera como se plantee la decisión desde el principio puede resultar definitiva.
2. **Objetivos:** Especificar los objetivos. Una decisión es un medio para llegar a un fin. Pensar bien en sus objetivos dará dirección a sus decisiones.
3. **Alternativas:** Crear alternativas imaginativas. Su decisión no puede ser mejor que la mejor alternativa.
4. **Consecuencias:** Entender las consecuencias. Evaluar francamente las consecuencias de cada alternativa le ayudará a identificar las que mejor se ajustan a sus objetivos, a todos sus objetivos.
5. **Transacciones:** Estudiar las transacciones. En las decisiones complejas no hay por lo general una alternativa perfecta. Para llegar a ello, necesita fijar prioridades, atendiendo abiertamente a la necesidad de hacer transacciones entre los diversos objetivos contradictorios.
6. **Incertidumbres:** Aclarar las incertidumbres.
7. **Tolerancia al riesgo:** Pensar muy bien en su tolerancia al riesgo
8. **Decisiones vinculadas:** Considerar decisiones vinculadas.

Mintzberg y Westley (2002) proponen un modelo racional que se corresponde con las concepciones convencionales de la ciencia, el arte y la artesanía. Este modelo se basa en pensar primero (proceso principalmente verbal), ver primero (proceso visual) y hacer primero (proceso visceral). De esta forma afirman que puede mejorarse la calidad de las decisiones.

- **Pensar primer:** Definir el problema, diagnosticar las causas, diseñar las posibles soluciones, decidir cuál es la mejor
- **Ver primero:** Las acciones pueden ser impulsadas por lo que se ve como por lo que se piensa.

- **Hacer primero:** Se hacen varias cosas, se razona, y se repiten los comportamientos que tienen buenos resultados.

La lectura de todas las propuestas anteriores lleva a plantear una propuesta general del problema de la toma de decisión. Esta propuesta se puede resumir en los siguientes pasos comunes (Aragonés, 1995), **Figura.2.1:**

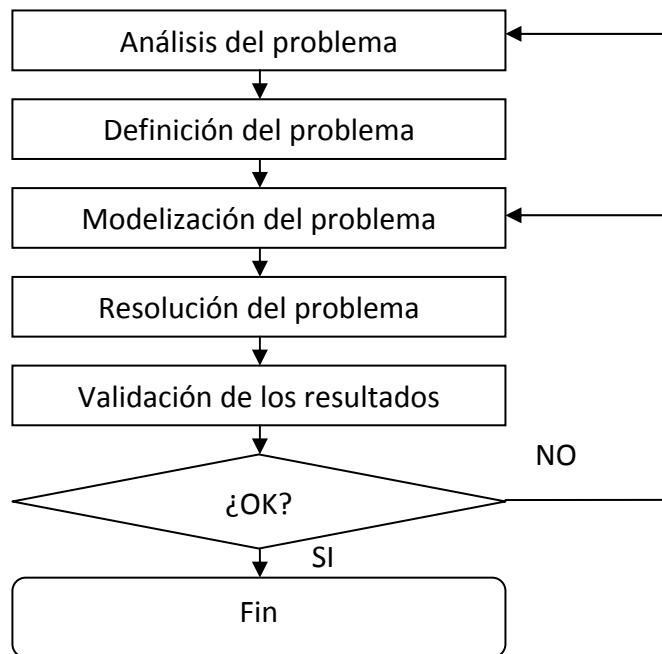


Figura 2.1. Proceso General de Toma de Decisiones. Adaptada de Aragonés (1995)

En el capítulo anterior se definió el transporte aéreo de mercancías bajo la concepción de un sistema, y por lo tanto, en un entorno donde se considera como base de estudio la interrelación entre los elementos que conforman un sistema.

Saaty (1997) afirma que el mundo es un sistema complejo de elementos interactivos. De esta forma, expresa la necesidad de concebir sistemas como elementos interrelacionados entre sí, y en el que las distintas variables que lo definen pueden tener una influencia en los valores de una variable, bien sea de una forma directa o indirecta. Igualmente opina que, en una red tan intrincada de factores, las primeras causas y los efectos finales no pueden ser identificados fácilmente. Por lo tanto, es importante poder conocer las influencias, tanto directas como indirectas, de los distintos factores o variables que influyen en un sistema, para poder comprender y determinar su funcionamiento y mucho más importante, para poder predecir la evolución del mismo.

El transporte aéreo de mercancías se está analizando como un sistema, ya que está compuesto por factores interrelacionados. Para conocer la influencia entre factores y variables que influyen en el sistema de transporte aéreo de mercancías se propone utilizar el Análisis de Decisiones Multicriterio mediante el cual se trata de cuantificar el grado de influencia que, a juicio de los decisores o expertos, tienen los factores de la logística de transporte aéreo de mercancías.

2.2.2. La importancia del decisor

El Análisis de Decisión Multicriterio, y en particular la aplicación de sus técnicas de ayuda a la toma de decisión, supone la existencia de un decisor (Moreno, 1989; Barba-Romero y Pomerol, 1997).

Al abordar el estudio de cualquier problema, el decisor necesita construir un modelo de la realidad de forma implícita. De hecho, al percibirla a través de los sentidos el ser humano forma un modelo inexpresivo de la misma que varía de una persona a otra en función de su experiencia. Ante la toma de cualquier decisión, por simple que ésta sea, el decisor también crea un modelo mental para valorar, bajo su punto de vista, las posibles alternativas.

La experiencia del decisor, lógicamente, se traduce en una mayor riqueza del modelo y como consecuencia una mejor elaboración de las posibles alternativas. También debe implicar una selección más acertada entre ellas (Dema, 1995). Este concepto fue resumido por Aracil (1990) al afirmar que la clase de modelo de la realidad que se disponga puede ser muy variable y depende del punto de vista que la observa.

Desde un modelo mental fuertemente condicionado por factores psicológicos, que incluso pueden variar a lo largo de una conversación, hasta un modelo formal altamente elaborado. En definitiva, la visión del mundo que tiene cada uno no es sino un modelo mental del mismo.

Goodwin y Wright (2004) afirman que los factores que afectan a cómo el decisor toma las decisiones son:

- El tiempo disponible para tomar la decisión.
- El esfuerzo que una estrategia determinada demanda.
- El conocimiento del decisor sobre el entorno.
- La importancia de tomar una decisión correcta.
- La necesidad de justificar su decisión a otros.
- El deseo de minimizar el conflicto.

El profesor Saaty (1997) describe las opiniones del filósofo Alasdair MacIntyre de la Universidad de Boston, el cual opina que las personas que deben tomar decisiones sobre temas sociales deben reunir las características siguientes:

1. Veracidad sin simplificar excesivamente la complejidad.
2. Justicia al evaluar costos y beneficios, y al asignar los costos a los que obtienen beneficios.
3. Habilidad para planificar sobre lo desconocido calculando los cambios, determinando dónde es probable que ocurran y decidiendo qué prioridades deben dictar la acción.
4. Flexibilidad para adaptarse al cambio planificando e implementando y, en respuesta a nuevas condiciones, planificando e implementando nuevamente.

2.2.3. Elección de las técnicas de análisis y decisión

Desde el análisis de Decisión Multicriterio se proponen diversas técnicas multicriterio, y no es fácil determinar cual es la mejor. Autores como Aragonés (1995), Barba-Romero y Pomerol (1997), Triantaphyllou (2000) y Figueira, Greco y Ehrgott (2005), realizan recopilaciones de las técnicas de ayuda a la toma de decisión multicriterio más importantes que existen.

Como ya se ha avanzado, la presente tesis se va a desarrollar dentro de las técnicas de ayuda a la toma de Decisión Multicriterio discretas. Esto se debe a que el conjunto de la elección se hará entre un número finito de alternativas y a través de varios criterios. Barba-Romero y Pomerol (1997) hacen una revisión de las técnicas diferenciando entre las aplicables al caso continuo y las aplicables al caso discreto. Dentro de las técnicas discretas, se pueden distinguir tres escuelas: la escuela europea, la escuela americana y la escuela del pacífico.

La escuela europea ha evolucionado a través del concepto de relación de superación o sobreclasificación, desarrollando métodos como los ELECTRE y PROMETHE. Sus representantes más destacados son Roy, Zeleny, Benayoun, Bertier, Brans, Bouroche, Mareschal, Jacques-Lagrèze, Roubens y Vincke.

La escuela americana ha realizado su investigación en un conjunto de métodos desarrollados entorno a los conceptos de actividad de las preferencias y teoría de la utilidad asociada a la construcción de una función de valor. Han creado métodos como el MAUT (Multi-Attribute Utility Theory), AHP (Analytic Hierarchy Process) o el ANP (Analytic Network Process). Los representantes más destacados son Keeney, Raiffa, Saaty y Yoon.

La escuela del pacífico ha surgido posteriormente y su aportación ha estado orientada a revisar los métodos anteriores. Entre sus componentes más destacados están Takeda, Seo, Sawaragi, Tabucanon, y ChanKong.

En definitiva, se distinguen dos tendencias diferentes a la hora de afrontar los problemas de decisión multicriterio discretos:

- Los métodos basados en las relaciones de superación
- Los métodos basados en la construcción de la función de valor

A continuación, se lleva a cabo una breve introducción de ambos métodos.

2.2.3.1. Métodos basados en las relaciones de superación

Los métodos que incorporan en sus análisis las denominadas relaciones de superación tuvieron su origen en Francia y Bélgica; nacen de la mano de Bernard Roy, Roy (1968, 1971, 1973 [con Bertier] y 1974), y su equipo de colaboradores en 1966. La mayoría de la literatura referida a estos métodos se encuentra en francés, pero algunas referencias útiles en inglés son: Roy (1996) y Vincke (1992, 1999).

Los principales representantes de estas ideas son los métodos ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) desarrollado por el propio Roy y sus colaboradores, aunque posteriormente hacen su aparición los métodos PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluations*), con facilidad de aplicación y comprensión por parte del decisor, de la mano de los investigadores Jean P. Brans y Phillip Vincke, en 1985.

La comparación entre las alternativas se efectúa por pares y con respecto a cada uno de los criterios de decisión seleccionados, y establece el grado de dominancia que una alternativa tiene sobre la otra; es decir, determina su grado de superación. Este grado de superación o dominancia lo establecen las relaciones matemáticas que se formulan, determinando hasta qué punto una alternativa destaca sobre las restantes. Además, los pesos que el decisor asigna a cada criterio y que reflejan sus preferencias, confirman o contradicen la relación de dominancia binaria entre las alternativas de decisión.

El método analiza tanto el grado de concordancia, como el de discordancia, es decir:

- El grado en el que las ponderaciones que reflejan las preferencias están de acuerdo con la relación binaria de dominación
- El grado en el cual las evaluaciones ponderadas difieren entre sí

Estas etapas se fundamentan en los denominados conjuntos de concordancia y discordancia. Una de las ventajas de este tipo de análisis es que utiliza la información disponible en forma muy intensiva, exigiendo muy poco al decisor. El proceso finaliza con la selección de una alternativa o grupo de alternativas preferidas, consideradas como la mejor solución de compromiso, a partir del ordenamiento del conjunto de alternativas. Estos métodos se basan en un modelo del problema muy sencillo lo que permite comparar alternativas muy distintas entre sí.

Sin embargo, el resultado del análisis no es el valor de cada una de las alternativas, sino una ordenación establecida por relaciones de superación en el conjunto de alternativas. Por lo que desde un primer momento se intuye que estos métodos no se puedan utilizar para la finalidad que se busca en esta tesis.

Asimismo, el hecho de que los modelos construidos, a través de las relaciones de superación, sean más pobres que los basados en la construcción de la función de valor implica que el conocimiento del problema, que se adquiere a la vez que se construye el modelo, sea menor y, en cierto modo, esto no es deseable en un proceso de toma de decisión con un enfoque estratégico.

2.2.3.2. Métodos basados en la construcción de la función de valor

La Teoría de Utilidad Multi-Atributo (MAUT, *Multi-Attribute Utility Theory*) provee un fuerte fundamento axiomático para la toma de decisiones racional bajo múltiples objetivos (Seppälä et al., 2002). Esta teoría asume que el tomador de decisiones es capaz de articular sus preferencias de acuerdo, estrictamente, a relaciones de preferencia o indiferencia, y que siempre va a preferir la solución que maximiza su bienestar.

Por otro lado, la Teoría de Valor Multi-Atributo (MAVT, *Multi-Attribute Value Theory*) puede ser considerada como una teoría multiatributo del valor en donde se considera que no hay incertidumbres sobre las consecuencias de las alternativas (por ejemplo, se sabe que las emisiones de cloro-floro-carbono (CFC) deterioran la capa de ozono), a diferencia de MAUT que explícitamente considera que las consecuencias de las alternativas pueden ser inciertas (por ejemplo, se puede invertir un millón de euros en la bolsa pero no hay certeza en incrementar esa cantidad después de un año) (Ríos Insua, 1990).

La Teoría de Valor Multiatributo establece que el posible impacto de seleccionar una alternativa puede ser presentado por la consecuencia: $x = x_1, \dots, x_n$ donde x_i es definido como un nivel específico del atributo i . En MAVT el punto de inicio para obtener un indicador global es analizar cada atributo de manera independiente a través de las llamadas funciones de valor de único atributo, las cuales asumen que los valores obtenidos por cada alternativa para un atributo son la escala de valores que refleja las preferencias relativas del tomador de decisiones para diferentes niveles del atributo. Entonces, las consecuencias de cada alternativa son valoradas y los valores se incluyen dentro de la correspondiente función de único atributo $v_i(\cdot)$. Después se requiere la importancia relativa (pesos) de cada atributo, la cual se puede ver como una constante escalar relacionada con las diferentes escalas de medida de los atributos. Las funciones único atributo posteriormente son agregadas mediante el uso de ecuaciones aditivas (Seppälä et al., 2002), **expresión 2.1**, donde $v_i(\cdot)$ son las funciones de valor de atributo único y w_i el peso de los atributos

$$V(a_j) = \sum_{i=1}^m w_i v_i(x_i(a_j)) \quad [2.1]$$

En MAUT/MAVT es necesario que los atributos sean mutuamente independientes, lo cual significa que los resultados de un atributo no dependan del comportamiento de otro atributo (Seppälä et al., 2002).

En una función aditiva de valor/utilidad, los valores de los pesos w_i indican la importancia relativa de los cambios de cada atributo, desde su forma menos deseable hasta el nivel más deseado. Existen numerosos procedimientos para la determinación de los pesos, como por ejemplo el método de las compensaciones (Keeney y Rafia, 1976) que tiene un fuerte fundamento teórico pero es difícil de usar.

De acuerdo a MAVT, las puntuaciones de los atributos medidos en diferentes escalas de medidas deben estar normalizadas para obtener una unidad común adimensional (Seppälä et al., 2002).

El resultado que se obtiene del MAUT/MAVT es un valor cuantitativo de cada alternativa obtenido gracias a las funciones de utilidad/valor de atributo único y su posterior síntesis a través de la ecuación aditiva. Por lo tanto, se observa que estos métodos se acercan bastante al objetivo que se busca en esta tesis. Sin embargo, existen tres limitaciones que hacen que no sean los más adecuados para estudiar el sistema del transporte aéreo de mercancías desde un punto de vista estratégico:

- Estos métodos parten de la base de que los atributos son mutuamente independientes y, en consecuencia, no tienen en cuenta las relaciones que se puedan establecer entre ellos;
- Los procedimientos para determinar los pesos para cada función utilidad son difíciles de usar y;
- El hecho de utilizar distintas escalas de medida implica que tengan que ser normalizadas pudiendo distorsionar la verdadera ordenación de alternativas.

Para solventar estas limitaciones, y seleccionar definitivamente las herramientas de análisis, se van a tener en cuenta los métodos de jerarquización entre los que se encuentran el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y el Proceso Analítico Sistémico o de Redes (ANP).

Estos métodos permiten abordar problemas, y por tanto, tomas de decisiones, más complejas que los métodos de asignación de pesos (Barba-Romero y Pomerol, 1997). Además, permiten tener en cuenta la inconsistencia que tiene el decisor a la hora de evaluar, admitiendo de alguna forma, esa componente no racional. Asimismo, con respecto a los métodos MAUT y MAVT, aunque son cercanos ya que también usan un modelo de preferencias aditivo, tienen diferente, y común para ambos, escala de evaluación para la determinación de los pesos de los criterios.

En definitiva, en la elección del AHP para trabajar en el análisis de los criterios y su aportación a la meta, se ha valorado la capacidad que tiene esta técnica, para llegar a tomar decisiones en el dominio estratégico de forma cualitativa (Bhushan y Rai, 2004). En la elección del ANP, ha pesado mucho la capacidad de interrelación entre sus nodos o elementos del modelo, y la posibilidad de realizar análisis con múltiples objetivos en el mismo modelo (Saaty, 2001).

En los siguientes apartados se explicarán en profundidad ambas técnicas de análisis que se van a utilizar, a lo largo del desarrollo del modelo de análisis, para la medida de la efectividad de la logística del transporte aéreo de mercancías.

2.3. PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, AHP)

El Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP) es un método para organizar la información y los razonamientos que se utilizan en la toma de decisiones. El AHP contribuye a la resolución de problemas complejos estructurando una jerarquía de criterios, intereses en juego y resultados, extrayendo juicios para desarrollar prioridades. En síntesis, el AHP es un enfoque general para definir problemas, establecer prioridades y tomar decisiones.

En consecuencia, el AHP (Saaty, 1997) fomenta una toma de decisiones socialmente responsable para ayudar a los líderes a evitar la simplificación excesiva, identificar y evaluar costos y beneficios, a planificar el futuro y adaptarse a los cambios. Se considera una teoría que permite conjugar las mediciones relativas en escalas absolutas, para criterios tangibles e intangibles a través de juicios emitidos por expertos que conocen el tema evaluado (Saaty, 2005d).

El AHP, es un método multicriterio, desarrollado por el profesor Thomas Saaty de la Universidad de Pittsburgh, que estructura el problema como un árbol jerárquico siendo el nodo inicial la misión o meta del que van naciendo distintas ramas que conforman los nodos que constituyen los criterios, y de éstos, a su vez, los subcriterios para cada criterio. Se basa en la comparación binaria entre los elementos que conforman el modelo de decisión, realizando estas comparaciones entre criterios, y entre alternativas (Barba-Romero y Pomerol, 1997).

Pertenece a los métodos de asignación de pesos basados en el cálculo del autovector dominante y está enclavado en la escuela americana. Asimismo, se caracteriza por ser un modelo flexible para la toma de decisión al identificar, comprender y evaluar las interacciones de un sistema como un todo.

En este sentido, se puede decir que el AHP permite tomar decisiones efectivas sobre problemas complejos a través de la significación y aceleración de nuestros procesos naturales de toma de decisiones (Saaty, 1997). Para ello, utiliza la matemática objetiva para procesar la inevitable subjetividad y preferencias personales involucradas en un proceso de toma de decisión individual o grupal (Garuti y Escudey, 2005). Además, el AHP tiene una sólida fundamentación teórica en la teoría de grafos y proporciona una estructura efectiva para la toma de decisiones en grupos que lida con la necesidad de asignar un valor numérico a cada variable del problema ayuda, a quienes deben tomar decisiones, a mantener patrones de pensamiento consistentes y llegar a una conclusión.

A continuación se introducen los fundamentos, la sistemática y las aplicaciones del Proceso Analítico Jerárquico. Para ello, se realiza una resumen, según las necesidades para alcanzar los objetivos establecidos en la presente monografía, de los principales aspectos del libro “The Analytic Hierarchy Process” (Saaty, 1980). Por si fuera necesario, un mayor conocimiento del método y sus aplicaciones se puede encontrar en Saaty (1997, 2002a, 2005a, 2005b y 2005d).

2.3.1. Fundamentos de AHP

El AHP involucra todos los aspectos del proceso de tomas de decisiones, ya que modela el problema a través de una estructura jerárquica y utiliza una escala de prioridades para sintetizar los juicios emitidos y entregar un ranking u ordenamiento de las alternativas de acuerdo a los pesos obtenidos (prioridades).

Esta metodología propone una manera de ordenar el pensamiento analítico, de la cual destacan tres principios básicos:

1. El principio de construcción de jerarquías,
2. El principio de establecer prioridades, y
3. El principio de la consistencia lógica.

En cuanto al principio de construcción de jerarquías se sabe que los sistemas complejos, como el representado por la logística del transporte aéreo de mercancías, pueden ser mejor comprendidos mediante su descomposición en elementos constituyentes. La estructuración de dichos elementos jerárquicamente, y la composición o síntesis de los juicios de acuerdo con la importancia relativa de los elementos de cada nivel de jerarquía más simples, son lineales ascendiendo o descendiendo de un nivel a otro.

Cada conjunto de elementos de una jerarquía, como la antes mencionada, ocupa un nivel de la jerarquía. El nivel superior llamado meta o misión, consta únicamente de un elemento: el objetivo amplio y global. Los niveles siguientes pueden tener cada uno diversos elementos, pero con una cantidad generalmente pequeña entre 5 y 9 elementos ya que por encima de este número de elementos disminuye la consistencia de comparación por parte del decisor. Asimismo, debido a que los elementos de un nivel deberán compararse uno con el otro en función de un criterio del nivel inmediatamente superior, los elementos de cada nivel deben ser del mismo orden de magnitud.

El segundo principio que destaca, es el establecimiento de prioridades entre los elementos de la jerarquía. Se propone una escala de prioridades como forma de independizarse de las diferentes escalas que existen entre sus componentes. Los seres humanos perciben relaciones entre los elementos que describen una situación, pueden realizar comparaciones a pares entre ellos con respecto un cierto criterio y de esta manera expresar la escala de intensidades de preferencias (prioridad) entre el total de elementos comparados. De esta forma es posible integrar el pensamiento lógico con la intuición que proviene de la experiencia.

De acuerdo a lo anterior, el primer paso para establecer las prioridades es realizar comparaciones a pares entre elementos de un mismo nivel con respecto del elemento inmediatamente superior del que dependen. Las matrices de comparación binarias, que se explicarán con mayor precisión más adelante, resultan ser la forma más conveniente para esta etapa del proceso, en cada elemento de la matriz se ingresa el valor de la preferencia entre la dupla de elementos de la jerarquía a los que hace referencia. De acuerdo con el procedimiento matemático propuesto por la

metodología, una vez completadas las matrices de comparación la obtención de las prioridades se transforma en un problema de vectores y valores propios donde el vector propio, asociado al mayor valor propio de cada matriz de comparaciones, representa el ranking u orden de prioridades mientras que el mayor valor propio es una medida de la consistencia del juicio.

El tercer principio del pensamiento analítico es la consistencia lógica. Los seres humanos tienen la capacidad de establecer relaciones entre los objetos o las ideas, de manera que sean consistentes, es decir, que se relacione bien entre sí y muestren congruencia. En este sentido, la consistencia implica dos cosas: transitividad y proporcionalidad.

- La primera es que deben respetarse las relaciones de orden entre los elementos, esto es, si A es mayor que C y C es mayor que B entonces la lógica dice que A es mayor que B.
- La segunda es que las proporciones entre los órdenes de magnitud de estas preferencias también deben cumplirse con un rango de error permitido. Por ejemplo, si A es 3 veces mayor que C y C es 2 veces mayor que B entonces A debe ser 6 veces mayor que B, este sería un juicio 100% consistente ya que cumple la relación de transitividad y de proporcionalidad.

La escala a la que se hace referencia en los principios básicos existe en el inconsciente, no está explícita y sus valores no son números exactos, lo que existe en el cerebro es un ordenamiento jerárquico para los elementos. En este sentido, dada la ausencia de valores exactos para esta escala, la mente humana no está preparada para emitir juicios 100% consistentes. Por lo tanto, se espera que violen la condición de proporcionalidad, pero que mantengan, en un amplio número de ocasiones, la transitividad.

Para favorecer la consistencia de los juicios Saaty (1984) propone la escala fundamental que lleva su nombre, **Tabla 2.1**:

Valor	Definición	Explicación
1	Igualmente importante	Dos actividades contribuyen de igual forma al cumplimiento del objetivo
3	Moderadamente importante	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
5	Fuertemente importante	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre la otra
7	Muy fuertemente importante	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica
9	Extremadamente importante	La evidencia que favorece a una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara
2,4,6,8	Para matizar entre los valores anteriores	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes

Tabla 2.1. Escala Saaty para AHP

En la **Tabla 2.1** se definen y explican los elementos que forman la escala recomendada para las comparaciones a pares entre los elementos de los niveles de la jerarquía. Esta

escala fue elegida entre 28 escalas alternativas probadas por el profesor Saaty, los valores en ella contenidos representan una escala absoluta con los que se puede operar perfectamente.

De esta manera, el AHP integra aspectos cualitativos y cuantitativos en un proceso único de decisión. Por lo tanto, en dicho proceso es posible incorporar simultáneamente valores personales y pensamiento lógico en una estructura única de análisis de modo que, el proceso que ocurre naturalmente en nuestra mente, se convierte en un proceso explícito. En consecuencia, se facilita y promueve la toma de decisiones bajo escenarios multicriterio a través de resultados más objetivos y confiables.

En los siguientes subapartados, se exponen, respectivamente, la metodología y sistemática de aplicación de AHP, un ejemplo aclaratorio de las peculiaridades del método, y sus aplicaciones, ventajas y limitaciones.

2.3.2. Metodología AHP

Para determinar la mejor decisión, de una manera genérica, el método AHP requiere seguir las siguientes fases:

- 1. Definir el problema:** En esta etapa debe quedar claramente definido la meta (objetivo general) del proceso de decisión junto con los actores involucrados en él. Además se debe entregar una descripción del entorno en que se desarrollará el estudio, sus características socio-económicas, ambientales, culturales, etc.
- 2. Elegir los actores:** Los participantes involucrados en el proceso de decisión, deben ser cuidadosamente seleccionados, ya que de estos depende la representatividad del resultado del modelo.
- 3. Estructurar el problema de decisión con el fin de construir un modelo de jerarquía (Jerarquizar):** En esta etapa se debe construir una estructura jerárquica que involucre todos los aspectos de interés, para la jerarquización de las alternativas.
- 4. Seleccionar las alternativas factibles:** Dentro de todas las posibilidades de proyectos alternativos se seleccionan aquellos que son factibles de realizar bajo un punto de vista de análisis general, donde se consideran criterios tales como la factibilidad técnica o económica y la repercusión social o ambiental.
- 5. Construir el modelo jerárquico:** Se estructura el problema planteado en una jerarquía de criterios y alternativas. Para esto es necesario definir en una primera instancia los criterios a nivel macro y que, normalmente, representan los objetivos perseguidos por el proyecto. Una vez hecho esto, se procede a desglosar cada uno de los criterios definidos en la etapa anterior hasta llegar a un nivel de especificación que permita un fácil análisis y la comparación de las alternativas.
- 6. Ingresar los juicios:** En base a la información obtenida o a la percepción de los actores del proceso se ingresan los juicios para cada par de elementos. Se comienza del primer nivel, dónde se encuentran los criterios macro, se compara su importancia relativa con respecto del logro de la meta, luego se desciende en los niveles jerárquicos, siempre realizando comparaciones de a pares referidos al nivel inmediatamente superior, hasta llegar al último nivel donde se encuentran las alternativas, las que son evaluadas en base a criterios más fáciles de tratar.
- 7. Síntesis de los resultados:** Por medio de comparaciones entre pares de elementos con respecto a su nivel inmediatamente superior y, gracias a la propiedad de transitividad entre los elementos, es posible establecer un ranking de prioridades para las diferentes alternativas, ranking que, dependiendo de la problemática enfrentada, representa la decisión a adoptar.
- 8. Validación de la decisión:** Para otorgar mayor fiabilidad a la decisión se debe establecer el rango de variación del peso relativo de los criterios estratégicos que soporta la decisión sin cambiar de alternativa propuesta, para esto se realiza un análisis de sensibilidad dónde se analizan diversos escenarios posibles, determinando los puntos de corte para el peso de cada uno de los criterios.

Por lo tanto, la sistemática del AHP parte del establecimiento de una estructura misión, criterios y alternativas, tal y como se puede ver en la **Figura 2.2**:

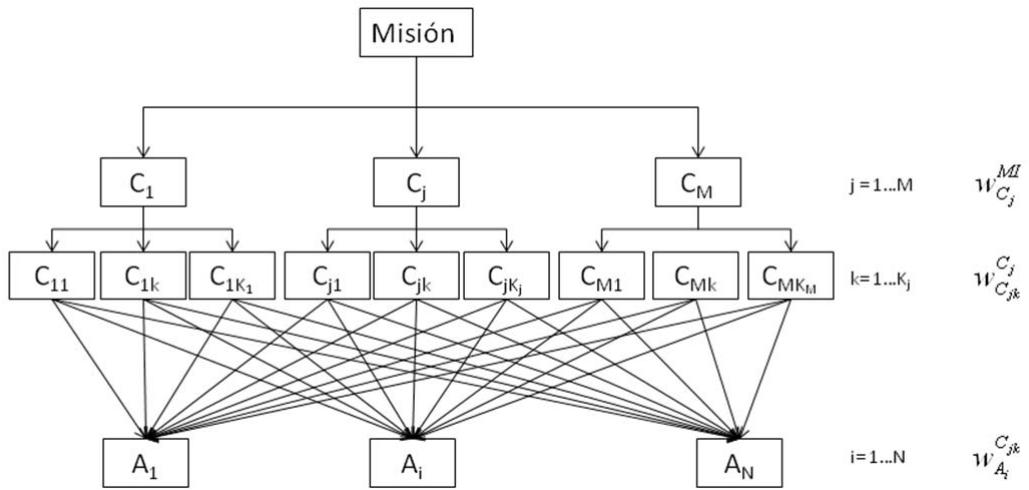


Figura 2.2. Estructura del AHP (Meta, Criterios y Alternativas)

La estructura cuenta siempre con un nivel destinado a la misión y otro nivel destinado a las alternativas. Entre ambos puede haber tantos niveles de criterios, subcriterios o atributos como sean necesarios para poder valorar las alternativas con respecto a la meta. Por ejemplo, la estructura AHP de la **Figura 2.2** está formada por cuatro niveles de jerarquía y cada nivel superior influye, únicamente, a su nivel predecesor. Por lo tanto, la misión está influida por los M criterios $C_j(j=1,...,M)$, cada uno de estos criterios está influido por $K_j(j=1,...,M)$ subcriterios $C_{jk}(j=1,...,M;k=1,...,K_j)$ y, por último, cada subcriterio está influido por las N alternativas $A_i(i=1,...,N)$.

Una vez establecida la estructura jerárquica, se prosigue valorando la influencia de los elementos de un nivel de jerarquía con respecto a los elementos del nivel inmediatamente anterior. Por ejemplo, según la estructura de la **Figura 2.2**, se obtienen los valores de la prioridad de las alternativas con respecto a los subcriterios, $w_{A_i}^{C_{jk}}$. A continuación, se prosigue obteniendo el valor de la prioridad de los subcriterios con respecto al criterio que influyen, $w_{C_{jk}}^{C_j}$. Por último, la prioridad de los criterios con respecto a la misión, $w_{C_j}^{MI}$. En este sentido, el orden en el que se van obteniendo las priorizaciones no debe afectar al resultado final, sin embargo, dependiendo del problema de toma de decisión, en ocasiones, es conveniente empezar por los niveles superiores o por los niveles inferiores.

En síntesis, la prioridad de las alternativas con respecto a la misión, que era el objetivo buscado, se obtiene según la función de valor de la **expresión 2.2**.

$$w_{A_i}^{MI} = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{J_M} w_{A_i}^{C_{jk}} \cdot w_{C_{jk}}^{C_j} \cdot w_{C_j}^{MI} \quad [2.2]$$

Por lo tanto, lo último que queda es conocer cómo se obtienen los valores de las prioridades a partir de las valoraciones que realicen los actores en el AHP. Para ello, es preciso repetir los siguientes tres pasos tantas veces como elementos hay influidos en la jerarquía:

1. Se construye la matriz recíproca de comparaciones binarias A , **expresión 2.3** de orden n que equivale al número de elementos de los que se está valorando su influencia, a partir de las valoraciones a_{ij} ($i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n$) hechas por el actor evaluador o/y decisor. Para ello, cada a_{ij} corresponde a un valor numérico de la escala fundamental de Saaty, **Tabla 2.1**.

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad [2.3]$$

2. Se calcula el valor propio máximo λ_{\max} asociados $[A]$ y, junto al orden n de la matriz, se obtiene el índice de consistencia CI , **expresión 2.4**.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1)} \quad [2.4]$$

3. Si la razón de inconsistencia CR , **expresión 2.5** donde el índice aleatorio RI se obtiene de la **Tabla 2.2**, es menor al 10% entonces se establece que las valoraciones realizadas son consistentes y se aceptan los valores $w_i, i = 1, \dots, n$ del vector propio w como buenos. Si no es así, se pide al decisor que reestime las valoraciones a_{ij} de la matriz recíproca de relaciones binarias:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad [2.5]$$

Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Tabla 2.2. Tabla de valores aleatorios.

Para entender mejor esta operativa, en el siguiente subapartado, se desarrolla un ejemplo de aplicación del AHP. Para ello, se tiene apoyo del programa Expert Choice (obtenido en la web www.expertchoice.com versión 11, 1, 3238) para realizar la operativa, descrita anteriormente, una vez definida la estructura jerárquica. De esta forma se dará por terminada la exposición del Proceso Analítico Jerárquico, que sirve como base para comprender, de manera más sencilla, el Proceso Analítico Sistémico o de Redes.

2.3.3. Ejemplo de aplicación de AHP

El AHP se ha mostrando como un proceso abierto que permite estructurar una toma de decisión a partir de los aspectos más influyentes y, a través de él, se consigue guiar al actor decisor en la búsqueda de la alternativa óptima dependiendo del problema del a estudio. Por lo tanto, la estructura jerárquica que se ha de establecer depende de las características del problema de toma de decisión. En este sentido, esta característica es una de las fortalezas más importantes de este tipo de herramientas, tanto de AHP como del ANP, ya que permiten tratar conflictos muy diferentes al tener una sistemática que deja libre la construcción de la jerarquía o, todavía con mayor libertad, de la red.

Para aclarar ciertos aspectos de la sistemática anteriormente introducida, se desarrolla a continuación un ejemplo de aplicación. Este ejemplo ha sido construido con la finalidad de que sea sencillo de entender y refleje, de manera muy sencilla, cómo lidiar con la planificación estratégica.

Por lo tanto, siguiendo las fases de la sistemática enumeradas en el subapartado anterior, lo primero que se tiene que hacer es definir el problema. La misión del proceso de decisión, que se propone como ejemplo, es la de definir los objetivos estratégicos que mejor encajan en la planificación estratégica efectiva del transporte aéreo de mercancías. El agente que está interesado, en este ejemplo, es el estado español que pasa a ser el actor decisor del método. Con la finalidad de valorar la meta establecida se decide crear un grupo de expertos del sector del transporte aéreo que pasan a ser el actor evaluador. Este grupo de expertos deberá valorar la importancia que tiene el transporte aéreo de mercancías en un entorno marcado por la profunda crisis económica y la importancia creciente del medio ambiente. Sin duda alguna, esta definición del entorno es una simplificación al máximo exponente de la realidad, sin embargo, es suficiente para la finalidad de este ejemplo, **Figura 2.3.**

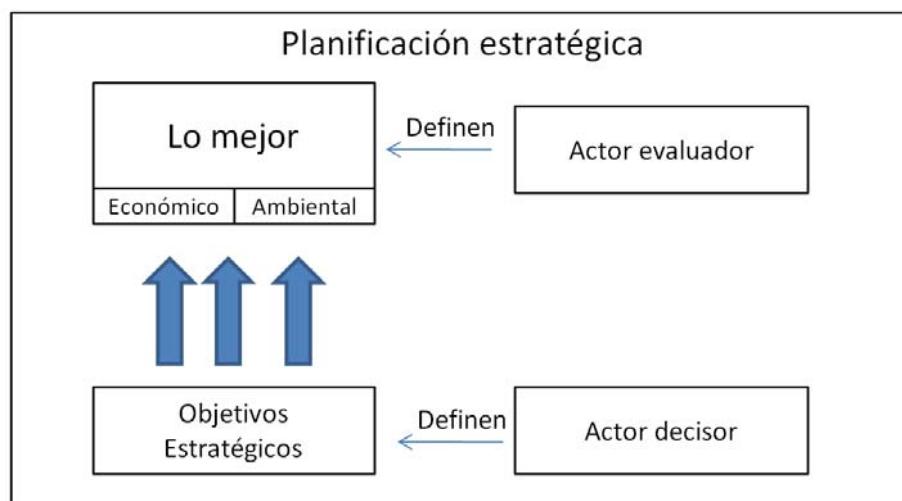


Figura 2.3. Definición del problema

En consecuencia, en la segunda fase, es necesario especificar el perfil de los agentes que van a componer ambos actores. En el caso del actor decisor, la persona que puede

estar encargada de tomar las decisiones en temas relacionados con el transporte aéreo, es el ministro de fomento junto a su grupo de asesores. Por otro lado, el actor evaluador estará constituidos por agentes, que estén ocupando altos puestos de dirección, de las actividades necesarias para que se lleve a cabo el transporte aéreo de mercancías. Por ejemplo: compañías aéreas, operadores de tierra, transitarios, cargadores, constructores, etc., **Figura 2.4.**

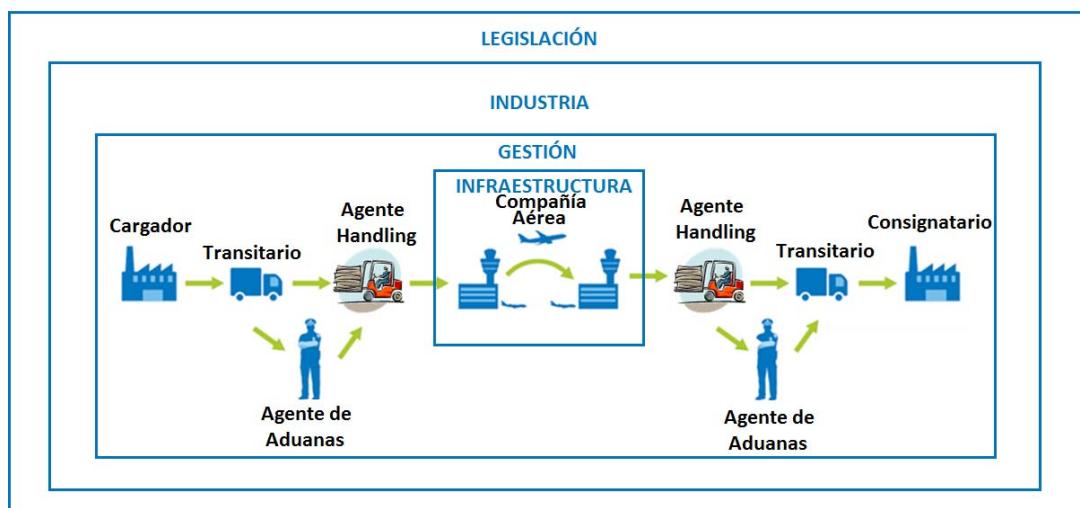


Figura 2.4. Agentes que formaran parte de los actores del método

Una vez conocida la composición de los actores del método, es interesante dar una primera visión de cómo puede ser la estructura de la jerarquía. En este sentido, se puede entender que la planificación efectiva tendrá en cuenta una serie de criterios generales, de carácter estratégico, que a su vez serán controlados por otros criterios más específicos, y así sucesivamente, hasta llegar a los atributos o factores que son influidos directamente por las alternativas, **Figura 2.5.**

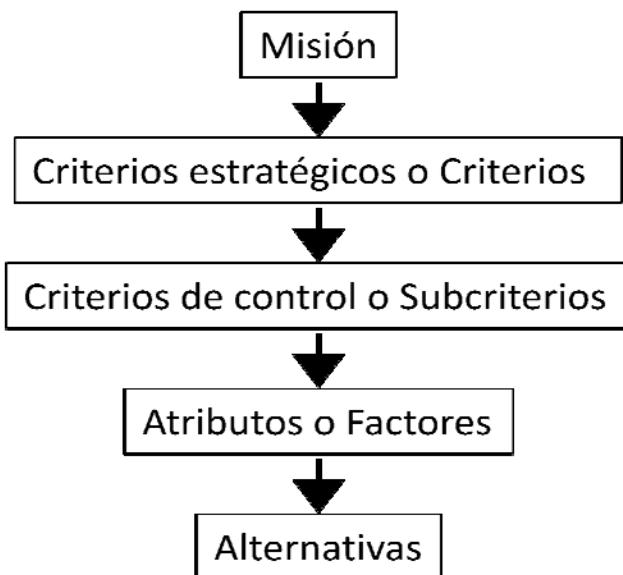


Figura 2.5. Estructura general del problema de decisión

Por lo tanto, ya se tiene una idea de cómo se va a estructurar el problema y, para completarlo, y dar un enfoque más preciso de en qué va consistir la toma de decisión, es preciso definir cuáles son las alternativas que se están barajando. Para ello, por utilizar una referencia ya existente, se van a analizar los objetivos estratégicos establecidos en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT), **Figura 2.6**.

ALTERNATIVAS (OBJETIVOS ESTRATÉGICOS)

- Mejorar la eficiencia del sistema
- Fortalecer la cohesión social y territorial
- Contribuir a la sostenibilidad general del sistema
- Impulsar el desarrollo económico y la competitividad

Figura 2.6. Alternativas del problema de decisión

En la quinta fase, el agente evaluador es el encargado de definir los elementos que forman cada nivel de la jerarquía. Para ello, por no complicar el ejemplo, se hace una descripción muy simple de la estructura jerárquica que representa una toma de decisión de este cariz y, por lo tanto, no tiene en cuenta la mayoría de los aspectos relevantes. Esta estructura únicamente va a tener en cuenta aspectos económicos y ambientales de la siguiente manera, **Figura 2.7**:

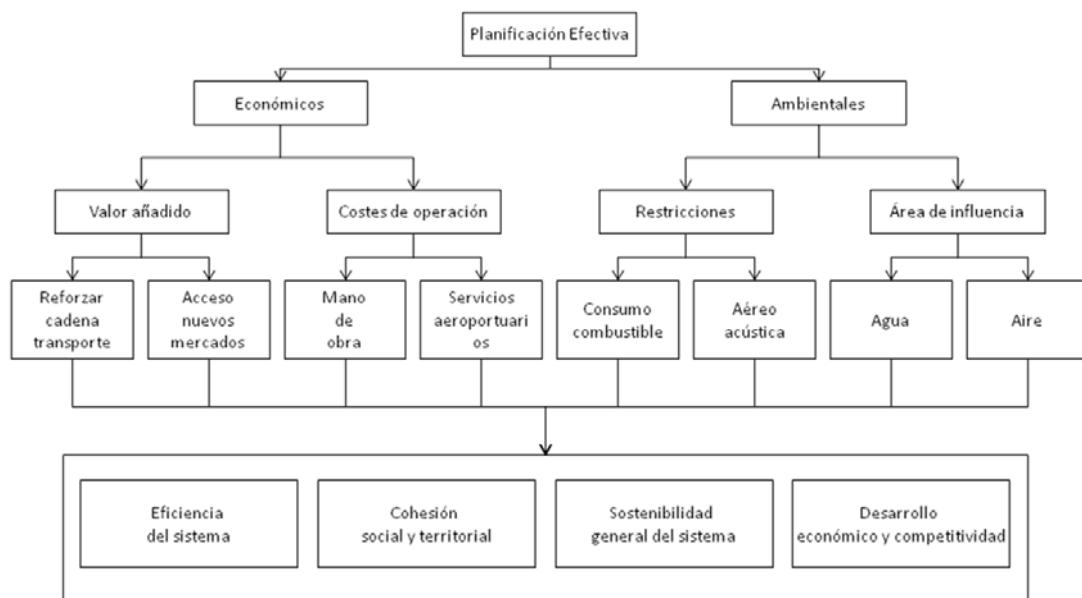


Figura 2.7. Estructura jerárquica

La forma de interpretar la estructura jerárquica es la siguiente, para conseguir una planificación efectiva es necesario tener en cuenta aspectos económicos y ambientales. Para saber cómo afectan las alternativas a dichos aspectos se definen una serie de criterios y factores donde medir su influencia. En el caso del aspecto económico, se encuentra interesante estudiar el efecto de las alternativas a aumentar el valor añadido asociado al transporte aéreo de mercancías y a la reducción del coste de operación. Asimismo, para facilitar medir el aporte al valor añadido se tiene que

establecer cómo las alternativas influyen a reforzar la cadena de transporte global y al acceso a nuevos mercados. Esta interpretación es similar para el resto de criterios, subcriterios y factores. En definitiva, se ha estructurado la toma de decisiones de lo más general a lo más específico gracias al conocimiento de expertos en el tema.

En la sexta fase, como ya se ha avanzado, se incorporan los juicios en base a la información obtenida o a la percepción de los actores del proceso. Para ello, se ingresan los juicios para cada par de elementos. Se comienza del primer nivel, donde se encuentran los criterios macro, se compara su importancia relativa con respecto del logro de la meta, luego se desciende en los niveles jerárquicos, siempre realizando comparaciones de pares referidos al nivel inmediatamente superior, hasta llegar al último nivel donde se encuentran las alternativas, las que son evaluadas en base a criterios más fáciles de tratar. Para ello se utiliza la escala Saaty introducida anteriormente, **Tabla 2.1**.

Por lo tanto, una vez que se tiene la jerarquía se sigue la operativa descrita después de la sistemática: se obtiene la matriz recíproca de relaciones binarias, la razón de inconsistencia y, si esta es inferior al 10%, se acepta el autovector por la derecha de la matriz recíproca de relaciones binarias como medida de la prioridad local. Para hacer este proceso de manera cómoda y sintetizar directamente los resultados se utiliza el programa Expert Choice, **Figura 2.8**.

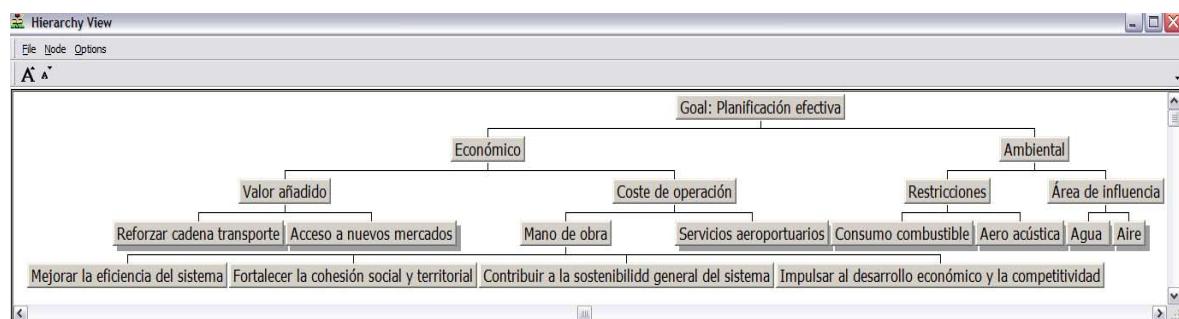


Figura 2.8. Estructura jerárquica introducida en el Expert Choice

La primera matriz de relaciones binarias se establece para los criterios estratégicos con respecto a la meta, donde el criterio ambiental se considera moderadamente más importante que el económico, **Figura 2.9**. En este caso, como en todas las matrices únicamente se comparan dos elementos, es imposible que exista inconsistencia ya que no se da a lugar a más de una comparación.

Como se ve en la **Figura 2.9** únicamente es necesario introducir un término de la matriz de relaciones ya que los de la diagonal principal son unos y los simétricos de la matriz corresponden a los inversos.

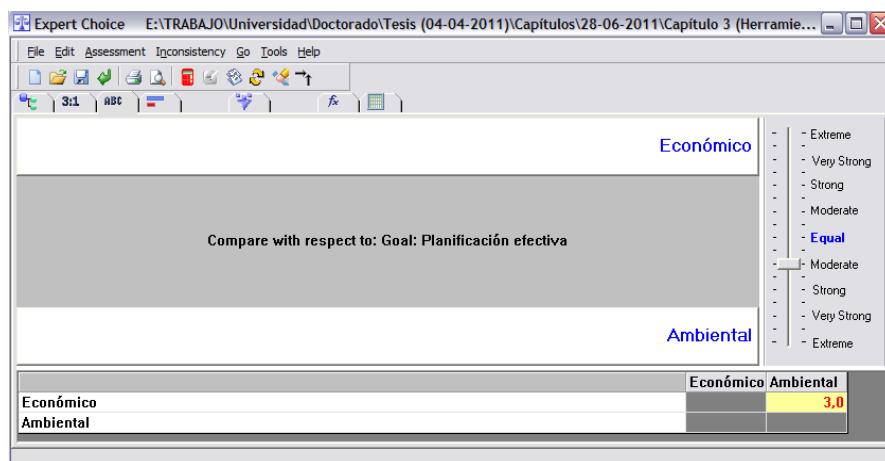


Figura 2.9. Matriz de relaciones binarias con respecto a la meta

Estas matrices de comparación binarias se rellenan para los consecutivos niveles de la jerarquía por ejemplo, el subcriterio económico de valor añadido es moderadamente más importante que el subcriterio económico coste de operación bajo al criterio estratégico económico, **Figura 2.10**. Asimismo, el factor reforzar cadena del transporte es moderadamente menos importante que el factor nuevos mercados bajo el subcriterio económico de valor añadido, **Figura 2.11**.

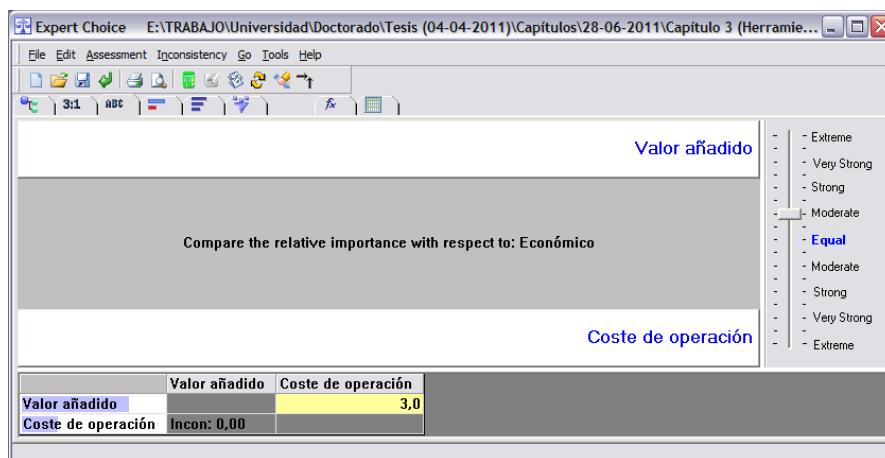


Figura 2.10. Matriz de relaciones binarias con respecto al criterio económico

De esta forma, completando todas las matrices binarias, se llega hasta el último nivel donde todas las alternativas son comparadas para cada uno de los factores. En este nivel, debido a que se comparan más de dos elementos, sí que hay que tener en cuenta el ratio de inconsistencia para los juicios. Por ejemplo, para el factor económico reforzar la cadena de transporte se establece que la mejora de la eficiencia del sistema es fuertemente más importante que fortalecer la cohesión social o contribuir a la sostenibilidad general del sistema, y entre igual y moderadamente más importante que impulsar el desarrollo económico y la competitividad. Asimismo, se establece que fortalecer la cohesión territorial es entre igual y moderadamente más importante que contribuir a la sostenibilidad general del sistema. Por último, contribuir a la sostenibilidad general del sistema es moderadamente menos importante que impulsar el desarrollo económico y la competitividad. **Figura 2.12**. Asimismo, se observa que el

índice de inconsistencia es del 2%, por lo tanto, por debajo del 10 % sobre el cual habría que replantearse los valores asignados.

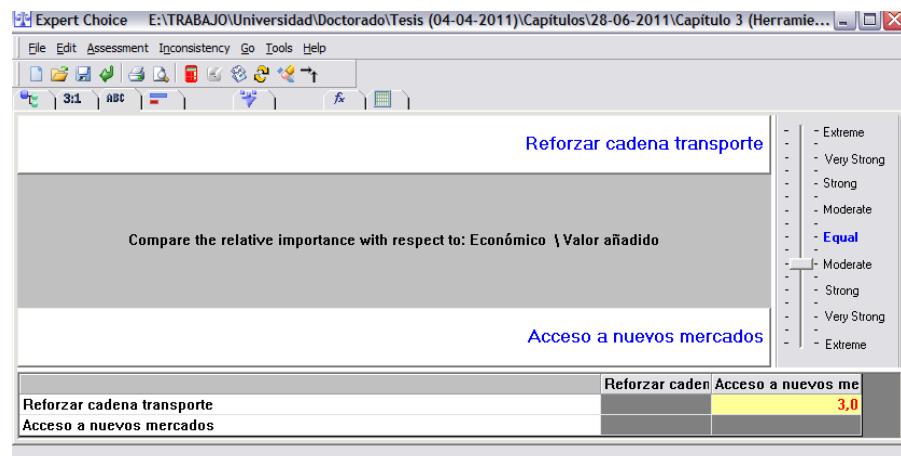


Figura 2.11. Matriz de relaciones binarias con respecto al subcriterio económico valor añadido

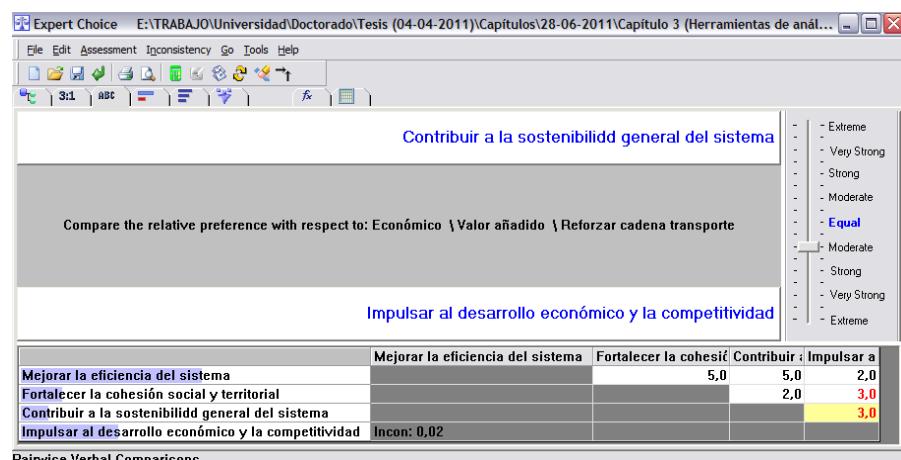


Figura 2.12. Matriz de relaciones binarias con respecto al factor reforzar cadena de transporte

Como se ha dicho, al finalizar este proceso se obtienen las matrices binarias y la prioridad local de cada uno de los elementos hijos con respecto al elemento padre. Para los cuatro ejemplos anteriores estas matrices y sus vectores de prioridad se pueden ver en la **Tabla 2.3**. Dentro de las prioridades se puede observar dos tipos: la prioridad normal y la prioridad ideal. La prioridad normal refleja el tanto por ciento que cada alternativa, factor, criterio o subcriterio tiene con respecto a la unidad. Sin embargo, la prioridad ideal se obtiene dividiendo cada prioridad por la prioridad normal mayor.

Criterios estratégicos con respecto a la planificación

		Prioridades			
		Económico	Ambiental	Normal	Ideal
Económico	1	1/3		0,25	0,33
Ambiental	3	1		0,75	1
Razón de inconsistencia: 0					

Subcriterios económicos con respecto al criterio estratégico económico

		Prioridades			
		V.Añadido	C.Operación	Normal	Ideal
V.Añadido	1	3		0,75	0,33
C.Operación	1/3	1		0,25	1
Razón de inconsistencia: 0					

Factores económicos con respecto al subcriterio económico valor añadido

		Prioridades			
		Reforzar C.T.	Acceso N.M.	Normal	Ideal
Reforzar C.T.	1	1/3		0,25	0,33
Acceso N.M.	3	1		0,75	1
Razón de inconsistencia: 0					

Alternativas con respecto al factor económico Reforzar la cadena de transporte

	Mejorar eficiencia	Fortalecer cohesión	Contribuir sostenibilidad	Impulsar desarrollo	Prioridades		
					Normal	Ideal	
Mejorar eficiencia	1	5	5	2	0,52	1	
Fortalecer cohesión	1/5	1	2	1/3	0,12	0,23	
Contribuir sostenibilidad	1/5	1/2	1	1/3	0,08	0,15	
Impulsar desarrollo	2	3	3	1	0,28	0,54	
Razón de inconsistencia: 0,02							

Tabla 2.3. Ejemplo AHP: Matrices binarias, vectores de prioridad y razón de inconsistencia.

Entonces, hasta este momento, se tiene la preferencia de cada grupo de elementos con respecto al elemento del que son hijos. En el caso de las alternativas se ve que con respecto a reforzar la cadena de transporte la alternativa preferida es mejorar la eficiencia del sistema. Por lo tanto, lo que se tiene que hacer ahora es la de agregar todas las preferencias con respecto a la meta. Para ello se utiliza una fórmula aditiva de las prioridades locales de cada elemento hijo multiplicadas por la prioridad local de su elemento padre. La **Tabla 2.4** muestra, de manera bastante intuitiva, cómo se construyen las prioridades globales.

	META (1.0)								Prioridades GLOBAL	
	Económicos (0.25)				Ambientales(0.75)					
	Valor Añadido (0.75)	Coste Operación (0.25)		Restricciones (0.75)		Área de influencia (0.25)				
	R.Cadena (0.25)	N. Mercados (0.75)	M. Obra (0.75)	S.Aeroportuarios (0.25)	C.Combustible (0.83)	Aeroacústica (0.17)	Agua (0.20)	Aire (0.80)	Normal Ideal	
Mejorar eficiencia	0,52	0,10	0,41	0,38	0,21	0,11	0,14	0,10	0,192 0,460	
Fortalecer cohesión	0,12	0,40	0,08	0,12	0,08	0,27	0,26	0,28	0,182 0,436	
Contribuir sostenibilidad	0,08	0,10	0,16	0,12	0,55	0,50	0,46	0,46	0,418 1,000	
Impulsar desarrollo	0,28	0,40	0,35	0,38	0,16	0,12	0,14	0,16	0,207 0,496	

Tabla 2.4. Ejemplo AHP: Síntesis de los resultados.

Lo que se está representando en la **Tabla 2.4** es que la prioridad global de la alternativa mejorar la eficiencia, por ejemplo, se obtiene sumando sus prioridades locales, obtenidas en las matrices de comparaciones pareadas referidas a los factores, multiplicadas por las prioridades locales de todos los elementos padre que están por encima de cada uno de los factores. En este sentido, la prioridad global de mejorar la eficiencia referida al factor reforzar cadena de transporte consiste en: su prioridad local (0,52) multiplicada por la prioridad local del factor (0,25) y multiplicada por la prioridad de subcriterio económico valor añadido (0,75), al cual pertenece el factor y, por último, multiplicada por la prioridad local del criterio económico (0,25) al cual pertenece el subcriterio. De forma análoga se obtienen las prioridades globales de las alternativas con respecto a todos los factores y, por adición, la referida a la misión, esto es, siguiendo la **expresión 2.5**.

Por consiguiente, según este proceso de decisión, la alternativa que más influye para conseguir una planificación estratégica es la de contribuir a la sostenibilidad del sistema (0,418).

Otra propiedad que tiene el AHP, y que se mantiene en el Proceso Analítico Sistémico o de Redes, es que, además de la priorización de alternativas, se obtiene una priorización de todos los elementos con respecto a la meta establecida.

Como el objetivo de este ejemplo era el de aclarar conceptos como los de matriz reciproca de comparaciones binarias, vector de prioridades e inconsistencia de las valoraciones, no se profundizará más en la extracción de resultados.

Lo que sí que es interesante ver, una vez que se ha realizado la priorización de las alternativas, es cómo se delimita el ámbito de variación de las prioridades de los elementos de la jerarquía dentro del cual se mantiene el ranking de alternativas. Para ello, se realiza un análisis de sensibilidad donde se estudian las prioridades globales de las alternativas con respecto a la variación de un elemento de la estructura jerárquica. Por ejemplo, para el criterio estratégico económico se obtiene el gráfico de la **Figura.2.13** donde en el eje de abscisas se representa la variación de la prioridad local del criterio estratégico económico y en el eje de ordenadas la prioridad global de las alternativas. La línea vertical muestra la situación actual con una prioridad local del

criterio estratégico económico de 0,25. Como se observa, la prioridad local del criterio estratégico económico tendría que duplicarse para que se produjese un cambio en la alternativa con mayor prioridad.

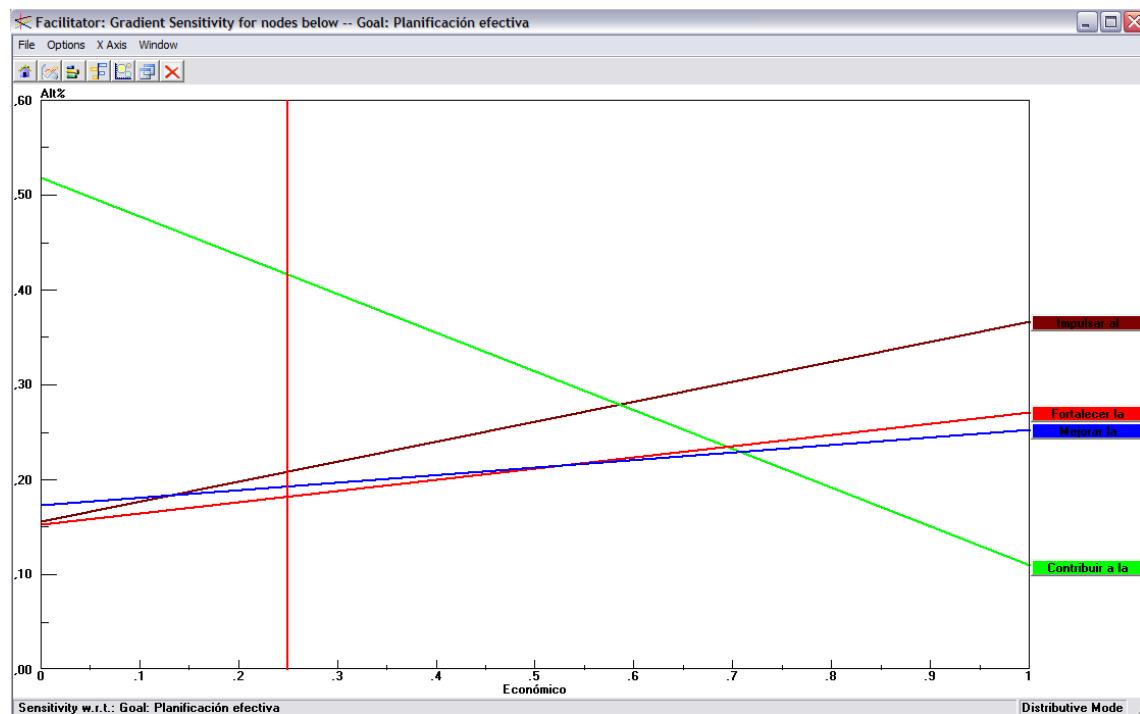


Figura 2.13. Análisis de sensibilidad para el AHP

Por último, antes de exponer las aplicaciones, ventajas y limitaciones del AHP, es preciso resaltar que en el Proceso Analítico Sistémico o de Redes varía la estructura de relaciones lo que complica la agregación de las prioridades locales y la síntesis de la prioridad global, sin embargo, la obtención de las mismas sigue el mismo procedimiento que el utilizado en el AHP y, por lo tanto, estará basado en la construcción de las matrices reciprocas de combinaciones binarias y el resto de operaciones que de ellas se desprenden.

2.3.4. Aplicaciones, ventajas y limitaciones de AHP

Saaty, explica que su método se puede aplicar a problemas reales, y es especialmente útil para asignar recursos, planificar, analizar el impacto de políticas concretas y resolver conflictos. Está siendo muy utilizado en el campo como la planificación empresarial, selección de carteras y análisis de beneficios/costos con fines de asignación de recursos, para planificar las infraestructuras en países en desarrollo y evaluación de recursos naturales para la inversión entre muchos casos.

En (Saaty, 1997; Bhushan y Rai, 2004):

- Selección de vendedores
- Evaluación de sistemas de armas
- Gestión de proyectos de software
- Gestión de desastres
- Hechos que afectan a la seguridad nacional
- Hechos que afectan a la proliferación de tecnología
- Planificación
- Asignación de recursos
- Toma de decisiones usando la relación beneficio/coste

Barba-Romero y Pomerol (1997) exponen los siguientes ejemplos:

- En planificación Estratégica
- Selección de proyectos
- Selección de inversiones
- Selección de equipos
- Investigación comercial
- Auditoría
- Resolución de conflictos internacionales

Otros ejemplos de utilización son los siguientes:

- Proyectos de la NASA (Tavana, 2003).
- Medio ambiente (Moreno-Jiménez, 2001).
- Selección de suministradores (Lee, 2001).
- Selección de sitios web para la publicidad (Ngai, 2002).
- Planificación de sistemas de energía (Linares, 2002)
- Selección de la publicidad en Internet (Lin y Hsu, 2003).
- Evaluación de proyectos de transportes (Shang, 2005)

En España hay un grupo de la Universidad de Zaragoza que ha realizado diversas aportaciones relevantes (Moreno-Jiménez y Polasek, 2003; Escobar y Moreno-Jiménez, 2003; Moreno-Jiménez, 2001).

Según Barba-Romero y Pomerol (1997) el método AHP, realiza dos grandes aportaciones.

1. Detecta y acepta, dentro de ciertos límites, la inconsistencia en los juicios y evaluaciones del decisor, permitiendo verificar la validez de la consistencia de los juicios (Saaty, 1984; Saaty, 1987; Harker y Vargas, 1987). Esta propiedad es destacable debido a que los humanos somos inconsistentes en cierto grado (Barba-Romero y Pomerol, 1997; Saaty, 2005a)
2. Permite emplear de forma natural una jerarquización de los criterios, cosa que no pueden hacer los métodos que exigen comparaciones globales de las alternativas.

También cabe destacar su capacidad para organizar los pensamientos y de este modo facilitar las decisiones que de otro modo podrían ser tomadas de forma intuitiva (Saaty, 2005a)

Entre sus limitaciones se encuentra que la solución obtenida puede variar al introducir nuevas alternativas. Esto que en un principio puede ser un problema, se entiende como una sensibilidad a la nueva distribución de relaciones al existir nuevos elementos en la modelización del transporte de mercancías por carretera. En la misma línea el autor del método justifica este cambio al exponer que la realidad es mucho más interdependiente (Saaty, 2005d).

También hay que tener en cuenta que la necesidad de realizar comparaciones, hace poco realista su aplicación para grandes valores de n (Barba-Romero y Pomerol, 1997).

2.4. PROCESO ANALÍTICO SISTÉMICO (ANALYTIC NETWORK PROCESS, ANP)

La necesidad de convertir el dato en información y conocimiento hace necesario su organización para poder hacer válidos la cantidad de datos existentes. En este sentido, los datos no están aislados sin interrelación entre sí, sino que los unos influyen en los otros de tal forma que no se puede entender el sistema sin pensar en las relaciones que existen entre ellos. Por lo tanto, es necesario evaluar el sistema y valorar la intensidad de dichas relaciones. En síntesis, hay que tener en cuenta las influencias entre las variables del sistema para poder predecir el comportamiento del mismo.

Para ello, el Proceso de Análisis Sistémico o de Redes (ANP) posibilita la construcción de modelos en los que se pueda tener en cuenta la interrelación existente y la retroalimentación entre distintos elementos, componentes o variables que definen el modelo. En consecuencia, se puede evitar la jerarquización y, por tanto, tal y como el profesor Thomas Saaty afirma, es más completo que el AHP al considerar la dependencia y la realimentación convirtiendo por tanto el AHP en un caso particular del ANP (Saaty, 2002a). Por lo tanto, el ANP es capaz de generar todas las conexiones necesarias para poder realizar el modelo propuesto (Garuti y Escudey, 2005) lo que conlleva una mayor flexibilidad a la hora de representar el modelo. Su síntesis surgió como una generalización del AHP, donde no existe esa jerarquía de grupos homogéneos, sino que la influencia sobre un elemento puede representarse a través de una red de elementos agrupados en clústeres (Saaty, 2005e).

En este sentido, Saaty expone que con el ANP el usuario aprende a través de las comparaciones de realimentación y, que ésta retroalimentación, mejora las prioridades derivadas de los juicios y predicciones realizadas. Por lo tanto, si se compara el AHP y el ANP, se tiene que el AHP, al hacer las comparaciones, pregunta: ¿Qué es más preferido o más importante? (Ambos conceptos subjetivos) y, sin embargo, el ANP, al realizar las comparaciones, pregunta: ¿Qué tiene más influencia? Esta pregunta lleva implícita un conocimiento y una necesidad de observación que es más objetiva (Saaty, 2002d). Comparando los dos métodos de forma gráfica (Saaty, 2002b), **Figura 2.14:**

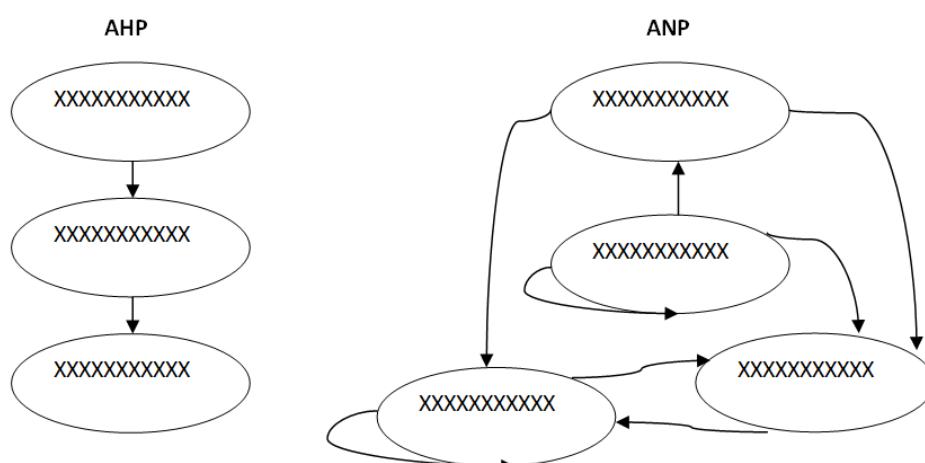


Figura 2.14. Esquema AHP y ANP, adaptado de Saaty (2002b).

2.4.1. Fundamentos de ANP

Para poder obtener los resultados adecuados es necesario que todo proceso de decisión se defina previamente a la utilización del método elegido. Como se ha visto en el AHP, conocer la misión, criterios, subcriterios, factores o atributos y alternativas que se desean valorar, es un paso previo al desarrollo del modelo y cálculo de la decisión. Sin embargo, muchos problemas de decisión no pueden ser estructurados de forma jerárquica y es el ANP quien, a través de sus redes, posibilita la modelización de los mismos (Saaty, 1999; Saaty, 2001; Saaty, 2005e).

La primera referencia sobre el ANP la realiza su autor en 1980, en el libro “The Analytic Hierarchy Process”. Posteriormente el ANP evolucionó a una segunda generación en el libro “The Analytic Network Process. Decision Making with Dependence and Feedback” publicado en 2001 (Saaty, 2001). Según Saaty (2002d) es una teoría matemática que hace posible el tratamiento sistemático con dependencia y realimentación.

El ANP otorga mayor libertad en la construcción de la estructura de relaciones y, para ello, no pone ninguna limitación a cómo es influido un elemento cualesquiera. Por lo tanto, el ANP se fundamenta en que los elementos que influyen a otro pueden, a su vez estar influídos entre sí. En este sentido, desde un punto de vista práctico, la modelización de las influencias hacia un elemento consiste en una serie clústeres, $C_j (j = 1, \dots, J)$, formados por elementos, $F_{jk} (j = 1, \dots, J; k = 1, \dots, k_j)$, **Figura 2.15**.

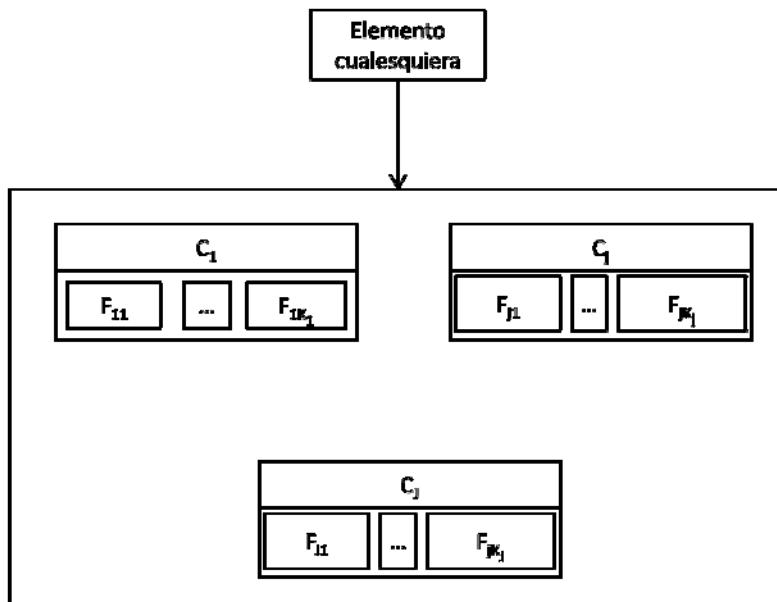


Figura 2.15. Modelización ANP. Definición de clústeres de elementos

Una vez que se ha construido el modelo de clústeres y elementos, se establecen las relaciones existentes entre cada uno de los elementos, **Figura 2.16**. Así, quedarán definidas las relaciones existentes entre los grupos de variables. Dependiendo a qué grupo dependan los elementos pueden existir dos tipos de relaciones:

- **Relaciones internas:** cuando ambos elementos pertenecen al mismo grupo o clúster, quedando gráficamente reflejadas a través de un lazo de realimentación.

- **Relaciones externas:** cuando los elementos pertenecen a distintos grupos o clústeres, quedando gráficamente reflejadas a través de una flecha mono o bidireccional.

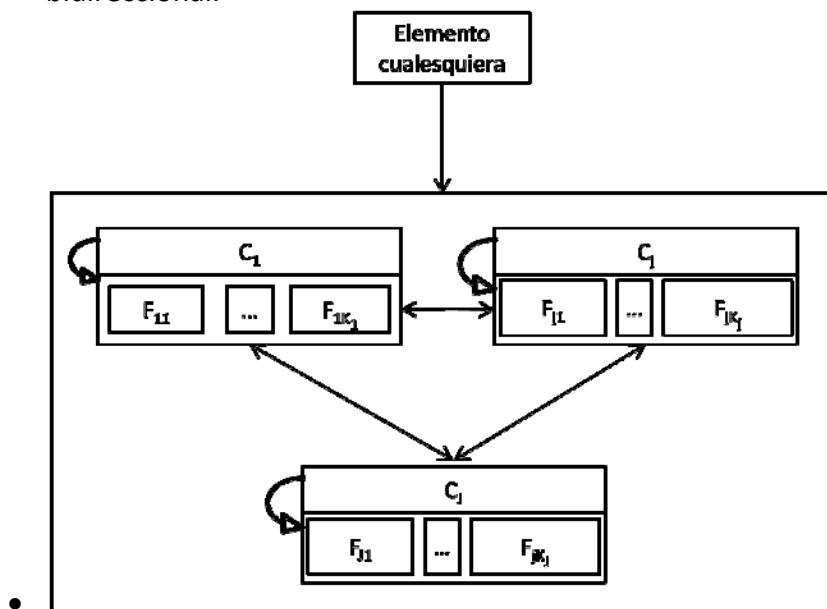


Figura 2.16. Modelización ANP. Definición de las relaciones entre elementos

De esta forma se define una red sencilla de relaciones entre grupos de variables y las variables. Los diferentes componentes, dentro de la modelización ANP, que se pueden encontrar son (Saaty, 2001):

- **Fuentes.-** Componente que no recibe ninguna flecha de entrada.
- **Sumidero.-** Componente que recibe alguna flecha de entrada pero no sale ninguna flecha de él.
- **De tránsito.-** Componente que recibe y salen flechas.
- **Ciclo.-** Aquellas componentes que tienen influencia entre sí, y por tanto, sale una flecha de uno a otro y viceversa
- **Lazo.-** Cuando un componente se influye a sí mismo.

Dependiendo de los componentes existentes, las relaciones que aparecen y que forman los grupos también se pueden clasificar según su manera de influirse. Esta clasificación es la siguiente, **Figura 2.17:**

- **Jerarquía (Hierarchy).-** Es una estructura con un objetivo en la parte superior.
- **Suparchy.-** Es una estructura como la Jerarquía, pero que no tiene objetivo en la parte superior, y tienen un ciclo de realimentación en la parte superior.
- **Intarchy.-** Es una jerarquía con un ciclo de realimentación entre dos niveles consecutivos.
- **Sinarchy.-** Es una jerarquía con un ciclo de realimentación entre dos niveles inferiores.
- **Hierarchy.-** Es como una jerarquía, pero el ciclo lo forman más de dos niveles.
- **Neosuparchy.-** Es como la Suparchy pero no importa cuántos niveles conectados formen el ciclo.

- **Neointarchy.**- Es como la Intarchy pero no importa cuántos niveles conectados forman el ciclo.
- **Neosinarchy.**- Es como la Sinarchy pero no importa cuántos niveles conectados formen el ciclo.
- **Hiernet.**- Es una red distribuida verticalmente para facilitar recordar los niveles, realmente una forma de ordenar la red de relaciones de forma visual, de forma que permita recordar los niveles

De forma gráfica:

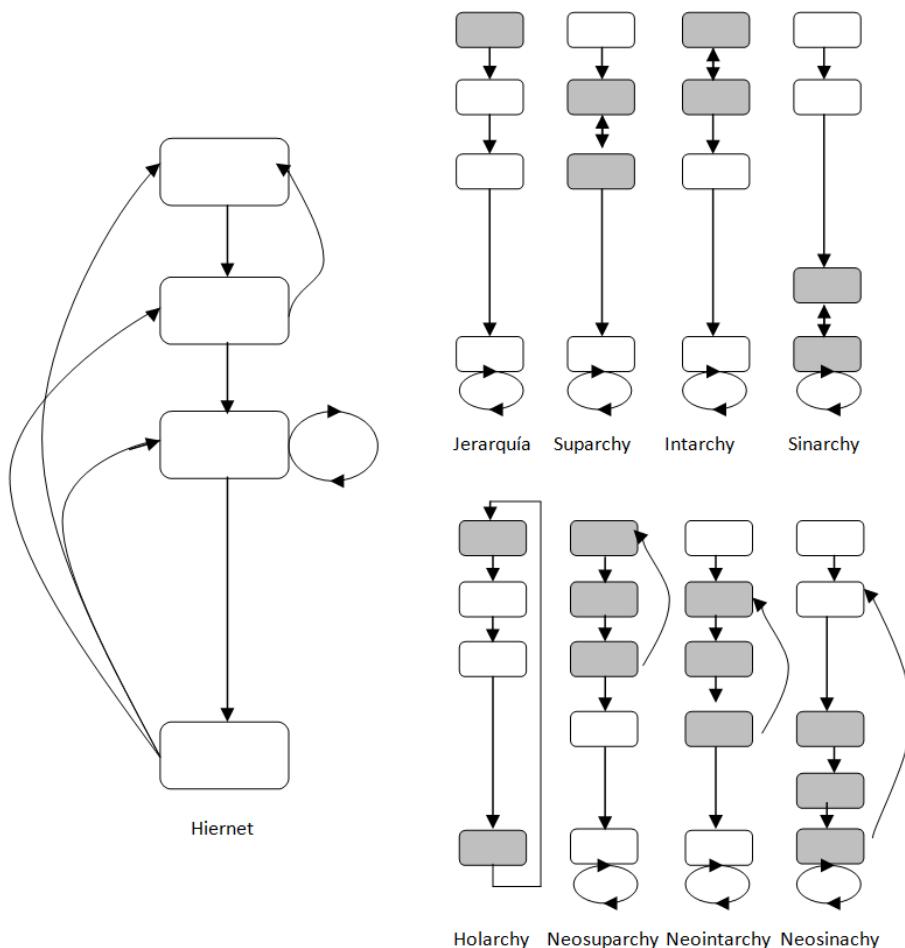


Figura 2.17. Modelización ANP. Tipos de relaciones entre grupos clasificados según sus relaciones.

El hecho de conocer cuál es la distribución de relaciones entre los clústeres de la modelización es muy importante, ya que es la guía a la hora de obtener la priorización de las alternativas. En este sentido, se observa que un problema de toma de decisión se puede estructurar combinando jerarquías, redes e, incluso, realizando dicha combinación dentro de un clúster de elementos. Por lo tanto, es posible formar cualquier tipo de estructura y, en consecuencia, lidiar con cualquier problema de toma de decisión. Sin embargo, hay que tener cuidado a la hora de sintetizar las prioridades ya que el procedimiento no es tan sencillo como en el caso del AHP.

2.4.2. Metodología ANP

A continuación, se pasa a describir la sistemática del ANP. Para la explicación del método se utiliza como base los libros “The Analytic Network Process” (Saaty, 2001) y “Toma de decisiones en escenarios complejos” (Garuti y Escudey, 2005). Como se verá, la operativa ANP expuesta de manera genérica es, más que compleja de entender, liosa de entender, sin embargo, todas las dudas quedan despejadas en el ejemplo del subapartado siguiente.

En principio, ANP sigue las mismas fases expuestas en la sistemática de AHP hasta la definición de las relaciones entre los elementos que, si en AHP es directa al ser una jerarquía, en ANP tiene que definirse dependiendo del problema de decisión a estudio. Por lo tanto, para cada elemento que está influido por una red de elementos como la de la **Figura 2.16** es preciso seguir el siguiente procedimiento.

1. Se construye la matriz de relaciones U , cuya estructura es análoga a la de la matriz representada en la **Tabla 2.5**, donde se establecen las relaciones (marcando con un 1) existentes entre los elementos que componen la red. Como se observa, debido a la estructura de la matriz, se pueden definir todas las relaciones posibles entre los elementos de la red, tanto de elementos del mismo clúster como de elementos de clústeres diferentes.

		C ₁			.....			C _J		
		F ₁₁	.....	F _{1K₁}	.....	.....	.....	F _{J1}	.....	F _{JK_J}
C ⁻	F ₁₁	1								
									
	F _{1K₁}									
C ⁺									
									
									
C ⁺	F _{J1}									
									
	F _{JK_J}									

Tabla 2.5. Operativa ANP. Matriz tipo para las matrices U, V, W y Z.

2. A partir de la matriz de relaciones U , se puede proceder a establecer cómo está influido cada elemento por el resto de elementos construyendo la supermatriz sin ponderar V , cuya estructura también será la de la matriz de la **Tabla 2.5**. Para construir la supermatriz sin ponderar es necesario introducir, en aquellas casillas donde se ha definido que hay relación, la prioridad del elemento de la fila con respecto al elemento de la columna teniendo en cuenta la influencia del resto de elementos del clúster al que pertenece el elemento de la fila. Para obtener dicha prioridad es preciso construir, por cada elemento de las columnas, tantas matrices reciprocas de comparaciones binarias A (expuestas en la operativa AHP) como clústeres que tengan algún elemento que influyen a dicho elemento de la columna.

3. Una vez construida la supermatriz sin ponderar V , es preciso incorporar la influencia que tiene sobre los elementos el hecho de pertenecer a un determinado clúster. Para ello, se construye la supermatriz ponderada W , que tiene la misma estructura que la matriz de la **Tabla 2.5**. Para ello, se utiliza la prioridad de cada clúster con respecto a cada uno de ellos. Esta prioridad queda reflejada en la matriz de clústeres X , cuya estructura es la de la matriz de la **Tabla 2.6**. De nuevo, la matriz de clústeres se forma introduciendo en cada una de sus casillas la prioridad del clúster de la fila con respecto al clúster de la columna teniendo en cuenta la influencia del resto de los clústeres que influyen al clúster de la columna. Obviamente, dicha prioridad se obtiene a partir de las matrices recíprocas de comparaciones binarias A que se construyen para valorar la influencia de los clústeres con respecto a cada uno de ellos.

	CB_1	CB_{J_B}
CB_1			
.....			
CB_{J_B}			

Tabla 2.6. Operativa ANP. Matriz tipo para la matriz de clústeres X.

4. Por último, una vez obtenida la supermatriz ponderada W es posible, elevándola a sucesivas potencias hasta que se estabilice, obtener la matriz límite Z , cuya estructura es la de la matriz de la **Tabla 2.5**, donde se obtiene la prioridad global normalizada de todos los elementos de la red con respecto al elemento al que influían que, en definitiva, es lo que se estaba buscando. Una vez llegado a este punto, si lo que se quiere es la prioridad dentro de su clúster de un elemento, lo único que hay que hacer es ponderar la prioridad global de cada elemento con respecto al resto de elementos de sus clúster.

De nuevo, recordar que es muy posible que la exposición de la operativa ANP pueda resultar confusa si no se acompaña con un ejemplo aclarativo para ello, como ya se ha adelantado previamente, se van a utilizar las bases del ejemplo utilizado para exponer la sistemática AHP. Gracias a esto no solo se conseguirá aclarar la operativa ANP, sino que se observarán las diferencias entre ambos métodos.

2.4.3. Ejemplo de aplicación de ANP

Por lo tanto, para el ejemplo ANP se mantiene la misma definición de elementos que el ejemplo AHP expuesto en el apartado 2.3.3 y que son los siguientes:

- **Misión o meta:** Definir planificación efectiva.
- **Actor decisor:** Ministerio de fomento a través de su ministro y sus asesores.
- **Actor evaluador:** Sistema del transporte aéreo de mercancías a través de sus agentes.
- Criterios:
 - C₁.- Económico
 - C₂.- Ambiental.
- Subcriterios:
 - S₁₁.- Valor añadido
 - S₁₂.- Costes de operación
 - S₂₁.- Restricciones
 - S₂₂.- Área de influencia
- Factores:
 - F₁₁₁.- Reforzar cadena de transporte
 - F₁₁₂.- Acceso a nuevos mercados
 - F₁₂₁.- Mano de obra
 - F₁₂₂.- Servicios Aeroportuarios
 - F₂₁₁.- Consumo Combustible
 - F₂₁₂.- Aéreo Acústica
 - F₂₂₁.- Agua
 - F₂₂₂.- Aire.
- Alternativas:
 - A₁.- Mejorar la eficiencia del sistema
 - A₂.- Fortalecer la cohesión social y territorial
 - A₃.- Contribuir a la sostenibilidad general del sistema
 - A₄.- Impulsar el desarrollo económico y la competitividad

Asimismo, la estructura jerárquica del ejemplo AHP, reflejada en la **Figura 2.7**, se convierte en una estructura donde se distinguen dos redes que representan cómo son influidos los criterios tal como se muestra en la **Figura 2.18**. Como se observa, las redes reflejan que los criterios están influidos por una serie de factores que están agrupados en sendos subcriterios y que, a su vez, están influidos por las alternativas. Por lo tanto, habrá que seguir la operativa ANP para cada red correspondiente a cada criterio C₁ o C₂ y, posteriormente, integrar los resultados en la estructura global.

Para la realización del ejemplo con ANP, se va a utilizar el programa Superdecisions (obtenido en la web www.superdecisions.com versión 2.0.8; Saaty, 2005c) ya que, a diferencia de la herramienta informática Expert Choice, permite manejar las interrelaciones entre elementos. En cuanto la manera de utilizar esta herramienta informática, únicamente, hay que introducir la estructura de relaciones entre elementos de la red e incorporar las valoraciones en las matrices recíprocas de relaciones binarias que se crean a partir de dicha estructura de relaciones, **Figura 2.19**.

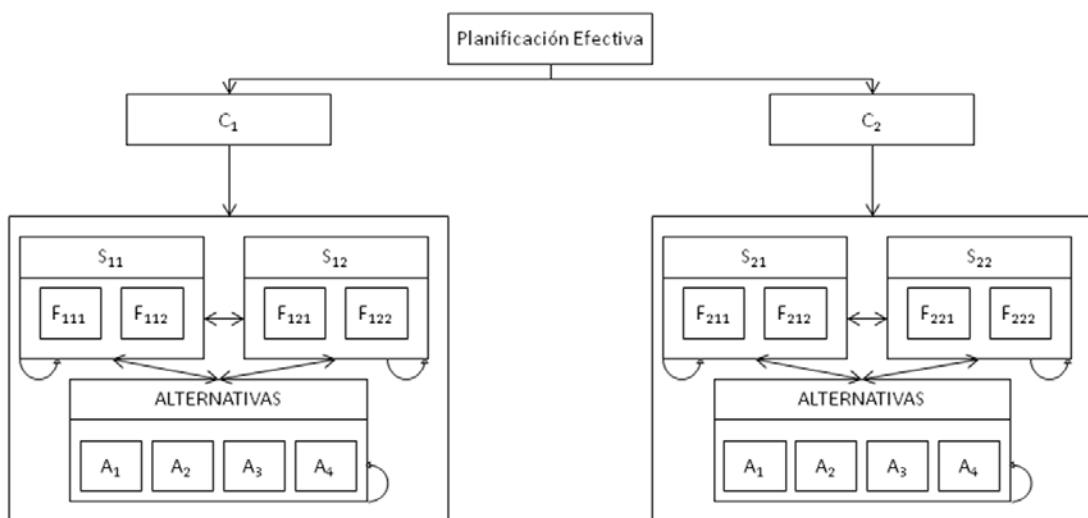


Figura 2.18. Ejemplo ANP. Estructura en red de la planificación efectiva

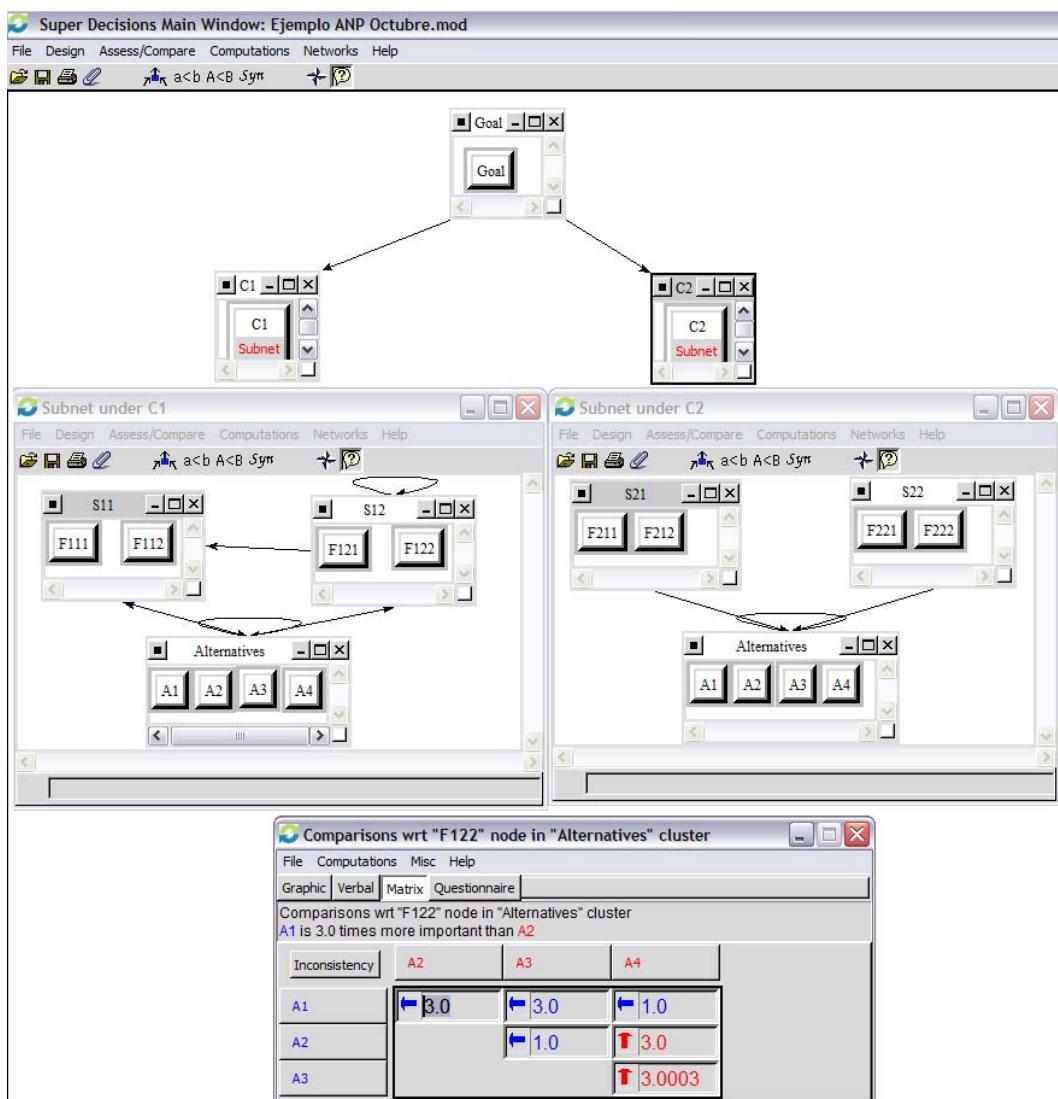


Figura 2.19. Ejemplo ANP. Estructura en red de la planificación efectiva

A continuación, se expone cómo se realiza la priorización de los elementos de la red del criterio económico (C_1):

1. Matriz de relaciones U_{C_1} , **Tabla 2.7:**

En la matriz U_{C_1} se muestra cuál es el comportamiento de las relaciones de los elementos que influyen en el criterio C_1 . En este sentido, si se observa la zona sombreada de la matriz, queda en manifiesto que todos los elementos del clúster de alternativas influyen al resto de elementos. Conceptualmente, esta sería la composición de la matriz si la estructura fuera jerárquica, sin embargo, no lo es. Esto se debe a la existencia de nuevas relaciones entre elementos reflejadas por los unos sin sombrear. Por ejemplo, según la matriz U_{C_1} , la alternativa de mejorar la eficiencia del sistema (A_1) está influida por el factor reforzar la cadena de transporte (F_{111}) y el factor acceso a nuevos mercados (F_{112}).

		Alternativas				S_{11}		S_{12}	
		A_1	A_2	A_3	A_4	F_{111}	F_{112}	F_{121}	F_{122}
Alternativas	A_1			1	1	1	1	1	1
	A_2				1	1	1	1	1
	A_3			1	1	1	1	1	1
	A_4			1	1	1	1	1	1
S_{11}	F_{111}	1						1	1
	F_{112}	1						1	1
S_{12}	F_{121}			1				1	
	F_{122}			1				1	

Tabla 2.7. Ejemplo ANP. Matriz de relaciones U_{C_1}

2. Supermatriz sin ponderar V_{C_1} :

Para llenar la supermatriz sin ponderar V_{C_1} se construyen las matrices recíprocas de combinaciones binarias A que son necesarias según las relaciones establecidas en la matriz de relaciones U_{C_1} . Para el caso particular de las influencias de las alternativas con respecto los factores, al haber sido construidas para el ejemplo AHP, se utilizan los valores de prioridad de la **Tabla 2.4**, sin embargo, el resto tienen que ser construidas por primera vez. Por ejemplo, para la alternativa A_3 , que está influida por elementos de dos clústeres, hay que construir dos matrices recíprocas de combinaciones binarias, **Tabla 2.8**.

Con respecto a A_3 en el clúster de alternativas

David Ponce Pérez. Junio (2012).

				Prioridades			
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Normal	Ideal
A ₁	1	0	1/3	2	0.220	0.354	
A ₂	0	1	0	0	0.000	0.000	
A ₃	3	0	1	5	0.650	1.000	
A ₄	1/2	0	1/5	1	0.130	0.188	
Inconsistencia: 0.03							

Con respecto a A₃ en el clúster S₁₂

		Prioridades			
		F ₁₂₁	F ₁₂₂	Normal	Ideal
F ₁₂₁	1	3	0.750	1.000	
F ₁₂₂	1/3	1	0.250	0.333	
Inconsistencia: 0.03					

Tabla 2.8. Ejemplo ANP. Matrices recíprocas de comparaciones binarias para el elemento A₃

El resultado final, una vez obtenidas las prioridades locales a partir de las matrices tipo A, se muestra en la **Tabla 2.9**. Como se puede observar, se han sustituido las relaciones por la prioridad de los elementos dentro de su clúster con respecto al resto de elementos a los que influyen.

		Alternativas				S ₁₁		S ₁₂	
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	F ₁₁₁	F ₁₁₂	F ₁₂₁	F ₁₂₂
Alternativas	A ₁	0	0	0.230	0.166	0,520	0,100	0,410	0,380
	A ₂	0	0	0.000	0.166	0,120	0,400	0,080	0,120
	A ₃	0	0	0.650	0.166	0,080	0,100	0,160	0,120
	A ₄	0	0	0.120	0.502	0,280	0,400	0,350	0,380
	S ₁₁	F ₁₁₁	0.750	0	0	0	0	0.250	0.750
S ₁₂	F ₁₁₂	0.250	0	0	0	0	0	0.750	0.250
	F ₁₂₁	0	0	0.750	0	0	0	0.833	0
	F ₁₂₂	0	0	0.250	0	0	0	0.167	0

Tabla 2.9. Ejemplo ANP. Supermatriz sin ponderar V_{C1}

3. Supermatriz pondera W_{C1}:

Para ponderar la supermatriz V_{C1}, y obtener la supermatriz ponderada W_{C1}, se tiene que incorporar a los elementos la influencia por pertenecer a un determinado clúster. Para ello, es preciso construir, previamente, la matriz de clústeres X_{C1} donde se establece la prioridad de los clústeres con respecto al clúster que influyen dentro de la red. Esta matriz X_{C1} depende de las relaciones entre elementos establecidas en la matriz de relaciones U_{C1}. De nuevo, la matriz de clústeres X_{C1} se obtiene a partir de las matrices recíprocas de comparaciones binarias A establecidas a partir la estructura de relaciones de la matriz de relaciones U_{C1}. En este sentido, la **Tabla 2.10** muestra las matrices A para los clústeres de alternativas y S₁₂. Para el clúster S₁₁ no es necesaria ya

que no es influido por algún elemento de otros clústeres, por lo que su prioridad es la unidad.

Con respecto a las alternativas en la red de C_1

		Prioridades			
		S_{11}	S_{12}	Normal	Ideal
Alternativas	1	3	4	0.625	1.000
	S_{11}	1/3	1	0.238	0.381
	S_{12}	1/4	1/2	0.137	0.218
Inconsistencia: 0.02					

Con respecto a S_{12} en la red de C_1

		Prioridades			
		S_{11}	S_{12}	Normal	Ideal
Alternativas	1	2	1/3	0.230	0.354
	S_{11}	½	1	0.122	0.188
	S_{12}	3	5	0.648	1.000
Inconsistencia: 0.03					

Tabla 2.10. Ejemplo ANP. Matrices recíprocas de comparaciones binarias para la matriz de clústeres

Para el caso de la red del criterio C_1 , que es la que se está priorizando, la matriz de clústeres se muestra en la **Tabla 2.11**:

		Alternativas	S_{11}	S_{12}
Alternativas	0.625	1.000	0.230	
S_{11}	0.238	0.000	0.122	
S_{12}	0.137	0.000	0.648	

Tabla 2.11. Ejemplo ANP: Matriz de clústeres X_{C1}

Utilizando, adecuadamente, los resultados de la matriz de clústeres X_{C1} se obtiene la supermatriz ponderada W_{C1} , **Tabla 2.12**. Para ello, únicamente, hay que tener cuidado de qué clústeres influyen a cada elemento. Por ejemplo, en la matriz de clústeres se observa que, como mínimo en un elemento, el clúster alternativas está influido por los otros clústeres y que, según la valoración de los actores, la prioridad con respecto al clúster de alternativas en la red C_1 corresponde a la columna sombreada de la **Tabla 2.11**. Por lo tanto, los elementos de la columna A_1 de la **Tabla 2.9** deberían multiplicarse por el valor correspondiente a su clúster. Sin embargo, el elemento A_1 únicamente está influido por el clúster S_{11} , así que los valores de la matriz de clústeres tienen que ponderarse entre los clústeres que influyen a cada elemento y, en este caso, la influencia de este clúster para dicho elemento pasa de ser 0.238 a ser la unidad. Esta misma consideración hay que hacerla para el resto de elementos.

		Alternativas				S_{11}		S_{12}	
		A_1	A_2	A_3	A_4	F_{111}	F_{112}	F_{121}	F_{122}
Alternativas	A_1	0	0	0.188	0.166	0,520	0,100	0,094	0,245
	A_2	0	0	0.000	0.166	0,120	0,400	0,019	0,082
	A_3	0	0	0.532	0.166	0,080	0,100	0,036	0,082
	A_4	0	0	0.100	0.502	0,280	0,400	0,080	0,245
S_{11}	F_{111}	0.750	0	0	0	0	0	0.031	0.260
	F_{112}	0.250	0	0	0	0	0	0.091	0.086
S_{12}	F_{121}	0	0	0.135	0	0	0	0.541	0
	F_{122}	0	0	0.045	0	0	0	0.108	0

Tabla 2.12. Ejemplo ANP. Supermatriz ponderada W_{C_1}

4. Matriz límite Z_{C_1} , Tabla 2.13:

Por último, debido a las propiedades que conlleva ser una matriz estocástica, es posible elevar la supermatriz ponderada W_{C_1} a sucesivas potencias y conseguir su estabilización obteniendo, de esta manera, la matriz límite Z_{C_1} que refleja la prioridad global de los elementos con respecto al criterio C_1

		Alternativas				S_{11}		S_{12}	
		A_1	A_2	A_3	A_4	F_{111}	F_{112}	F_{121}	F_{122}
Alternativas	A_1	0.191	0	0.191	0.191	0.191	0.191	0.191	0.191
	A_2	0.095	0	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095
	A_3	0.170	0	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170
	A_4	0.239	0	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239
S_{11}	F_{111}	0.165	0	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165	0.165
	F_{112}	0.061	0	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
S_{12}	F_{121}	0.063	0	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
	F_{122}	0.016	0	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016

Tabla 2.13. Ejemplo ANP. Matriz límite Z_{C_1}

Con la matriz límite Z_{C_1} , además, se puede obtener la importancia de cada elemento por clúster, Tabla 2.14, normalizando la importancia global en la red cada clúster.

	Alternativas		S_{11}		S_{12}			
	Normal	Ideal	Normal	Ideal	Normal	Ideal		
A_1	0.275	0.800	F_{111}	0.731	1.000	F_{121}	0.800	1.000
A_2	0.137	0.398	F_{112}	0.269	0.368	F_{122}	0.200	0.250
A_3	0.244	0.710						
A_4	0.344	1.000						

Tabla 2.14. Ejemplo ANP. Prioridad local de los elementos de la red C_1

Por lo tanto, la Tabla 2.14, refleja las siguientes prioridades locales de los elementos con respecto al criterio C_1 :

- $w_{A_i}^{C_1}, i = 1, \dots, 4$ prioridad de las alternativas con respecto a la red C_1
- $w_{F_{1kl}}^{C_2}, k = 1, \dots, 2; l = 1, \dots, 2$ prioridad de los factores con respecto a la red C_1

Para la red del criterio C_2 , cuya matriz de relaciones U_{C_2} se muestra en la **Tabla 2.15**, se sigue la misma operativa y se obtienen las siguientes prioridades de los elementos con respecto al criterio C_2 , **Tabla 2.16**:

- $w_{A_i}^{C_2}, i = 1, \dots, 4$ prioridad de las alternativas con respecto a la red C_2
- $w_{F_{2kl}}^{C_2}, k = 1, \dots, 2; l = 1, \dots, 2$ prioridad de los factores con respecto a la red C_2

		Alternativas				S_{11}		S_{12}	
		A_1	A_2	A_3	A_4	F_{111}	F_{112}	F_{121}	F_{122}
Alternativas	A_1	1				1	1	1	1
	A_2	1				1	1	1	1
	A_3	1				1	1	1	1
	A_4	1				1	1	1	1
S_{11}	F_{111}								
	F_{112}								
S_{12}	F_{121}								
	F_{122}								

Tabla 2.15. Ejemplo ANP. Matriz de relaciones U_{C_1}

	Alternativas		S_{21}		S_{22}				
	Normal	Ideal	Normal	Ideal	Normal	Ideal			
	A_1	0.573	1.000	F_{211}	0.000	0.000	F_{221}	0.000	0.000
A_2		0.209	0.365	F_{212}	0.000	0.000	F_{222}	0.000	0.000
A_3		0.109	0.191						
A_4		0.109	1.191						

Tabla 2.16. Ejemplo ANP. Prioridad local de los elementos de la red C_1

Como es lógico, al no influir a ningún otro elemento, la influencia de los factores con respecto al criterio C_2 es nula. Por lo tanto, una vez que se tiene la prioridad de las alternativas con respecto a los criterios, $w_{A_i}^{C_j} (i = 1, \dots, 4; j = 1, \dots, 2)$ y la prioridad de los criterios con respecto a la misión $w_{C_j}^{MI} (j = 1, \dots, 2)$, que es la misma que la del ejemplo AHP (**Tabla 2.4**) ya que no sigue un comportamiento jerárquico, la prioridad de las alternativas con respecto a la misión se obtiene según la **expresión 2.6** siendo el resultado final el que aparece en la **Tabla 2.17**.

$$w_{A_i}^{MI} = \sum_{j=1}^2 w_{A_i}^{C_j} \cdot w_{C_j}^{MI}; i = 1, \dots, 2 \quad [2.6]$$

Misión (1.000)		$w_{A_i}^{MI}$ (ANP)		$w_{A_i}^{MI}$ (AHP)	
		C_1 (0.025)	C_2 (0.075)	Normal	Ideal
A_1	0.275	0.573	0.466	1.000	0,192
A_2	0.137	0.209	0.183	0.393	0,182
A_3	0.244	0.109	0.157	0.338	0,418
A_4	0.344	0.109	0.193	0.414	1.000
				0,207	0,496

Tabla 2.17. Ejemplo ANP. Síntesis de resultados y comparación entre ANP y AHP

En definitiva, se observa que el hecho de permitir incorporar el verdadero comportamiento entre elementos, que normalmente no sigue una jerarquía, conlleva una variación en la prioridad de las alternativas ya que, además de la influencia directa que tienen a la consecución de la misión, se incorpora las influencias internas y externa entre el resto de elementos relevantes del sistema.

En este ejemplo de ANP, al igual que en el anterior de AHP, no es necesario entrar en la interpretación de los resultados ya que su finalidad no es la de valorar la misión, sino la de reflejar la operativa ANP junto a sus características principales. En este sentido, lo que queda manifiesto es que:

- Ambos métodos se articulan a partir de la estructura de relaciones entre los aspectos relevantes, por lo que, la definición de dicha estructura, se convierte en el hito fundamental en el proceso de toma de decisiones.
- El ANP incorpora del AHP la utilización de las matrices recíprocas de combinaciones variables A para obtener la prioridad de los elementos y, para rellenarlas a través de las valoraciones de los actores, se utiliza la escala fundamental de Saaty, **Tabla 2.1**.
- El ANP permite una estructuración más compleja lo que conlleva que la síntesis de la prioridad de las alternativas con respecto a la misión depende de la estructura construida.
- Sin embargo, la operativa que se debe seguir es siempre la misma y se basa en distinguir las partes de la estructura que están configuradas en red y, aquellas otras, que están configuradas jerárquicamente.

En consecuencia con estos resultados, se observa como uno de los principales puntos de complejidad, para la construcción del modelo de análisis, el hecho de que, a partir de una herramienta que construye una estructura para cada proceso de decisión, se tiene que crea una modelo que sirva para valorar distintos conjuntos de alternativas, en este sentido, la solución a este problema se llevará a cabo en el **Capítulo 4**.

A continuación, para concluir con el **Capítulo 2**, se enumeran las aplicaciones, ventajas y limitaciones del ANP.

2.4.4. Aplicaciones, ventajas y limitaciones de ANP.

El ANP cada vez tiene más aplicaciones en diversos campos que en los últimos años se ha visto incrementado. Entre ellos destaca la realizada por el propio Saaty para la inclusión de China en la Organización Mundial de Comercio (World Trade Organization, WTO) (Garuti y Escudey, 2005; Saaty, 2005e).

Otros ejemplos a destacar:

- En el diagnóstico médico (Garuti y Escudey, 2005; Saaty, 2005b).
- En el despliegue de un Sistema Nacional de defensa de Misiles (Saaty, 2001; Saaty 2005e)
- En el campo del transporte destacar el modelo construido por Shand, Tjader y Ding descrito en el artículo “Unified Framework for Multicriteria Evaluation of Transportation Projects” (Shang, Tjader y Ding, 2004)
- En el campo de políticas medioambientales destacar el trabajo de Calisto y Pérez incluido en el libro “Toma de decisiones en escenarios complejos” (Garuti y Escudey, 2005; Calisto y Pérez, 2005)

Entre las ventajas manifiestas del ANP sobre el AHP, está:

- La posibilidad de modelizar la toma de decisión sin necesidad de jerarquizar las influencias entre variables, así como poder tener en cuenta las realimentaciones y dependencias.
- Realizar modelos muchos más cercanos a la realidad sin necesidad de realizarlos bajo la jerarquización.
- Poder establecer relaciones entre variables de distintos grupos. Si recordamos, en el AHP, se establece una relación en forma de árbol, y la construcción de la jerarquía, implicaba que las variables en una rama deberían ser independientes de las de otra.
- La información obtenida a través de la priorización global de la influencia de las variables del modelo, y la priorización por grupos de variables.

Entre las limitaciones del método se encuentra:

- La necesidad de conocer de forma clara qué influencia tiene la valoración de los grupos de variables.
- La reducción de la modelización del número de variables puesto que al ser necesaria una valoración por relación existente, en el momento que existan muchas variables y muchas relaciones, el conjunto de valoraciones a realizar se convierte en un número muy difícil de manejar.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE SISTEMAS: TRANSPORTE AÉREO DE MERCANCÍAS

El presente capítulo comienza definiendo los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad tal y como van a ser considerados en esta monografía, al margen de otras interpretaciones que se pueden encontrar en la literatura. A continuación, se establece el significado de la logística del transporte aéreo de mercancías (LTAM) y cómo la estructura de los agentes que la componen permite definir el transporte aéreo de mercancías y su entorno.

Una vez establecido el marco en el que se basa esta tesis, con el objetivo de facilitar la síntesis de la situación actual del sistema, se hace una reflexión sobre los principales factores que afectan al transporte aéreo, para ello se usa como guía los esfuerzos investigadores que se han llevado a cabo en esta área. Por último, se realiza un análisis de los retos que debe afrontar el transporte aéreo como primera aproximación a la situación ideal del sistema.

El capítulo anterior parte de la base de que la medida de la efectividad de un sistema ayuda a establecer su planificación estratégica de manera lógica y consecuente. Asimismo, expone que dicha medida de la efectividad se puede articular como una comparación entre la importancia actual que se da a los aspectos relevantes del sistema con la importancia que dichos aspectos deberían tener en el comportamiento ideal del mismo. En este sentido, dicha comparación implica poder valorar la influencia de los aspectos relevantes en ambas situaciones y, para ello, propone utilizar una serie de técnicas de análisis englobadas en la Teoría de la Decisión para la solución de problemas multicriterios discretos. En consecuencia, como necesidad para la solución de cualquier tipo de problema, es preciso analizar en profundidad el sistema para establecer y definir sus aspectos relevantes.

Por lo tanto, la finalidad del **Capítulo 3** es la de presentar el análisis en profundidad que se ha hecho de los principales aspectos que articulan y dan contenido al modelo de análisis. En particular, se va a justificar la relación e importancia de la efectividad con y para la planificación estratégica, se va definir la logística del transporte aéreo de mercancías como concepto aglutinador de todas las aéreas del sistema a estudio y se van establecer los aspectos relevantes que afectan a dicha logística del transporte aéreo de mercancías bajo distintas perspectivas y enfoques.

Por lo tanto, para justificar el uso de la medida de la efectividad como principio inexcusable para la planificación estratégica, es preciso desvincular el significado de este término con respecto a otros términos con son la eficiencia y la eficacia. Para ello se definirán los tres términos, se expondrá cuándo se usa cada uno de ellos y qué criterios han de ser tenidos en cuenta dependiendo cuál de ellos se esté midiendo.

A continuación, se define el término de logística del transporte aéreo de mercancías como un sistema de agentes relacionados entre sí con la misión en común de articular cadenas de suministro flexibles y fiables que sean de calidad, asequibles para los usuarios, seguras, respetuosas con el medio ambiente y que contribuyan al desarrollo sostenible de la sociedad.

Por último, se analiza la logística del transporte aéreo de mercancías. En primer lugar, se define cada una de sus componentes o agentes para obtener su ámbito general de actuación y, con ello, una primera agrupación para los aspectos relevantes. A continuación, se estudia en profundidad los artículos elaborados por la comunidad científica que estén relacionados con las principales áreas de investigación definidas en los Programas Marco europeos. De esta forma, se obtienen los aspectos relevantes utilizando el conocimiento previo de expertos y se establece a cuál de las agrupaciones anteriores pertenecen. Para finalizar la definición de los aspectos relevantes, se incorporan los retos que el transporte aéreo debe afrontar a medio y largo plazo. Para ello, se revisan las agendas estratégicas establecidas a nivel europeo por el grupo asesor para la investigación aeronáutica en Europa conocido por sus siglas en inglés ACARE (*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe*)

En definitiva, este capítulo recopila la información necesaria para que, a partir de las técnicas de análisis seleccionadas, se pueda construir un modelo de análisis que permita medir la efectividad del transporte aéreo de mercancías.

3.1. EFICIENCIA, EFICACIA Y EFECTIVIDAD

A lo largo de la existencia de la raza humana, se observa que se ha producido un continuo aumento tanto en el número como en las características de las necesidades que tiene cada uno de sus individuos. Para satisfacer dichas necesidades, se han articulado numerosos sistemas que cohabitan en un entorno común. Asimismo, conforme más se evoluciona más complejos son estos sistemas y más interrelacionados están en dicho entorno.

Actualmente, desde la perspectiva de la sociedad del conocimiento, se establece como prioritario asegurar el correcto comportamiento de dichos sistemas complejos a lo largo del tiempo. Por ello, se han impulsado nuevos conceptos y enfoques que permitan el análisis de su comportamiento dentro de las distintas perspectivas temporales.

En este sentido, se encuentran los siguientes términos relacionados con la planificación de sistemas: (i) la eficiencia asociada a la planificación operativa o comportamiento a corto plazo; (ii) la eficacia asociada a la planificación táctica o comportamiento a medio plazo y (iii) la efectividad asociada a la planificación estratégica o comportamiento a largo plazo.

Por ello, con el objetivo de clarificar el significado de cada uno de estos términos (Moreno, 1997, 2006, 2009), se establece la tipología de criterios que se tiene en cuenta en cada uno de ellos:

- Efectividad, hacer lo correcto, se entiende el criterio racional asociado a la detección de los criterios relevantes para la resolución de un problema.
- Eficacia, alcanzar metas, se entiende el criterio institucional asociado a la consecución de las metas marcadas para los objetivos fijados (Moreno, 1997) en la etapa anterior.
- Eficiencia, hacer las cosas correctamente, se entiende el criterio económico relacionado con la consecución de las metas con la mejor asignación de recursos posibles

Por último, una vez establecido lo que significan y qué se quiere valorar con cada uno de los términos anteriores, queda pendiente justificar la preponderancia que adquiere la efectividad, sobre la eficacia y la eficiencia, como primera medida imprescindible para que el comportamiento del sistema esté enfocado a conseguir la misión para la que ha sido diseñado.

Para esta justificación, se ha elaborado la **Figura 3.1** que representa:

- Cómo se puede ser eficiente y eficaz para alcanzar un conjunto de objetivos estratégicos (OE 1), pero que dichos objetivos estratégicos no se comporten de manera efectiva con respecto al sistema.
- Cómo se puede ser ineficiente e ineficaz a la hora de alcanzar otro conjunto de objetivos estratégicos (OE 2), pero que dichos objetivos estratégicos se comporten de manera efectiva con respecto al mismo sistema.

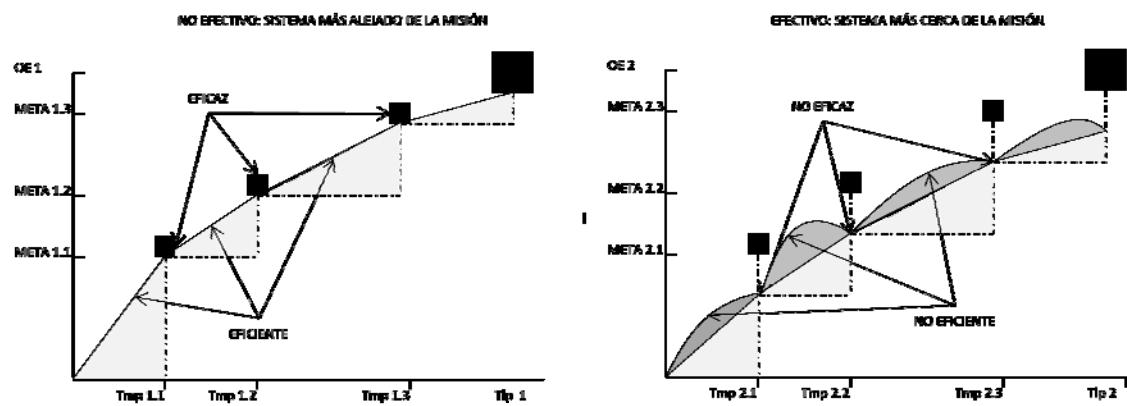


Figura 3.1: Representación de la eficiencia, eficacia y efectividad de un sistema

La **Figura 3.1** ilustra un gráfico de satisfacción de un conjunto de objetivos estratégicos (ordenadas) con respecto al tiempo (abscisas).

Por un lado, se establece un conjunto de objetivos estratégicos (OE 1) que ha sido definido para que el sistema, en un horizonte temporal de largo plazo, cumpla con la misión para la que ha sido diseñado. Asimismo, se han definido tres metas intermedias (META 1.1, META 1.2, META 1.3) que permiten ir acercándose poco a poco al objetivo estratégico. En el gráfico, se ha establecido que la línea recta entre dos metas consecutivas implica pasar de una a otra con el menor gasto de recursos. En este sentido, se puede considerar que el consumo de recursos está relacionado con el área por debajo de esta línea (zona en gris).

Por lo tanto, muestra que el comportamiento con respecto al conjunto de objetivos estratégicos OE 1 ha sido eficiente, porque alcanza los distintos hitos de satisfacción del objetivo estratégico en línea recta, y ha sido eficaz, porque alcanza cada meta dentro del horizonte temporal establecido. Sin embargo, no ha sido efectivo porque al final el sistema no ha evolucionado hacia la misión para la que ha sido construido.

Por otro lado, en el caso del conjunto de objetivos estratégicos OE 2 se observa que se ha actuado de manera ineficiente, porque se alcanzan los hitos con un coste extra de recursos (gris oscuro), y se ha sido ineficaz, porque no se alcanzan las metas en el horizonte temporal establecido. Sin embargo, si ha sido efectivo porque el sistema evoluciona hacia la misión para la que ha sido construido, aunque sea de manera más lenta de la que se esperaba.

Por lo tanto, se observa que un comportamiento no efectivo conlleva que no sirvan todos los esfuerzos que se llevan a cabo para que el sistema se comporte de manera eficiente y eficaz.

Por esto, es interesante abordar el problema de determinar los aspectos relevantes del sistema, que influyen en su comportamiento a largo plazo, para que se pueda establecer una planificación estratégica que sea efectiva y, a partir de dicha planificación efectiva, avanzar en la eficiencia y la eficacia del sistema.

3.2. LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE AÉREO DE MERCANCÍAS

Logística del transporte aéreo de mercancías (LTAM) es el término utilizado en esta tesis con el objetivo de dar nombre propio al sistema que se quiere estudiar. En él se utiliza la palabra logística con un significado que, posiblemente, no se acerque a los usos que se le han venido dando durante los últimos años. En este sentido, la finalidad de este apartado no es la de realizar una exhaustiva revisión del término, sino la de explicar el significado que se le da en esta tesis. Asimismo, se demostrará la diferencia que tiene con el término cadena logística del transporte aéreo de mercancías, también usado a lo largo de la tesis.

Empezando por esto último, el Consejo de Gestión Logística (*Council of Logistics Management*, 1991) define que la logística es una parte del proceso de la cadena de suministro que “planea, implementa y controla; el funcionamiento eficiente del flujo de ida y vuelta y, el almacenamiento de mercancías e información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo, con el objetivo de satisfacer las necesidades de los consumidores”. Esta definición tiene un evidente enfoque operacional, donde las necesidades de los consumidores parece que hagan referencia a criterios técnicos y económicos. Esta forma de entender la logística es la que suele ir unida al término de cadena logística.

En consecuencia, según esta definición, la cadena logística tiene un significado más restringido y está formada, únicamente, por los agentes necesarios para articular los flujos de mercancías y de documentos. Asimismo, se observa que el objetivo final es el de satisfacer las necesidades de unos usuarios que están relacionados, de una manera implícita, con la propiedad de las mercancías. Por lo tanto, la cadena logística tipo del transporte aéreo de mercancías está formada por los usuarios del servicio (cargadores y consignatarios), los agentes encargados de prestar los servicios aeroportuarios (transitarios, operadores de tierra, operadores de aduanas) y un agente encargado del transporte aéreo (compañía aérea). Este enfoque es muy interesante a la hora de medir la eficiencia, sin embargo, para una planificación estratégica, es necesaria una visión más amplia que incluya el entorno donde se mueven estos agentes.

Para ello, se parte de la definición que, Tilanus (1997), hace de logística como: “el proceso de anticiparse a las necesidades de los consumidores; adquiriendo el capital, materiales, personal, tecnologías e información necesarios para satisfacerlos”. En esta definición se observan dos diferencias bastante significativas. Primero, ya se establece que es un proceso que tiene que anticiparse a las necesidades de alguien y, segundo, hace referencia a cualquier actividad que no tiene por qué ser, exclusivamente, de transporte. Sin embargo, de nuevo, utiliza un enfoque que tiene una marcada inclinación operativa, principalmente, porque se está hablando de las necesidades de los consumidores y, también, porque parece que los criterios que se tienen en cuenta son únicamente económicos y técnicos. Para pasar de este enfoque más operativo a otro más estratégico, que es el objetivo de esta tesis, es necesario satisfacer necesidades más amplias, que únicamente la de los usuarios finales, y tener en cuenta otros criterios que no sean económicos o técnicos.

Por lo tanto, reformulando la definición anterior, en esta tesis se propone entender *logística*, como la organización imprescindible de una actividad que pretende anticiparse a las necesidades de la sociedad en materia de transporte aéreo de mercancías dentro del contexto de la sociedad del conocimiento y bajo el principio de la sostenibilidad. Al entender las necesidades como las de la sociedad del conocimiento se está diciendo que su definición va a provenir de un análisis crítico, por parte de un sector cualificado de la sociedad, de la influencia que tiene la actividad en la propia sociedad. Asimismo, el principio de sostenibilidad, conlleva que el análisis crítico esté cimentado en criterios tanto económicos y técnicos como sociales y ambientales. En consecuencia, otra forma de entender la definición es que para garantizar el funcionamiento del transporte aéreo de mercancías, en el contexto de la sociedad del conocimiento y bajo el principio de la sostenibilidad, se requiere una visión holística de los aspectos relevantes del mismo en la que se incluyan las visiones legislativas, productivas, administrativas y de ejecución.

En definitiva, en esta tesis, se entiende como logística de transporte aéreo de mercancías al conjunto de agentes que están interrelacionados con el objetivo de satisfacer las necesidades de la sociedad de una manera sostenible. Para definir cuáles son las agrupaciones de agentes, que intervienen en el transporte aéreo de mercancías, se realiza un análisis de las principales actividades necesarias para el correcto funcionamiento del sector.

En primer lugar, todo sector englobado en un mercado internacional y competitivo está basado en la ley de la oferta y la demanda. En el caso del transporte aéreo de mercancías, también en la modalidad de pasajeros, el máximo exponente de la oferta son las compañías aéreas. Sin duda alguna, son el motor del sector y, por ello, las encargadas de satisfacer la demanda de los usuarios de servicios de carga aérea. Por lo tanto, la demanda viene establecida por los usuarios de carga aérea, que no son otros que los cargadores y los consignatarios, y está caracterizada, principalmente, por el producto transportado, el lugar de recogida y el lugar de entrega.

Desde un punto de vista práctico, lo que el usuario está demandando es transportar un producto desde el origen, representado por el cargador, hasta el destino, representado por el consignatario. Y por tanto, la compañía aérea lo que oferta es una ruta que une ambos destinos.

Debido a las características del transporte aéreo, la compañía aérea, necesita de otros agentes para poder articular los flujos de mercancías. En particular, los agentes más destacados son los transitarios, los operadores de tierra y los operadores de aduanas que, dicho de una manera muy esquemática, se ocupan de unir la demanda con la oferta, preparar el producto para el transporte aéreo y controlar los flujos.

En síntesis, la parte operativa del transporte aéreo de mercancías, que está relacionado con articular el flujo físico y el flujo documental de mercancías, es llevada a cabo por la cadena logística, que ya había sido definida al inicio de este apartado, que engloba la oferta y la demanda puramente relacionadas con el negocio del transporte de mercancías y, que está formada por una serie de agentes, **Figura 3.2**.

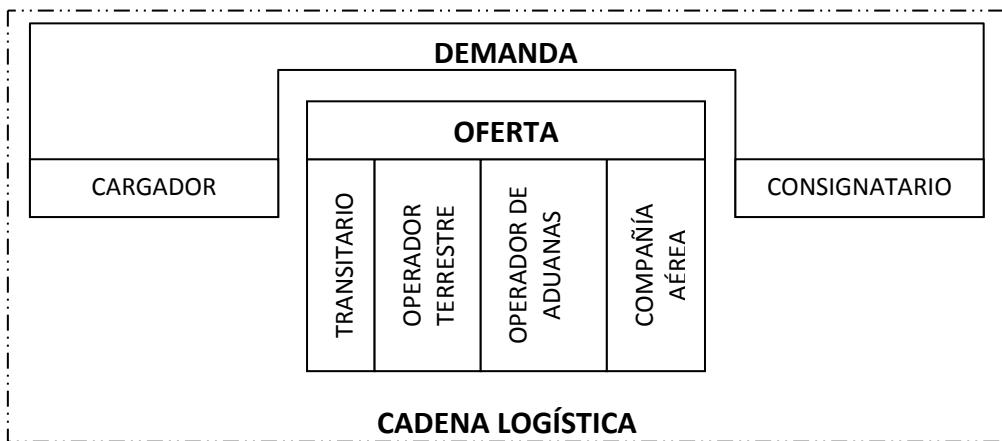


Figura 3.2: Esquema, demanda-oferta, de la cadena logística del transporte aéreo de mercancías

No obstante, la operación principal del transporte aéreo de mercancías, que es el tránsito de las mercancías de origen a destino utilizando el modo aéreo en algún momento de su recorrido, no puede llevarse a cabo si no cuenta con un vehículo capacitado para realizar el transporte aéreo y, una infraestructura donde pueda realizar el cambio, de una manera segura y eficiente, de modo terrestre a modo aéreo. Por lo tanto, es necesaria una industria que fabrique las aeronaves y construya los aeropuertos necesarios.

Asimismo, para que el cambio modal se produzca de una manera segura y eficiente, son necesarios una serie de servicios que tienen que ser prestados en el aeropuerto. Por ello, los aeropuertos, tienen que estar gestionados, de una manera eficaz y eficiente, para ofrecer los servicios aeroportuarios, los servicios de navegación aérea y los servicios comerciales necesarios para regular el tráfico en el transporte aéreo. Para esta gestión, también es necesario que la industria fabrique material móvil, equipos y sistemas y construya instalaciones.

En definitiva, la cadena logística del transporte aéreo de mercancías necesita de una industria y una gestión que no son exclusivas del transporte aéreo de mercancías, sino que también son utilizadas por la modalidad de pasajeros, **Figura 3.3.**

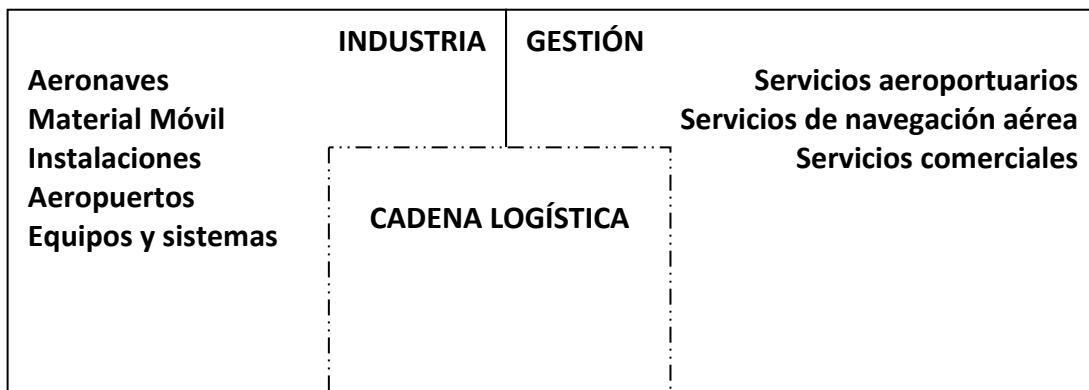


Figura 3.3: Esquema de la industria y la gestión como servicio a la cadena de la LTAM

Por último, el transporte aéreo de mercancías, además de dar un servicio al usuario final, tiene que tener en cuenta que se encuentra dentro de una sociedad que le está Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza.

imponiendo unos requisitos. Como ya se ha avanzado, en la actualidad, la sociedad quiere caracterizarse por el pleno conocimiento de los efectos de sus actividades y, ha decidido guiarse por el criterio de la sostenibilidad.

Por lo tanto, habrá que dotar, al transporte aéreo, de un marco normativo y regulador que controle y regule la actividad. En este sentido, existirá una legislación que ponga los límites en los que puede moverse el transporte aéreo y, por lo tanto, dirigirá la evolución del transporte aéreo, **Figura 3.4.**

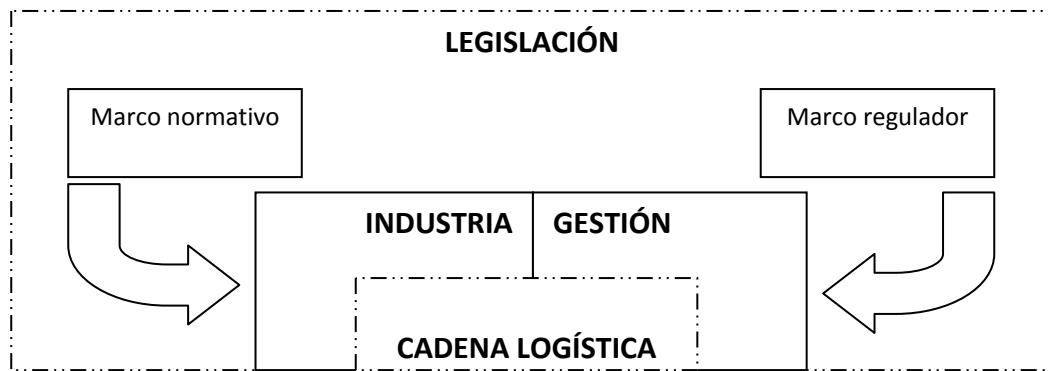


Figura 3.4: Esquema de la logística del transporte aéreo de mercancías

En definitiva, se han identificado 4 grupos principales de agentes que se llevan a cabo las siguientes actividades:

- legislación que regula y supervisa el transporte aéreo
- industria que suministre de instalaciones e infraestructuras, aeronaves y material móvil, sistemas y equipamientos al transporte aéreo
- gestión de las infraestructuras del transporte aéreo
- cadena logística que se encarga de efectuar el transporte aéreo de mercancías

A través de los siguientes sub apartados se definirán las agrupaciones anteriores de agentes.

3.2.1. Legislación en el transporte aéreo

La legislación en el transporte aéreo, como en cualquier materia o ciencia, tiene como primer objetivo establecer el conjunto de normas que sirven para regular la actividad. El esfuerzo legislativo depende de la complejidad y el ámbito de dicha actividad. En el caso del transporte aéreo de mercancías es necesario recordar que, a nivel normativo, está influenciado por muchas normas que han sido diseñadas pensando en la modalidad de pasajeros. Es por esto que se hable de la legislación del transporte aéreo en general y se particularice, cuando sea posible, en la modalidad de pasajeros.

Hay que tener en cuenta que el modo aéreo tiene una marcada dimensión internacional, lo que implica una legislación que esté basada en acuerdos entre estados. Todos los esfuerzos que se han llevado a nivel normativo han estado dirigidos a buscar dicho acuerdo. Por ejemplo, el Sistema de Varsovia (Beses y Beses, 2005), que regula la responsabilidad del transportista y la documentación necesaria para el transporte de mercancías por vía aérea, está formado por el Convenio de Varsovia de 1929, el Protocolo de la Haya de 1955 y otros instrumentos complementarios, entre ellos el Protocolo y el Convenio de Montreal de 1975 y 1995 respectivamente, que consisten en modificaciones del Convenio de Varsovia con el objetivo de obtener una mayor adhesión de los estados.

La obligación de encontrar quórum a nivel internacional propició la constitución de foros de debate ajenos a intereses particulares de un único estado. Hoy en día hay que destacar la Organización de Aviación Civil Internacional (International Civil Aviation Organization, ICAO) y la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (International Air Transport Association, IATA). Ambas asociaciones tienen un papel fundamental a la hora de la elaboración y control de las regulaciones legales, técnicas y económicas.

Aparte de las funciones de elaboración y control, estas asociaciones, también desarrollan soluciones dirigidas a los principales problemas del transporte aéreo. En particular, para la modalidad de mercancías, han sido las encargadas de desarrollar manuales para el manejo de mercancías peligrosas, perecederos o animales vivos. Asimismo, han regulado las unidades de carga que se pueden utilizar para el transporte y están desarrollando proyectos destinados a estandarizar las operaciones de carga y, en especial, la documentación necesaria (e-freight o e-airwaybill).

Por lo tanto, se distinguen dos tipos de organizaciones dentro del ámbito de la legislación; las entidades reguladoras y supervisoras con sus agrupaciones a nivel europeo e internacional y sus ramificaciones a nivel regional y local, y, las asociaciones empresariales y profesionales encargadas, entre otras muchas cosas, del asesoramiento de los gobiernos.

A continuación se realiza a una breve descripción del marco normativo que regula el transporte aéreo. Asimismo, se expone cuál ha sido el comportamiento de los estados y las compañías aéreas dentro de este marco normativo y a la hora de organizarse. Por último, tras el análisis realizado, se definen los aspectos relevantes que son tenidos en cuenta desde la perspectiva de la legislación en el transporte aéreo.

3.2.1.1. Marco normativo

La regulación del transporte aéreo en la actualidad se basa en el Convenio sobre Aviación Civil que tiene una implicación normativa sobre los estados contratantes y que se evalúa continuamente a lo largo del tiempo.

El Convenio sobre Aviación Civil Internacional, también conocido como el Convenio de Chicago, reunió a 52 estados en el año 1944. Su objetivo principal era el de establecer el marco regulador de la aviación civil después del desorden que se había producido tras la II Guerra Mundial. Para ello, partió de la base de los resultados de conferencias anteriores:

- Primera Conferencia Internacional de Navegación Aérea (París, 1919)
- Convención Iberoamericana de Navegación Aérea (Madrid, 1926)
- Segunda Conferencia Internacional de Navegación Aérea (Varsovia, 1929)
- Tercera Conferencia Internacional de Navegación Aérea (Roma, 1933)

La influencia que han tenido, estas conferencias previas, en el Derecho Aeronáutico es importante, ya que casi todos los acuerdos posteriores y leyes de los estados han recibido su inspiración y esencia de ellas.

Sin embargo, el marco de la regulación del transporte aéreo internacional se construyó en la Conferencia de Chicago. Durante dicha conferencia quedó en manifiesto la necesidad de un acuerdo a nivel internacional. Pero se observó la dificultad de que los 52 estados presentes ratificasen, inmediatamente, un texto único.

Por ello, las conclusiones de la Conferencia de Chicago fueron separadas en 5 apéndices, que constituyeron el protocolo de actuación que permitió articular las relaciones entre estados, y 18 anexos que establecen los estándares técnicos que deben cumplir cada estado para asegurar un transporte aéreo eficiente, de calidad y seguro.

A.-Los cinco apéndices del Convenio sobre Aviación Civil Internacional

Apéndice I. Convenio provisional sobre la Aviación Civil Internacional

Presumiendo que transcurría mucho tiempo antes de que pudiera completarse el número de ratificaciones necesarias (veintiséis) para la entrada en vigor del Convenio definitivo aprobado en la Conferencia de Chicago, y muy especialmente el funcionamiento de la organización prevista, se adoptó el acuerdo de crear una Organización Provisional de Aviación Civil Internacional (OPACI) que, de características análogas a la prevista, sirviera como interina y cumpliera las funciones técnicas y de asesoramiento precisas en el intervalo previsto.

La vida del citado Organismo provisional concluyó el 4 de abril de 1947, esto es un mes después de depositarse las ratificaciones necesarias y nacer la Organización de Aviación Civil Internacional (International Civil Aviation Organization, ICAO)

Apéndice II. Convenio sobre la Aviación Civil Internacional

Sin entrar en el estudio detallado del texto, es interesante recalcar algunos de los aspectos más importantes del mismo:

- Al igual que el Convenio de París de 1919, el de Chicago comienza por reafirmar el reconocimiento de la soberanía exclusiva y absoluta de cada estado sobre la zona aérea que abarca su territorio, considerando territorio las aguas territoriales adyacentes que se encuentran bajo la soberanía, dominio, protección o mandato de dicho estado.
- Aún cuando en 1944 la importancia económica de los vuelos chárter era muy limitada, el tráfico no regular se encuentra cubierto por el Convenio y estos vuelos pueden, en teoría, realizarse “sin necesidad de obtener permiso previo”. Sin embargo el estado tiene la libertad de “imponer las reglamentaciones, condiciones o restricciones que considere convenientes”.
- Por el contrario el Artículo 6 especifica que “ningún servicio aéreo internacional regular podrá explotarse en territorio o sobre el territorio de un estado contratante, excepto con el permiso especial u otra autorización de dicho estado y de conformidad con las condiciones de dicho permiso o autorización”.
- A continuación el Artículo 7 determina la facultad de cada estado para reservar el cabotaje a sus propios nacionales, con la restricción de comprometerse a no concertar acuerdos que concedan específicamente, a base de exclusividad, ese privilegio a ningún otro estado o línea aérea de otro estado, así como tampoco a obtener tal privilegio exclusivo.
- En lo referente a la nacionalidad de las aeronaves el Convenio consagra varios principios: la exigencia de nacionalidad, su unidad, su vinculación con la matrícula y la exteriorización de ésta mediante las respectivas marcas.
- En cuanto a las normas de aeronavegabilidad el Convenio establece el principio de que cada estado será responsable de las concernientes a sus propias compañías, y que son elaboradas, como después veremos, por la ICAO. Pero hacerlas obligatorias es responsabilidad de las autoridades nacionales.
- La segunda parte del Convenio regula la creación de la ICAO que habrá de componerse de una asamblea, un consejo y demás órganos que se estimen necesarios.

En definitiva, este apéndice define la soberanía de cada estado sobre su espacio aéreo y pasa a dar una definición de este. Como rasgo característico se observa que, en cuestión de navegación aérea, se impide ceder la soberanía de un estado a otro estado o compañía aérea. Sin embargo, establece la existencia de una serie de privilegios para las aeronaves que pertenezcan a un determinado estado. Para que este derecho pueda ejercerse es necesario definir la nacionalidad de cada aeronave. Asimismo, otorga a los estados la obligatoriedad de regular la actuación de sus propias compañías.

Por último, se define la composición de la Organización de Aviación Civil Internacional que sigue vigente en la actualidad.

Apéndice III. Acuerdo relativo al Tránsito de los Servicios Aéreos Internacionales.

En este acuerdo se definen las dos primeras libertades del aire o libertades técnicas estableciéndose también como facultades de los estados contratantes las siguientes:

- Designar la ruta en su territorio de los servicios aéreos internacionales y aeropuertos que podrán utilizar.
- Imponer a dichos servicios derechos justos y razonables por el uso de tales aeropuertos y demás instalaciones (tasas), sin discriminación fundada en la nacionalidad de la aeronave.
- Denegar o revocar el certificado o permiso cuando la empresa citada no cumpla con las leyes del estado que sobrevuele.

Este acuerdo de tránsito ha tenido una general aceptación entre los países miembros de OACI puesto que los derechos que concede no son en modo alguno polémicos en relación con los derechos comerciales de tráfico aéreo internacional.

Apéndice IV. Acuerdo sobre el Transporte Aéreo Internacional.

Este apéndice contiene y define las denominadas cinco “libertades del aire”, y fue ofrecido a los estados para su firma y posterior ratificación y adhesión.

Este acuerdo ha tenido escasa aceptación, perdiendo por lo tanto su principal eficacia. El hecho de ser, poco después de su firma, denunciado por los Estados Unidos anuló prácticamente su valor, siendo sustituido por los convenios bilaterales sobre transporte y navegación aérea, por medio de los cuales los estados se otorgan recíprocamente las correspondientes libertades y privilegios en la medida y condiciones que mutuamente se establecen.

Apéndice V: Las Libertades del Aire

Como ha quedado indicado más arriba los apéndices III y IV, definen las Libertades del Aire que han tenido una importancia fundamental en las relaciones aéreas internacionales.

Siguiendo al profesor Bauzá (1955) se examinan en detalle las indicadas libertades:

- **Primera libertad:** La primera libertad del aire es el privilegio conferido a las aeronaves de un estado, de poder sobrevolar el territorio del Estado que confiere dicho derecho, **Figura 3.5**. Este derecho de sobrevuelo impide que las líneas aéreas sean obligadas a rodeos inútiles, permitiendo a la vez enlaces aéreos rápidos y directos.
- **Segunda libertad:** Es el derecho de aterrizar para fines no comerciales, es decir técnicos, tales como aprovisionamiento de combustible, reparaciones o simple escala del avión sin derecho a dejar o recoger pasajeros, **Figura 3.6**.

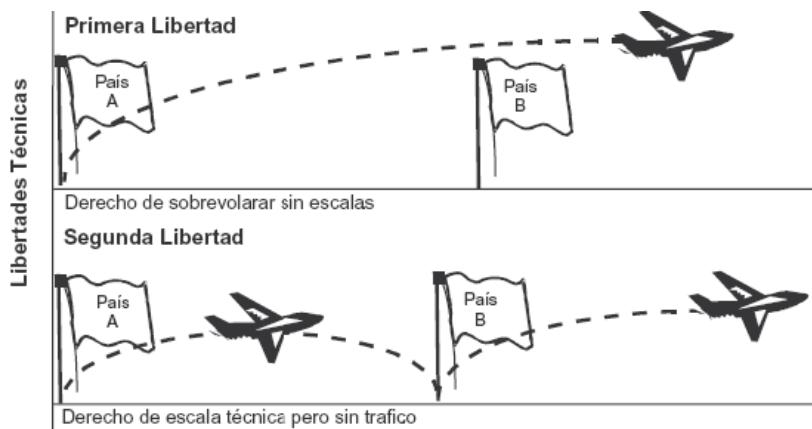


Figura 3.5: Primera y segunda libertades del aire. Fuente: AENA.

- **Tercera libertad:** Es el privilegio conferido por un estado a otro para que las aeronaves de este último desembarquen en el estado concedente pasajeros, carga y correo, tomados en el territorio del estado al cual pertenece la aeronave.
- **Cuarta libertad:** Es el derecho a tomar pasajeros, carga y correo en el estado concedente del privilegio, destinados al estado de nacionalidad de la aeronave.
- **Quinta libertad:** Implica el privilegio de embarcar pasajeros, carga y correo en el país concedente del derecho, con destino a cualquier otro estado contratante, distinto del que concede el privilegio, y el de desembarcar pasajeros, carga y correo en el estado concedente del privilegio, proveniente de cualquier otro país.

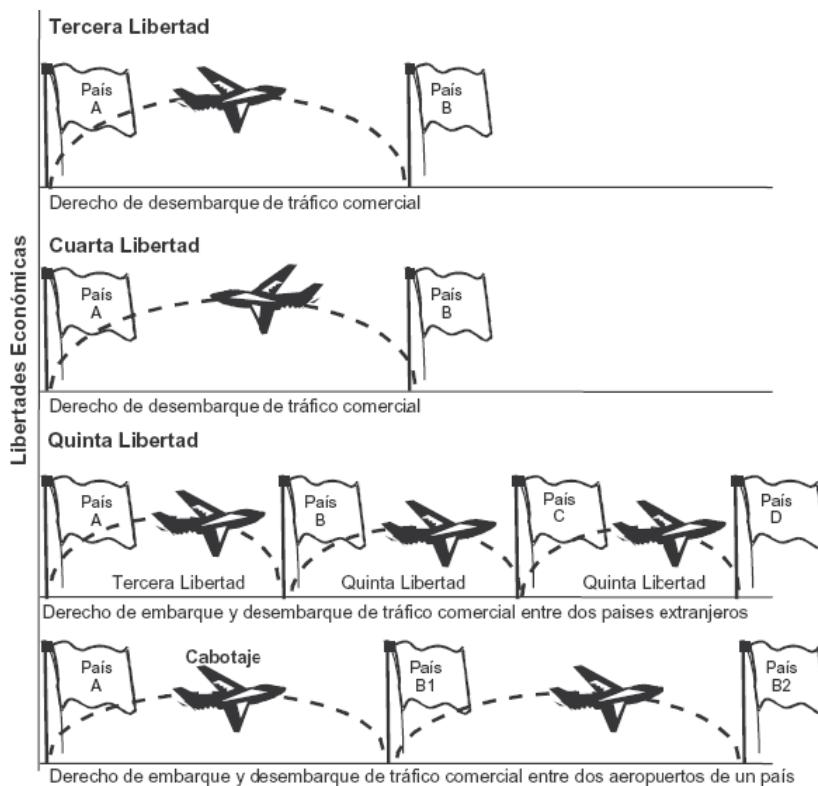


Figura 3.6: Tercera, cuarta y quinta libertades del aire. Fuente: AENA.

Mientras la 3^a y 4^a libertades del aire son unidireccionales, la 5^a libertad es bidireccional ya que se ejerce en ambos sentidos: con destino a un tercer territorio o proveniente de él, **Figura 3.6**.

Hasta aquí las cinco libertades definidas en la Conferencia de Chicago e incluidas en el Acuerdo sobre el Transporte Aéreo Internacional. En ellas se agota la gama de posibilidades de los derechos vinculados con el transporte aéreo internacional ya que las dos primeras contemplan la base de la actividad, es decir la navegación aérea en sí misma, las dos siguientes el transporte aéreo entre dos países efectuado por compañías que tienen la nacionalidad de alguno de ellos, y la quinta las hipótesis restantes, es decir, todos aquellos transportes entre dos países realizados por transportistas de cualquier otra nacionalidad.

Sin embargo, la doctrina ha generado la mención de al menos otras tres libertades a las que se explican a continuación:

- **Sexta libertad:** Implicaría para una empresa de cierto país el derecho de transportar pasajeros, carga y correo desde una nación extranjera a otra pasando sobre el territorio del estado al cual pertenece la empresa transportadora, y haciendo escala en él. Esta libertad implica desdoblar el tráfico desde el centro productor de tráfico al país de la empresa que hace el servicio, y desde este país a un segundo centro de tráfico. No responde por tanto a la demanda real de tráfico entre los puntos intermedios sino entre los extremos, motivo por el cual ha provocado resistencias de los gobiernos vinculados a dichos puntos, ante la competencia que implica a los tráficos de 3^a y 4^a libertades, ejercicios por sus empresas nacionales.
- **Séptima libertad:** Sería para una compañía de cierto estado el derecho de trabajar entre terceros sin hacer escala en el de la nacionalidad de la aeronave.
- **Octava libertad:** Es el derecho conferido por un país a las aeronaves del otro de hacer cabotaje aéreo. Se entiende por cabotaje aéreo el transporte por aeronave, mediante remuneración, de pasajeros, carga y correo, embarcadas en un punto del territorio de un estado y desembarcados en otro punto del territorio del mismo estado.

En síntesis, en cuanto a relaciones comerciales entre los estados, el Convenio sobre Aviación Civil define todas las posibilidades que puedan comprenderse entre dos estados y entre dos estados con respecto a un tercero.

B.- Los dieciocho anexos del Convenio sobre Aviación Civil Internacional

En conclusión, las ocho libertades expuestas anteriormente confeccionan el marco legal en el que deben basarse los estados a la hora de establecer la regulación sobre su espacio aéreo. Aparte de este marco legal, el Convenio de Aviación Civil Internacional también establece un marco técnico para el transporte aéreo. Este marco técnico está dividido en 18 anexos, **Tabla 3.1**, que recogen todos los aspectos fundamentales relacionados con la operativa del transporte aéreo.

ANEXO	CONCEPTO
Anexo 1	Licencias al personal
Anexo 2	Reglamento del aire
Anexo 3	Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional
Anexo 4	Cartas aeronáuticas
Anexo 5	Unidades de medida que se emplearán en las operaciones aéreas y terrestres
Anexo 6	Operación de aeronaves
Anexo 7	Marcas de nacionalidad y de matrícula de las aeronaves
Anexo 8	Aeronavegabilidad
Anexo 9	Facilitación
Anexo 10	Telecomunicaciones aeronáuticas
Anexo 11	Servicios de tránsito aéreo
Anexo 12	Búsqueda y salvamento
Anexo 13	Investigación de accidentes e incidentes de aviación
Anexo 14	Aeródromos
Anexo 15	Servicios de información aeronáutica
Anexo 16	Protección del medio ambiente
Anexo 17	Seguridad: Protección de la aviación civil contra los actos de interferencia ilícita
Anexo 18	Transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea

Tabla 3.1. Anexos del Convenio de Aviación Civil

3.2.1.2. Evolución de las relaciones entre estados

Lo que se pretendía conseguir a través del marco normativo, teniendo en cuenta el carácter internacional y las características del transporte aéreo, era fijar las bases que regulasen la negociación entre los estados referida a dicho modo de transporte. Por lo tanto, es interesante reflexionar sobre cómo ha evolucionado, el negocio del transporte aéreo, atendiendo a cómo han progresado los intereses competitivos de los estados a nivel internacional.

Para ello, se describen los distintos procesos por los que ha ido pasando y que comprenden, entre otros, el inicio de los convenios bilaterales, el proceso de liberalización y posterior consolidación del mercado y, la ansiada meta de los cielos abiertos.

La conferencia de Chicago que fue un éxito en cuanto a la consecución de un marco técnico, que sería elaborado por el ICAO y reflejado en los 18 anexos, y un marco legal, expuesto anteriormente, chocó con los diversos intereses de los estados a la hora de conseguir un marco comercial. Las dos posiciones más enfrentadas eran la que mantenían Gran Bretaña, por un lado, y Estados Unidos por otro. Gran Bretaña proponía la creación de una o más líneas aéreas internacionales que tuvieran la exclusiva del tráfico aéreo internacional, mientras que Estados Unidos preconizaba la ausencia absoluta de control internacional del tráfico, concediendo a todas las aerolíneas el derecho internacional del tránsito y aterrizaje en régimen competitivo sujeto, únicamente, a los factores del comercio y la economía.

Como solución, a las posiciones enfrentadas, se articularon los denominados acuerdos bilaterales entre estados. Estos acuerdos, en un amplio sentido, establecían entre dos estados:

- Límites para las rutas y los destinos
- Concesión, o no, de la 5^a libertad
- Designación exclusiva de compañías
- Igualdad en cuanto a capacidad de carga total, sin que hubiese control de frecuencias
- Sistema de tarifas basado en la normativa de la IATA, sometido a doble aprobación

En definitiva, el control de las rutas, las tarifas, los fletes y las frecuencias a nivel internacional se llevaba a cabo a través de acuerdos, de reciprocidad, entre los estados. Estos convenios han regulado, y siguen regulando en mucha áreas, el tráfico de los últimos 60 años.

Sin embargo, Estados Unidos siempre ha intentado llevar a cabo un proceso de desregularización del sector para que se genere un libre mercado y funcione bajo las reglas de la competencia. Es lógico que un país con un sistema de transporte aéreo potente quiera sacar el máximo rendimiento de él. Para ello, comenzó, en 1978, un proceso de liberalización del mercado interno de Estado Unidos y que se fue extendiendo, a través de variaciones en los acuerdos bilaterales con otros estados, a Europa hasta 1991. El principal efecto de este proceso liberalizador fue la desaparición de las compañías ineficientes que no podían competir en un mercado igualitario. Asimismo, se observó un proceso de consolidación a través de alianzas entre aerolíneas.

Pero este proceso liberalizador se ve insuficiente si lo que se pretende es que el transporte aéreo sea un sector que se mueva en un mercado puramente competitivo. Para ello, es necesario instaurar una política de cielos abiertos que es el objetivo perseguido por los países más desarrollados, los países en vía de desarrollo ven una amenaza a la evolución de sus compañías aéreas el actuar en un mercado competitivo, y que implica introducir una serie de modificaciones en los acuerdos bilaterales entre estados, que son:

- Acceso abierto a todas las rutas
- Derechos ilimitados de 5^a libertad
- Designación de múltiples compañías aéreas
- Ausencia de control de frecuencia y capacidad
- Ausencia de control tarifario
- Permiso de cambio de calibre
- Libertad de compartición de código

Por lo tanto, a la hora de estudiar el transporte aéreo, y en particular la modalidad de mercancías, hay que tener en cuenta la situación en la que se encuentran los acuerdos bilaterales entre el estado origen y el estado destino, para saber si actúan bajo acuerdos bilaterales tradicionales, abiertos 1978 o abiertos por completo.

3.2.1.3. Organizaciones del sector del transporte aéreo

Para concluir el apartado dirigido a la legislación es conveniente realizar una breve descripción de las principales organizaciones relacionadas con el transporte aéreo.

Estas organizaciones, en mayor o menor medida y de forma directa o indirecta, colaboran con la elaboración, revisión y control de las regulaciones del transporte aéreo. Las dos primeras, por su carácter internacional, cumplen con un papel unificador a nivel mundial, mientras que las otras tres regulan el transporte aéreo a nivel europeo.

Organización de la Aviación Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization, ICAO*)

Esta organización fue creada a raíz de la Conferencia de Chicago como una organización supranacional asociada a Naciones Unidas. El ICAO es el organismo especializado de las Naciones Unidas para la aviación civil a nivel mundial, y que su visión es lograr el desarrollo seguro, protegido y sostenible de la aviación civil mediante la cooperación de sus estados miembros.

Una de las principales obligaciones del ICAO es la de adoptar normas y métodos recomendados designándolos por razones de conveniencia como los anexos del Convenio. Los métodos recomendados son especificaciones de características físicas, configuración, material, comportamiento, personal o procedimiento, cuya aplicación uniforme se reconoce como deseable en interés de la seguridad, regularidad o eficiencia de la navegación aérea internacional, debiendo esforzarse los estados contratantes en su cumplimiento.

Asociación de Transporte Aéreo Internacional (*International Air Transport Association, IATA*)

Es un organismo de comercio internacional, creado hace más de 60 años por un grupo de compañías aéreas. Hoy en día, representa a unas 230 compañías aéreas que suponen el 93% del tráfico aéreo internacional.

Su misión es la de representar, conducir y servir a la industria de la aviación en general. Para ello busca ayudar a las aerolíneas a simplificar los procesos e incrementar la percepción de calidad por parte de los usuarios, mientras reduce costos y aumenta la eficiencia. Gracias a esto las personas y las mercancías puedan circular por la red global de aerolíneas tan fácilmente como si estuvieran en una sola línea aérea y en un solo país.

En cuanto a su servicio hacia los estados, IATA busca asegurar que están bien informados con respecto a la complejidad de la industria de la aviación para conseguir mejores decisiones a largo plazo.

Agencia Europea de Seguridad Aérea (*European Aviation Safety Agency, EASA*)

Nace en el año 2002 con la misión de promover un alto nivel de estandarización y uniformidad en la seguridad operacional y protección del medio ambiente en la aviación civil. La EASA es una agencia autónoma que pertenece a la Unión europea con una personalidad legal, financiera, y administrativa propia. Por todo ello su creación ha implicado notables modificaciones en el entorno regulador, permitiendo una producción normativa y de procedimientos armonizada y más eficiente.

Entre las principales tareas asignadas a la EASA, destacan:

- Asistir a la Comisión Europea en la elaboración de legislación referente al transporte aéreo.
- Adoptar procedimientos propios
- Asistir a la Comisión Europea en el proceso de monitorización de la aplicación de la legislación emanada de la unión Europea

Conferencia Europea de Aviación Civil (*European Civil Aviation Conference, ECAC*)

Es una organización intergubernamental fundada en Estrasburgo en 1955 con el propósito de promover el desarrollo de un sistema de transporte aéreo europeo, armonizando las políticas y prácticas en la aviación civil en este ámbito, con estrechos lazos con el ICAO, el Consejo de Europa y la Unión Europea. Actualmente está compuesta por 42 miembros.

La principal función de la organización es coordinar posturas políticas con objeto de promover el desarrollo continuado de un sistema europeo de transporte aéreo seguro, eficaz y sostenible. Para ello la ECAC elabora resoluciones, recomendaciones y declaraciones que son puestas en práctica por los estados miembros.

EUROCONTROL

Es la Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea, es una organización civil/militar paneuropea creada en diciembre de 1960 que entró en vigor tres años más tarde. Inicialmente estaba concebido como un organismo supranacional de control del tráfico aéreo en ruta para la provisión de servicios de control de tráfico aéreo seguro y eficaz, pero actualmente ha llegado a convertirse en una organización con una gran diversidad de tareas y responsabilidades en el ámbito de la gestión integrada del tráfico aéreo. Actualmente Eurocontrol está formado por 35 estados.

Las actividades que Eurocontrol desarrolla se pueden agrupar en cuatro grandes ámbitos:

- Gestión de Tránsito Aéreo
- Gestión coordinada a nivel paneuropeo de la gestión de flujos
- Prestación de servicios a nivel regional a petición de los Estados miembros
- Funciones reguladoras orientadas a la seguridad operacional

3.2.1.4. Aspectos relevantes de la legislación

Una vez realizada la revisión a la legislación asociada al transporte aéreo, se pueden establecer los criterios que guían los esfuerzos en dicho ámbito. Estos esfuerzos surgen de la necesidad de regular la ocupación del espacio aéreo y de establecer requisitos técnicos que aseguren un transporte aéreo eficiente, seguro y respetuoso con el medio ambiente. Los criterios son los siguientes:

L₁: Cielos abiertos a nivel mundial:

A través de la definición de las libertades del aire, que en un principio fueron cinco y que posteriormente se ampliaron a ocho, se establecen las distintas relaciones que se establecen entre los estados para la explotación de su espacio aéreo. Debido al carácter estratégico que tiene el transporte aéreo, para el desarrollo de los estados, la implantación de las libertades ha sido bastante restrictiva. Sin embargo, debido a la globalización inherente a las actividades industriales que tienen un marcado carácter internacional, como es el caso del transporte aéreo, es necesario establecer un marco que fomente la competitividad, algo que no se consigue limitando las libertades. Para ello la legislación es consciente de la necesidad de los denominados cielos abiertos.

L₂: Estandarización y uniformidad operacional:

Sin la necesidad de profundizar en los anexos técnicos establecidos y revisados por el ICAO, únicamente atendiendo al título de los mismos, se observa que tratan sobre todos los aspectos del transporte aéreo. Por ejemplo, hacen referencia al personal, al servicio meteorológico, a las operaciones, a las cartas aeronáuticas, al tipo de mercancías, etc. Gracias a estos anexos, que actúan como una especie de manual de actuación a nivel mundial, se tiene un marco técnico que asegura que el transporte aéreo se lleva a cabo de una manera eficiente. Sin embargo, este marco es interpretado distintamente por cada estado. Por ello la legislación debe trabajar para conseguir aumentar la estandarización y la uniformidad en todas las operaciones relacionadas con el transporte aéreo.

L₃: Seguridad ante acciones ilícitas:

Como se verá de una forma más extensa más adelante en esta tesis, los atentados del 11 de Septiembre de 2001 implicaron una percepción de inseguridad hacia acciones terroristas. Sin duda alguna el transporte aéreo se puso en el centro de todos los focos. Combatir contra esta inseguridad corresponde a los estados y a las organizaciones supranacionales a las que pertenecen. Por ello la legislación debe establecer el marco regulador que conlleve un aumento de la seguridad ante posibles acciones ilícitas.

L₄: Protección al medio ambiente:

Todo medio de transporte actual tiene un impacto negativo en el medio ambiente. Este impacto negativo repercute en todos los agentes como integrantes de una sociedad que debe existir en el medio ambiente. Por lo tanto todos deberán actuar para evitarlo en la medida de lo posible. Sin embargo, es función de la legislación establecer la regulación destinada a proteger al medio ambiente.

3.2.2. Industria en el transporte aéreo

La aeronáutica y a través de ella el transporte aéreo ha sufrido una rápida evolución a lo largo del siglo XX, donde se pueden distinguir dos etapas muy marcadas. La primera etapa, que se puede denominar como pionera, transcurre durante la primera mitad del siglo y se caracteriza por los avances tecnológicos producidos desde el primer vuelo hasta el motor a reacción. La segunda etapa, caracterizada por el desarrollo comercial del modo de transporte, que comprende la segunda mitad del siglo XX, combina avances tecnológicos con modificaciones geopolíticas, relacionadas con la globalización, que han permitido un rápido crecimiento del transporte aéreo, **Figura 3.7**. Se abre una nueva etapa que se une al principio de crecimiento sostenible y, como las dos anteriores, basará gran parte de su éxito en las soluciones que provengan desde la industria.

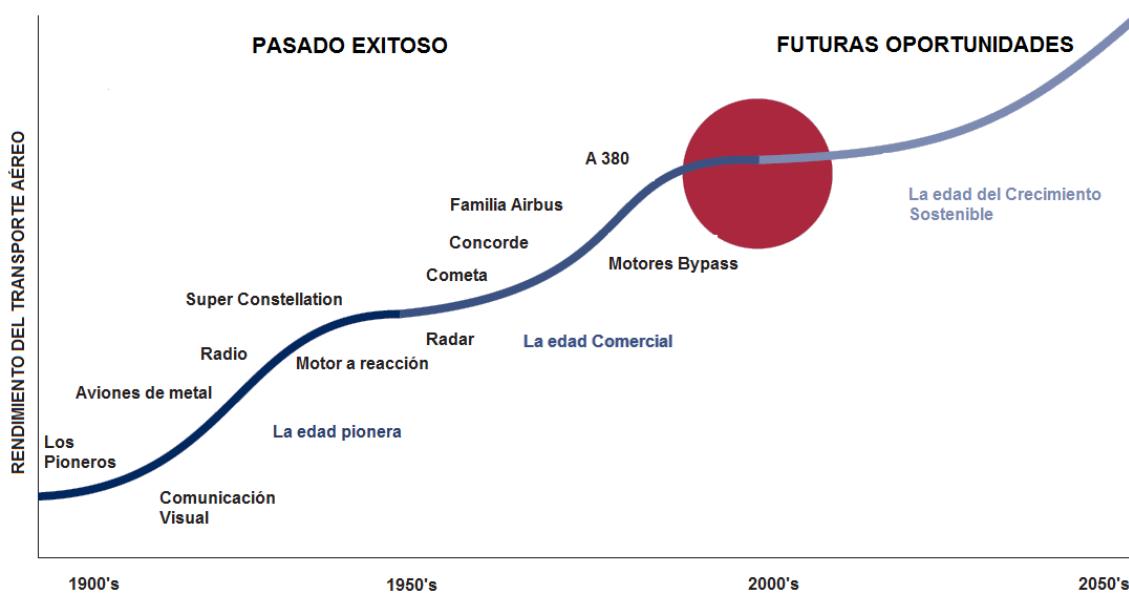


Figura 3.7: Evolución del rendimiento del Transporte Aéreo (Elaboración propia)

Con el término industria, en el transporte aéreo, no se quiere referir a la propia actividad de transporte sino al conjunto de empresas que suministran el material móvil y aeronaves, instalaciones e infraestructuras, y sistemas y equipos necesarios para que pueda realizarse dicho transporte.

Por lo tanto, incluye a:

- la industria aeronáutica, encargada de la construcción de aeronaves y su posterior mantenimiento.
- la industria de la construcción, responsable de la creación de aeropuertos e instalaciones.
- la industria auxiliar, dedicada a la provisión de partes, software operacional, simuladores, sistemas de navegación.

A continuación se realizará una breve exposición de las peculiaridades de estas tres clases de industria y se definen los criterios que guían la evolución de la industria aeronáutica.

3.2.2.1. Industria aeronáutica

Es la destinada a la fabricación y mantenimiento de aeronaves, vehículo imprescindible para el transporte aéreo, y tiene como principales clientes a las compañías aéreas. Debido a la importancia de las inversiones y la amplitud de los ciclos temporales, necesarios para desarrollar un nuevo producto, se ha precipitado el reagrupamiento de los agentes, pertenecientes a esta industria, por medio de compras y fusiones. En la actualidad, existe un duopolio que refleja los dos grandes bloques históricos en cuanto al comercio del transporte aéreo. Por un lado, la compañía americana Boeing y, por el otro lado, la compañía europea Airbus. No obstante, su hegemonía mundial puede verse amenazada por la competencia de compañías emergentes como Bombardier (Canadá) y, sobre todo, Comac (China), Embraer (Brasil) e Irkout (Rusia).

La caída en el tráfico aéreo, como consecuencia de la crisis económica, ha tenido poco efecto sobre el nivel de actividad de la industria aeronáutica gracias a la solidez de su cartera de pedidos. Esto es debido a que los ciclos de producción son muy largos. Sin embargo, este hecho que está permitiendo capear la crisis, por lo menos en cuanto a resultados económicos, puede convertirse en un lastre para el desarrollo y la competitividad de las compañías aeronáuticas. Si se compara, la rapidez con el que se mueve la demanda de transporte aéreo con los largos plazos necesarios para la construcción de nuevos vehículos, se observa que es necesario agilizar los procesos productivos de la industria aeronáutica. Actualmente, ya se está observando esta realidad que conlleva que las compañías aeronáuticas incurran en sobrecostes, provocados por los retrasos en desarrollo y producción, en ciertos programas destinados a satisfacer la nueva demanda de aeronaves por parte de las compañías aéreas.

Por lo tanto, en este panorama más competitivo y con las exigencias de las compañías aéreas de reducir los ciclos de llegada del producto al mercado, la innovación en la industria aeronáutica será decisiva. Por un lado, se tendrá que reconsiderar la organización de las compañías, con un proceso de externalización de ciertas partes de la fabricación, y, por otro lado, se deberán incluir nuevas tecnologías que cumplan los requisitos impuestos por la sociedad a las compañías aéreas en cuanto a las emisiones de CO₂ y consumo de combustible.

Por último, en relación con el transporte aéreo de mercancías, la industria aeronáutica ha facilitado el desarrollo de esta modalidad al suministrar vehículos destinados a la carga pura. Para ello ha desarrollado aeronaves diseñadas desde el primer momento para el transporte de mercancías y ha adaptado viejas aeronaves de pasajeros a la modalidad de carga. Asimismo, el transporte aéreo de mercancías espera poder ocupar las franjas horarias nocturnas para mover carga. Una de las principales restricciones que se encuentran es la relacionada con los ruidos provocados por las aeronaves. Por lo tanto, la industria aeronáutica tiene la misión de hacer las aeronaves más silenciosas para reducir las perturbaciones sonoras.

3.2.2.2. Industria de la construcción

Los aeropuertos son infraestructuras del transporte, y como todas ellas, implican una importante inversión económica y un estudio pormenorizado de los efectos en su área de influencia.

En los casos más habituales, la financiación tiene como origen las arcas de las instituciones estatales y nacionales y la construcción queda en mano de las empresas constructoras de mayor tamaño. Por ejemplo, empresas como Ferrovial, Actividades de Construcciones y Servicios, Indra o Fomento de Construcciones y Contratas, han estado involucradas en el desarrollo de los principales aeropuertos españoles como el de Barajas o el Prat. Asimismo, grandes firmas de arquitectos ha sido las encargadas de diseñar las terminales tanto de carga como de pasajeros.

Por otro lado, el estudio pormenorizado de los efectos del aeropuerto en su área de influencia se hace de manera conjunta y tienen como resultado el plan director del aeropuerto. Este plan director, también llamado plan maestro, es un documento consistente en el estudio de planificación general del aeropuerto y su desarrollo. El planeamiento de un aeropuerto no sólo debe tener en cuenta lo que queda dentro de su recinto, pues su influencia sobre el entorno es tal que debe planificarse con éste simultáneamente, con el fin de armonizar sus usos, y prever y coordinar sus necesidades de crecimiento en un amplio futuro.

Por tanto, este plan no consta únicamente de la forma física del desarrollo último, sino también de una descripción de sus etapas así como de las implicaciones financieras y de las estrategias fiscales que conlleva. En él se precisan los parámetros fundamentales y el trazado integral que permiten aprovechar al máximo las posibilidades del emplazamiento elegido, examinando todos los factores que afectan al transporte aéreo y que fomentarán u obstaculizarán el desarrollo y utilización del aeropuerto durante su vida útil.

En definitiva, la industria constructora es la encargada de definir las capacidades necesarias en cuanto a aeronaves, pasajeros, mercancías y vehículos en tierra, y materializarlas en la construcción de un aeropuerto y otras infraestructuras necesarias para el sector del transporte aéreo.

Por último, es importante reseñar que la economía de escala, que como ya se ha adelantado en otros apartado ha ayudado al desarrollo del transporte aéreo, permite a las empresas constructoras pujar por otros servicios relacionados con el transporte aéreo ajenos a su negocio original. Esta capacidad, basada en su tamaño, junto a la necesidad de diversificar su negocio conlleva a que la industria de la construcción se haya introducido en otras áreas, como la gestión de aeropuertos, del transporte aéreo.

3.2.2.3. Industria auxiliar

Es la encargada de dotar de sistemas, equipos, instalaciones y material móvil a las otras dos industrias para permitir los procesos de fabricación de aeronaves y de construcción de aeropuertos, y para equipar, tanto a aeronaves y a aeropuertos como a todos los agentes de la logística del transporte aéreo de mercancías, de los instrumentos necesarios para llevar a cabo los flujos de pasajeros y mercancías.

Por lo tanto, esta industria comprende a una gran cantidad de sectores relacionados con las nuevas tecnologías de la información, los materiales compuestos, el utilaje, sistemas de seguridad, sistemas de medida, el transporte horizontal y vertical, etc.

En comparación con las otras dos industrias no necesita organizarse bajo una economía de escala para ser competitivas, en cierto modo debido al amplio margen de beneficios en el que se mueven. En definitiva, su dependencia y su influencia con el transporte aéreo es bastante menor.

3.2.2.4. Aspectos relevantes de la industria

Una vez realizada la revisión de la industria asociada al transporte aéreo, se está en la disposición de poder establecer los criterios que guían los esfuerzos que se realizan desde dicho ámbito. En el caso de la industria es conveniente centrarse en la aeronáutica debido al importante aporte que hacen las aeronaves al consumo de combustible y la producción de ruidos. Los criterios son los siguientes:

I₁: Coste de fabricación:

Cómo se verá más adelante el coste de operación en el que incurren las compañías aéreas tiene una componente directamente relacionada con el coste de alquiler o el coste de amortización de las aeronaves. Como es lógico, estos costes dependen del coste que le supone a la industria aeronáutica la fabricación de una aeronave. Debido a que la situación actual, en el que dos grandes empresas aeronáuticas se reparten la demanda de aeronaves, parece que no va a existir eternamente es necesario que esta industria tome medidas para la reducción del coste de combustible.

I₂: Plazos de entrega:

Otros de los problemas con los que se encuentra la industria aeronáutica, es el largo proceso que va desde que empieza el diseño de una nueva aeronave hasta que ésta es entregada al usuario. De nuevo, en un entorno donde aumenta la competitividad, la industria aeronáutica tiene que disminuir los plazos de entrega para poder hacer frente a la demanda de una manera más ágil.

I₃: Ciclo de vida de las aeronaves:

Las compañías aéreas basan su modelo de negocio en la organización de flujos y la comercialización de rutas y capacidades, por lo tanto no es de esperar que tengan el conocimiento necesario para hacerse cargo de las actividades de mantenimiento y

reciclaje que requieren las aeronaves que utiliza. Por ello la industria aeronáutica debe hacerse cargo de vigilar el ciclo de vida de las aeronaves.

I₄: Restricciones ambientales:

Ya se ha adelantado que la legislación impondrá una serie de controles con el objetivo de proteger el medio ambiente. Dentro del impacto ambiental, que se achaca al transporte aéreo, una importante parte está relacionada con las aeronaves. Por ello la industria debe estar en una revisión continua de sus diseños, procesos y tecnologías que permita el cumplimiento de las restricciones ambientales.

3.2.3. La gestión en el transporte aéreo

Anteriormente se ha introducido que para que el transporte aéreo sea posible es imprescindible un vehículo, que transporte a los pasajeros y a las mercancías, y un aeropuerto que preste los servicios necesarios para el cambio modal de carretera a aéreo. Para ambos elementos es necesaria una fuerte inversión económica cuya tasa de retorno es distinta para cada uno de ellos. Mientras que la industria aeronáutica, que tiene un carácter global, compensa su coste de fabricación por el beneficio que le reportan las ventas a las aerolíneas y trabaja bajo pedido, la industria de la construcción no puede imputar directamente sus costes a un usuario final del producto ni a las posibles previsiones de utilización del aeropuerto.

En principio, esto se debe a que los aeropuertos, a pesar de ser puertas de entrada y salida internacionales, tienen una fuerte implicación local ya que es el área más cercana la que percibe un mayor valor añadido. Asimismo, la existencia de un aeropuerto es imprescindible para que exista flujo aéreo, pero no asegura que vaya a ser utilizado por las aerolíneas dentro de sus rutas. Estas dos razones implican que no existan organizaciones privadas interesadas, a priori, a llevar a cabo, bajo su propio riesgo, la construcción de un aeropuerto. Por lo tanto, la financiación necesaria para la construcción de los aeropuertos tiene que provenir de instituciones locales y estatales. Algo que no es de extrañar ya que pasa lo mismo con el resto de las infraestructuras del transporte.

El problema surge cuando se decide quién y cómo debe gestionarlos. La gestión se debe de encargar de asegurar los servicios aeroportuarios, los servicios de navegación aérea y los servicios comerciales dentro de unos estándares de calidad y seguridad. En la actualidad varias son las tendencias a la hora de dar respuesta al quién y al cómo gestionar los aeropuertos. A continuación se realiza una presentación de en qué consiste un aeropuerto y los servicios que debe prestar para, posteriormente, introducir los modelos de gestión existentes hoy en día. Por último, se definen los criterios que guían la gestión en la actualidad.

3.2.3.1. Aeropuertos

Según el artículo 39 de la ley de navegación aérea, las superficies dispuestas para la llegada y partida de aeronaves se clasifican en aeródromos y aeropuertos.

Se entiende por aeródromo la superficie de límites definidos, con inclusión, en su caso, de edificios e instalaciones, apta normalmente para la salida y llegada de aeronaves. El aeródromo será eventual cuando su establecimiento obedezca a necesidades transitorias o sea designado para una utilización particular en circunstancias especiales. Los aeródromos, por la naturaleza de sus servicios, pueden ser militares o civiles, y estos últimos, así como los aeropuertos, públicos o privados.

Se considera aeropuerto todo aeródromo en el que existan, de modo permanente, instalaciones y servicios con carácter público, para asistir de modo regular al tráfico aéreo, permitir el aparcamiento y reparaciones del material aéreo y recibir o despachar pasajeros o carga.

En un aeropuerto, desde el punto de vista del tipo de operaciones llevadas a cabo, se pueden distinguir dos partes denominadas lado aire y lado tierra. La diferenciación entre ambas partes viene fundamentalmente derivada de las distintas funciones que se realizan en cada lado. Se puede entender que cada lado tiene un tipo de "cliente" diferente al que se presta atención según sus necesidades. Mientras que en el lado aire el cliente son las aeronaves y todo se mueve alrededor de lo que éstas necesitan, en el lado tierra los clientes son los usuarios del transporte aéreo, pasajeros y mercancías, y todas las actividades se dirigen a satisfacer sus necesidades. En general, y según la definición de principios de la OACI, la operación, tanto en el lado aire como en el lado tierra, debe ser segura, rápida, eficiente y eficaz. Además en el lado tierra, al ir destinada a los usuarios, deberá ser confortable y adaptada a sus necesidades. A continuación, con el objetivo de entender mejor qué es lo que se tiene que gestionar en los aeropuertos, se describe, de una manera escueta, ambas partes de los aeropuertos y se exponen los principales servicios que deben prestar los aeropuertos.

A.- Lado aire de los aeropuertos

Desde un punto de vista físico el lado aire se corresponde principalmente con el área de movimientos, que es la parte del aeropuerto que se utiliza para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves. El área de movimiento está integrada por:

- el área de maniobras, que como principal elemento tiene la pista de aterrizaje, está preparada para el aterrizaje y despegue de las aeronaves. Su construcción se basa en dos grandes factores. Los tipos de aeronaves, que van a operar en ella, y los factores meteorológicos existentes en la zona.
- la plataforma, área destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque y desembarque de pasajeros y mercancías y atención a la aeronave en general. Esta área, delimitada por la línea de borde de plataforma, está compuesta por áreas para el rodaje de aeronaves, áreas para el estacionamiento de aeronaves, áreas para la circulación de vehículos, otras áreas para vehículos y sendas peatonales.

Estos dos elementos son los básicos que se encuentren en el lado aire de los aeropuertos, aunque normalmente se completan con otras dependencias como la torre de control, el sistema de extinción de incendios, los hangares de mantenimiento y aviación general, zona de prácticas antiincendios, zona de prueba de motores, plataforma de deshielo, etc.

B.- Lado tierra de los aeropuertos

Los edificios más significativos del lado tierra son las terminales que están destinadas a servir como conexión a los pasajeros y las mercancías entre los modos de transporte terrestre y el modo de transporte aéreo. Es el lugar donde se realiza la gestión de pasajeros, mercancías y equipajes. Por lo tanto, dependiendo de los flujos de pasajeros y mercancías pueden existir diferentes configuraciones de las terminales.

Dentro de una terminal dirigida a los pasajeros existen salas de espera, restauración, salas VIP, zona comercial, guarderías, alquile de vehículos, etc. En definitiva, están organizadas para aumentar el confort de los usuarios.

Mientras que en un terminal de carga lo que se prima es mejorar las operaciones de carga. Por ello existen instalaciones que permiten la conservación de las mercancías de manera adecuada, como las de refrigeración y congelación, también existen instalaciones para el almacenamiento temporal y puntos de inspección fronterizas. Asimismo, cuentan con sistemas que facilitan la consolidación y desconsolidación de la carga.

Otras dependencias presentes en el lado tierra son:

- Bloque técnico, reservado para las oficinas del personal del aeropuerto
- Aparcamientos públicos
- Aparcamientos coches de alquile
- Paradas y estaciones para el transporte público
- Depuradora
- Central eléctrica
- Urbanización y accesos

3.2.3.2. Servicios ofertados por un aeropuerto

A.- Servicios aeroportuarios

Son el conjunto de actividades y procesos que son necesarios llevar a cabo para que la explotación del aeropuerto se realice de forma segura, rápida y eficiente. Las principales operaciones aeroportuarias son:

- La programación de vuelos
- La asignación de medios
- El tratamiento de emergencias aeronáuticas
- La gestión y organización de plataforma

La programación de vuelos

Es el proceso de ajuste entre la demanda de operaciones y la capacidad del aeropuerto. Para ello entran en juego los denominados slots o franjas horarias que son autorizaciones administrativas para la realización de una operación, basada en las reglas de vuelo instrumental (Instrumental Flight Rules, IFR), de llegada o salida dentro de un período determinado en un aeropuerto coordinado.

La asignación de slots, para cada compañía aérea, es un proceso complejo que tiene en cuenta una serie de reconocimientos históricos que suelen favorecer a las compañías bandera de cada estado. No obstante, debido a la desregularización del mercado aéreo, el proceso de programación de vuelos se ve completado por las nuevas solicitudes y la cooperación de la IATA.

Asignación de medios aeroportuarios

Es el proceso que realiza la asignación de las instalaciones que sirven para el tratamiento de los distintos flujos de tráfico que se producen en los aeropuertos (pasajeros, equipajes y carga). Algunos ejemplos de medios aeroportuarios son los puestos de estacionamiento de aeronaves, las salas y cintas de entrega de equipajes, los mostradores de facturación, las salas y puertas de embarque, los puestos de inspección fronteriza, o las plataformas para el embarque o desembarque.

Un proceso adecuado de asignación de medios debe tener en cuenta tres aspectos. El primero de estos aspectos son las restricciones de uso que pueden ser de carácter físico como el tamaño de la aeronave, el tipo de maniobra o la configuración de la plataforma, y, de carácter operativo como el emplazamiento dentro del aeropuerto, la necesidad de medidas de seguridad o la incompatibilidad con otros medios aeroportuarios. El segundo de los aspectos es la capacidad con la que cuenta el aeropuerto que, a su vez, se suele medir por la capacidad mínima entre las capacidades del control de tránsito aéreo, de las terminales y de la plataforma. El último aspecto a tener en cuenta es la relación entre los agentes que intervienen en la asignación de medios entre los que hay que distinguir al dueño de los medios, que es el propio aeropuerto, al usuario de los medios, que es la compañía aérea, y al intermediario que pone los medios al alcance de los usuarios, que son los operadores de tierra.

Gestión y organización de plataforma

Tiene como objetivo el de establecer un entorno de trabajo seguro para los pasajeros, el personal de servicio a las aeronaves, las aeronaves, las mercancías y los equipos. La gestión y organización de plataforma se lleva a cabo a partir de un sistema de seguridad basado en las recomendaciones de la OACI.

Como operación particular, dentro de la gestión de la plataforma, se encuentra el servicio que presta la oficina meteorológica del aeropuerto que se encarga de realizar los pronósticos y avisos necesarios para la correcta actividad del aeropuerto. De esta forma el aeropuerto puede estar preparado, activando procedimientos especiales, para hacer frente a los fenómenos meteorológicos como son la nieve, la niebla o la formación de hielo.

Tratamiento de emergencias aeronáuticas

También es función del aeropuerto y, por lo tanto, debe de estar incluido dentro de los planes de gestión del mismo el tratamiento de las emergencias aeronáuticas. Estás emergencias aeronáuticas comprenden desde un accidente de aviación en el aeropuerto o en sus alrededores, hasta el estado de alarma por la previsión de que un aeronave pueda sufrir un accidente o tenga alguna dificultad.

Para lidiar con las emergencias aeronáuticas el aeropuerto debe haber elaborado un plan de emergencia cuyo objetivo es el de reducir a un mínimo los efectos de una emergencia, especialmente en lo que respecta a salvar vidas y mantener las operaciones de las aeronaves.

B.- Servicios de navegación aérea

Son el conjunto de actividades y procesos que son necesarios para estructurar, planificar y gestionar el uso del espacio aéreo, comprendiendo las reglas y procedimientos de las operaciones, con objeto de garantizar el acceso al mismo en función de los distintos requerimientos de las compañías aéreas. Los principales servicios de navegación aérea son:

- Gestión del tráfico aéreo
- Comunicación, navegación y vigilancia
- Meteorología aeronáutica
- Información aeronáutica

Gestión del tráfico aéreo

La función básica de los servicios de gestión de tráfico aéreo, conocidos por sus siglas en inglés ATM (Air Traffic Management), es permitir a los operadores de aeronaves que, de forma segura, puedan cumplir con sus horas planificadas de despegue y aterrizaje, siguiendo las trayectorias y perfiles de vuelos deseados, de la forma más eficiente posible.

En definitiva, permitir el movimiento seguro, eficaz y eficiente de las aeronaves durante todas las fases del vuelo. Los servicios que comprenden la gestión de tráfico aéreo son:

- Los servicios de tránsito aéreo que están destinados a prevenir colisiones entre aeronaves tanto en vuelo como en el área de maniobras. Asimismo, tienen como objetivo el de acelerar y mantener ordenado el movimiento del tránsito aéreo.
- Los servicios de gestión del espacio aéreo que están encargados de la planificación y estructuración del espacio aéreo y las rutas aéreas y, de la coordinación civil-militar.
- Los servicios de gestión de afluencia que tienen como objetivo el de garantizar una afluencia óptima del tránsito aéreo hacia determinadas áreas o a través de ellas durante períodos en que la demanda excede o se prevé que pueda exceder la capacidad disponible del sistema.

Comunicación, navegación y vigilancia

Los servicios de comunicación se dividen en servicio móvil aeronáutico, que incluye las comunicaciones entre equipos terrestres y embarcados, equipos embarcados entre sí y los dispositivos de localización de emergencia, y, servicio fijo aeronáutico que incluye las comunicaciones entre puntos fijos determinados que se suministra para la seguridad de la navegación aérea.

Los servicios de ayuda a la navegación comprenden las ayudas a la aproximación final y aterrizajes, ayudas a corto alcance, los radiofaros, y las ayudas a larga distancia.

Los sistemas de vigilancia proporcionan informes actualizados de la posición de las aeronaves de tal modo que se asegure, en todo momento, la separación segura.

Meteorología aeronáutica

El objetivo de estos servicios es el de contribuir a la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea proporcionando a las dependencias encargadas del control de tránsito aéreo, aeropuertos y demás interesados la información meteorológica para el desempeño de sus funciones.

Información aeronáutica

El objetivo de este servicio es el de suministrar la información aeronáutica necesaria para que las operaciones aéreas se desarrollen con seguridad, regularidad y eficiencia. Toda esa información se publica y distribuye desde los servicios centrales de navegación aérea de forma global como paquete de documentación integrada de información aeronáutica, compuesto por:

- Información de carácter permanente
- Información de carácter transitorio
- Información de carácter explicativo

C.- Servicios comerciales

Las concesiones comerciales facilitan la prestación de servicios complementarios al proceso de transporte, tales como:

- Servicios comerciales de acceso:
- Alquiler de vehículos.
- Aparcamientos públicos.
- Explotaciones comerciales:
- Tiendas libres de impuestos.
- Tiendas en régimen fiscal normal.
- Servicios comerciales regulados: loterías, estancos y farmacias.
- Restauración:
- Cafeterías.
- Restaurantes.
- Publicidad:
- Publicidad dinámica, estática, eventos y stands.
- Área de servicios al pasajero:
- Hoteles.
- Centros de negocio.
- Servicios a los empleados:
- Gasolineras.
- Supermercados.

3.2.3.3. Modelos de gestión

La tendencia global a la desregularización, con la desaparición de las restricciones a los derechos de tráfico que habían protegido a los mercados, ha producido la globalización del sector del transporte aéreo. Esta globalización, materializada en la alianza entre compañías aéreas, conlleva una competencia creciente entre los aeropuertos con el fin de captar el tráfico aéreo. Por lo tanto se ha hecho patente la necesidad de desarrollar un proceso de cambio que comporte un nuevo modelo de gestión de los aeropuertos. Las diferentes formas de gestión de las instalaciones aeroportuarias se pueden resumir en la clasificación siguiente (Tarrats, 2006):

- 1. Propiedad y gestión pública.** Este tipo se utiliza en el aeropuerto de Schiphol en Amsterdam donde el Reino de los Países Bajos mantiene el 75,8% de la participación mientras que el resto pertenece a las ciudades de Amsterdam con un 21,8% y la ciudad de Rotterdam con un 2,4%. La empresa creada para la gestión opera con mentalidad empresarial y tiene como objetivos primordiales dar valor añadido a sus accionistas y convertirse en la principal empresa aeroportuaria del mundo. La empresa es gestionada por el Consejo de Supervisión (Supervisory Board) designado por sus accionistas, ese Consejo nombra al conjunto de directores, con un consejero delegado, un director de operaciones y un director financiero.
- 2. Propiedad y gestión pública por parte de un ente exclusivamente local.** Se trata de una alternativa que favorece una mejora en la gestión aeroportuaria, al mismo tiempo que se convierte en un instrumento vertebrador directo del desarrollo de la región en la cual se encuentra ubicado el aeropuerto, ya que comporta que la propiedad y la gestión corresponde a los gobiernos locales. Esta opción ha sido utilizada en muchos aeropuertos de los EEUU y de Inglaterra.
- 3. Propiedad pública y gestión privada.** En este caso, no se puede hablar de una única tipología sino que las variedades son múltiples.
 - **Alianzas Empresariales:** Es el caso del aeropuerto de Kansai (Japón) donde el gobierno tiene las 2/3 partes de las acciones mientras que el resto se reparte entre las administraciones regionales, locales, y más de 800 empresas y particulares. La forma de administración se corresponde con la de una empresa privada si bien ésta no dispone de una total autonomía ya que está sometida al control del Ministerio de Transportes.
 - **Desinversión parcial:** Este sistema se corresponde con la retirada paulatina de capital público en la gestión aeroportuaria, que pasa de una posición mayoritaria a una minoritaria. Ha sido utilizada en países pequeños como Suiza o Austria con la finalidad de permitir la participación del capital privado en la construcción de estas infraestructuras.
 - **Contratas de gestión:** En este caso, la gestión de parte o todo el aeropuerto se contrata con un operador especializado para un tiempo determinado y según ciertas condiciones. Es una figura próxima a la concesional y que se utiliza, por ejemplo, en los aeropuertos de Australia. Esta modalidad permite aplicar procedimientos menos drásticos y con unos objetivos muy claros como son la

mejora de los ingresos de no aviación, la eficiencia operativa, la transferencia de conocimientos, etc.

- **Transferencia de operación por construcción (BOT, Build Operate Transfer):** Esta opción se relaciona con la necesidad de grandes inversiones en infraestructuras. Consiste que una entidad privada obtiene la concesión de una instalación pública durante un periodo largo de tiempo, 20 ó 30 años, a cambio de la construcción por parte de dicha empresa privada de dicha instalación. Los ejemplos más representativos son el nuevo aeropuerto de Atenas, la terminal 3 de Toronto, la terminal internacional de Estambul.
 - **Concesión:** La concesión representa el tipo de transacción más común de privatización. Se han establecido diferentes tipos de concesiones: a largo plazo, cuando la concesión rebasa los 50 años (Australia, EEUU, Argentina y México) y a corto plazo, cuando no supera los 25 años (Colombia y Bolivia). En el marco de la concesión, las razones para privatizar son a causa de las necesidades derivadas de financiación de las fuertes inversiones.
- 4. Propiedad y gestión privada bajo un régimen de control.** Es el caso de los aeropuertos británicos gestionados por la BAA (British Airports) cuando se decidió a sacar a Bolsa una empresa con capital totalmente público y, en la actualidad, la participación privada es del 100%. La característica primordial de este sistema es que la empresa gestora se encuentra sometida a un control administrativo, en el sentido que, por ejemplo, no puede fijar el establecimiento de tarifas, sino que está sometida al control y escrutinio por parte de la autoridad aeronáutica británica y de la Comisión Antimonopolio.
- 5. Modelo español.** La gestión aeroportuaria en España se basa en un modelo de gestión integrada, en el que una entidad pública empresarial, Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA), gestiona el conjunto de los aeropuertos españoles. De este modelo se resaltan las eficiencias que pueden derivarse de esa gestión conjunta, aunque a menudo se pasan por alto los costes de oportunidad por la pérdida de la flexibilidad necesaria para adaptarse al mercado. Este modo de gestión ha provocado que sean sólo unos pocos los aeropuertos que generan el flujo de caja necesario para financiar al resto de ellos, cuya operación es deficitaria.

Ha quedado patente que son diversas las formas de gestión de los aeropuertos que tienen en común la búsqueda del equilibrio entre la participación pública, a nivel nacional, local o comarcal, y privada. Asimismo, todas ellas se organizan con el objetivo de conseguir una mayor eficiencia en cuanto a la utilización de las infraestructuras aeroportuarias.

3.2.3.4. Aspectos relevantes de la gestión

Las actividades del transporte aéreo se focalizan en los aeropuertos. Se sabe que estas infraestructuras tienen un elevado potencial a la hora de generar riqueza para su área de influencia. Por ello el interés por intervenir en su gestión ha aumentado en los diversos organismos provinciales. Asimismo, los aeropuertos pueden generar interesantes ingresos de una manera directa, lo que conlleva que las organizaciones privadas también estén interesadas en participar en su gestión. Por lo tanto, el hecho de poder coexistir dos organizaciones con intereses distintos implica que la gestión siga criterios basados en el rendimiento económico y en el impacto en el área de influencia. Los criterios son los siguientes.

G₁: Tasas:

En un entorno competitivo, al que parece que están abocados los aeropuertos a nivel mundial, el coste de las tasas puede ser un punto importante para las aerolíneas a la hora de la elección, o no, de un aeropuerto. Por ello la gestión, dentro de las posibilidades que tiene a su alcance, debe intentar reducir su cuantía en lo máximo posible.

G₂: Nivel de servicio:

Este criterio completa, desde una perspectiva técnica, al criterio anterior. La calidad en el servicio, con el que un aeropuerto responde a las necesidades de los usuarios de carga aérea y a las compañías aéreas, será determinante a la hora de ser elegido para el transporte. Por lo tanto la gestión tendrá que tener especial cuidado a la hora de prestar o de elegir la concesión que preste los servicios en los aeropuertos.

G₃: Área de influencia social:

La gestión, y especialmente si intervienen organizaciones públicas, no debe limitarse a la explotación del aeropuerto como infraestructura independiente, sino que tiene que tener en cuenta lo que implica la existencia de un aeropuerto para la economía del territorio circundante.

G₄: Área de influencia ambiental:

Este criterio está en consonancia con el anterior ya que la actividad aeroportuaria puede tener un impacto negativo para los habitantes alrededor de los aeropuertos. Por ello la gestión tiene que tener en cuenta las posibles perturbaciones, que debidas a la actividad del transporte aéreo, puedan sufrir los ciudadanos dentro del área de influencia del aeropuerto.

3.2.4. Cadena logística en el transporte aéreo de mercancías

Hasta ahora, en los subapartados anteriores, se ha establecido el entorno en el que se mueve el transporte aéreo de mercancías. Este entorno comprende la estructura normativa, en la que se han basado los acuerdos entre estados, que ha regulado el transporte aéreo hasta el momento. También, se ha visto cómo se ha desarrollado comercialmente el sector donde chocan los interés proteccionistas de algunos estados con la voluntad de aprovechar, por parte de los estados más fuertes, su red de transporte aéreo y que se significa en dos características principales. Por un lado, una tendencia hacia una economía de escala a través del establecimiento de alianzas a nivel internacional y, por otro lado, los pasos desreguladores y liberalizadores que empujan hacia un horizonte de cielos abiertos. Asimismo, se ha profundizado en la industria encargada de dotar al transporte aéreo de los vehículos y las infraestructuras necesarias para dicho modo de transporte. Y, por último, se han expuesto los distintos modelos de gestión que están actualmente en vigor en los aeropuertos. En definitiva, se ha dado una visión de los aspectos del transporte aéreo que afectan tanto a la modalidad de pasajeros como a la de mercancías.

El presente subapartado tiene como objetivo el de profundizar en las características propias de la modalidad de mercancías. Para ello se va a analizar la cadena logística, **Figura 3.8**, encargada de articular los flujos, físico y documental, de las mercancías por vía aérea. En particular, se presentarán las principales características de los agentes que componen la cadena logística. En este sentido se tienen en cuenta a los usuarios (cargadores y consignatarios), a los transportistas del modo aire (compañías aéreas) y los intermediarios que unen a los primeros con los segundos. Por último, dentro de estos intermediarios, se expone un modelo de negocio, representado por los integradores, basado en el transporte puerta a puerta que ha conseguido, gracias al transporte aéreo de mercancías, una importante evolución en los últimos años.

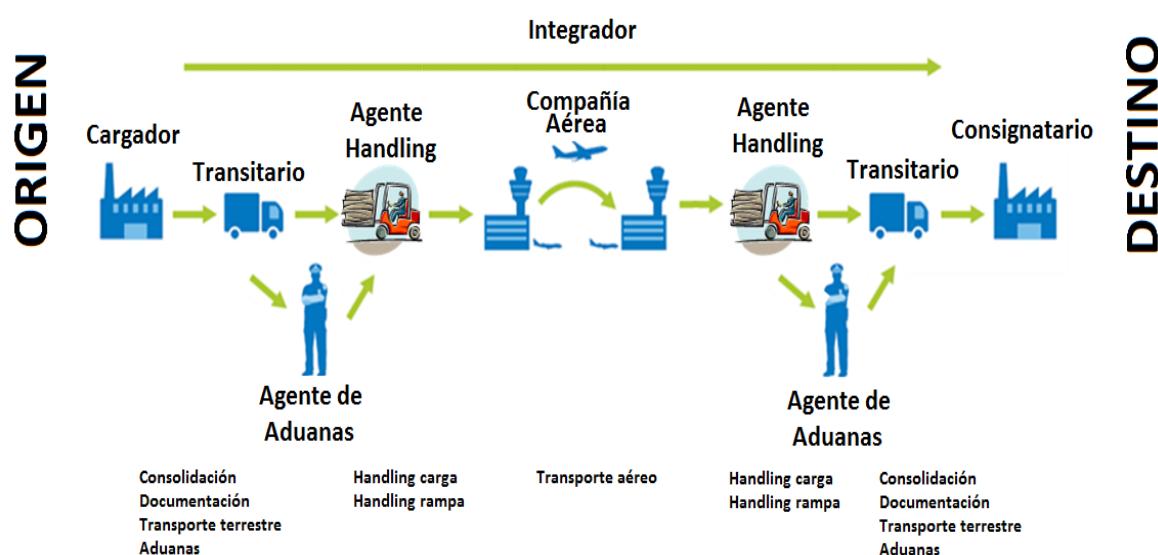


Figura 3.8: Cadena logística del transporte aéreo de mercancías.

3.2.4.1. Usuarios del transporte aéreo de mercancías

Cuando se habla del transporte aéreo de pasajeros inmediatamente se identifica al pasajero como el usuario del servicio. En dicha modalidad la demanda de transporte aéreo es claro reflejo a las necesidades de movilidad expresadas por los pasajeros.

Sin embargo, en el transporte aéreo de mercancías no se puede asociar a las mercancías directamente como los usuarios. Esto se debe a que las mercancías no tienen ningún tipo de necesidad que satisfacer, sino que son los dueños de las mismas los que generan la demanda de transporte aéreo con el objetivo de cubrir las necesidades de movilidad de su actividad. Por lo tanto, el usuario del transporte aéreo de mercancías va a ser entendido como todo aquel que requiera transportar una mercancía por vía aérea. A efectos de nomenclatura se dice que el cargador representa al usuario en el origen y el consignatario en el destino.

La importancia del usuario dentro del transporte aéreo de mercancías reside en que es él el que define la demanda. En este sentido, necesita enviar hacia un destino, o recibir desde un origen, una determinada cantidad de un producto dentro de unos límites temporales. Por lo tanto, a la hora de profundizar en los usuarios del transporte aéreo de mercancías, es interesante evaluar las características de la demanda que generan. Para ello se van a exponer las principales características de:

- Los productos transportados por vía aérea
- Los orígenes y destinos en el transporte aéreo de mercancías
- Los envíos transportados por vía aérea

Antes de seguir con la exposición de dichas características, decir que se obtuvieron a partir del estudio realizado a los flujos históricos de transporte aéreo de mercancías de España a partir de 1993. Este estudio fue llevado a cabo, entre otras entidades, por la Universidad de Zaragoza, en particular por el Grupo de Investigación en Transporte y en Logística (GITEL, 2008).

A.- Características de los productos transportados por vía aérea

Se han definido seis características que se encuentran en mayor o menor proporción en los productos que se transportan por vía aérea. Las tres primeras características están asociadas a la rapidez del medio aéreo, las dos siguientes a la seguridad inherente de los aeropuertos, las aeronaves y al nivel técnico presente debido a la especialización de los operadores de tierra. La última, hace referencia al elevado coste económico asociado al transporte aéreo.

- **Perecedero:** Se entiende como el producto que pierde propiedades físicas u organolépticas rápidamente con el tiempo, Ej. Pescado, flores.
- **Alta rotación:** Es aquel producto con una pequeña ventana temporal de interés para el comprador, fuera de esa ventana su valor decrece exponencialmente, Ej. Moda, prensa, recuerdos de eventos.

- **Urgente:** Es el producto que pierde completamente su valor si ni se encuentra en destino dentro de la ventana temporal designada. Asimismo, su ventana temporal es pequeña y muy cercana a la aparición del producto, Ej. Documentos, órganos.
- **Seguridad:** Producto que requiere especial cuidado debido a que es altamente atractivo al robo, Ej. Joyería, moneda.
- **Manejo adaptado:** Es aquel producto que requiere un manejo específico dirigido a controlar en todo momento que no sufre ningún tipo de daño físico, Ej. Obras de arte, animales vivos.
- **Alta densidad de valor:** Productos en los que la fracción de valor por volumen de flete es muy elevada, Ej. Metales preciosos, tecnología.

Para justificar la elección de estas características se han utilizado los datos de carga aérea internacional del estado español. Para cada tipo de producto se le ha otorgado una, varias o ninguna de las características anteriormente descritas. La **Figura 3.9** representa el tanto por ciento de cada una de las características anteriores en la carga aérea internacional española. La interpretación es inmediata. Por ejemplo, en el caso de la exportación, el 22% de la carga tiene características de perecedera, el 42 % de alta rotación, el 15% urgente, el 5% de seguridad al robo, el 6% de manejo adaptado y el 37% de alta densidad de valor. Como se observa la suma es mayor que el 100% lo que implica que algún producto tiene más de una de estas propiedades.

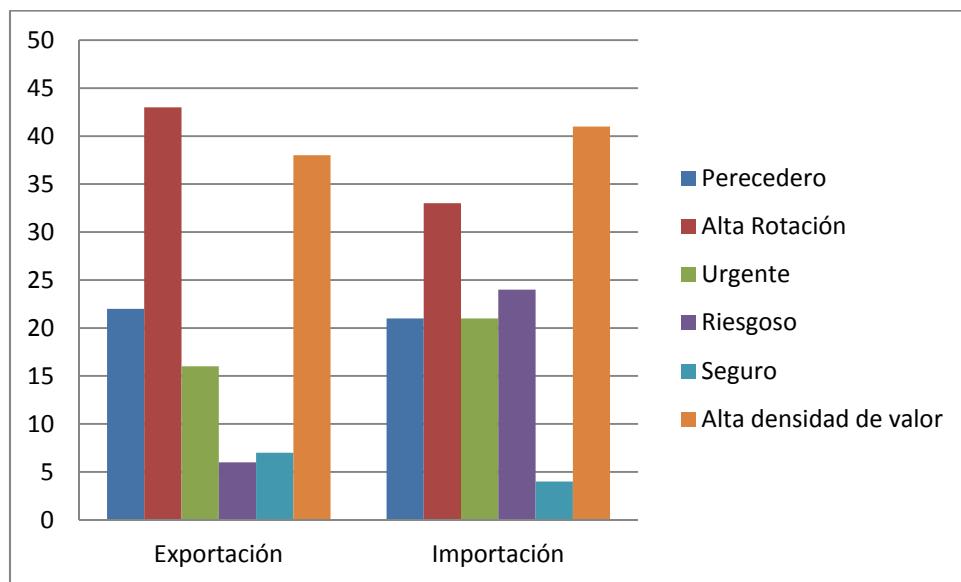


Figura 3.9: Carga aérea de exportación por secciones de arancel, datos anuales en toneladas

B.- Características de los orígenes y destinos en el transporte aéreo de mercancías

A diferencia de la caracterización de los productos, donde se pueden definir seis propiedades de los productos tan marcadas, para el caso de los orígenes y destinos no es posible definir un pequeño número de propiedades que engloben todos los casos. Sin embargo si se pueden definir cuatro características, bastante generales, que

influyen en las posibilidades de elección de determinado origen y determinado destino.

- **Internacionalidad:** La principal característica del transporte aéreo es que recorre largas distancias en poco tiempo. Por ello los destinos internacionales adquieren un importante atractivo para este modo de transporte. En el caso español esta realidad se manifiesta claramente al significar, la componente internacional de mercancía transportada por vía aérea, más del 85 % del total de la carga aérea.
- **Conectividad:** Cuanto mayor es el número de rutas, sean de carga o de pasajeros, existentes entre un origen y un destino mayor es el flujo de mercancías entre ambos puntos. Esta propiedad responde al uso combinado de las aeronaves, que se explicara más adelante, que llevan a cabo muchas compañías aéreas.
- **Biyectividad:** Esta propiedad viene a complementar a la anterior. Existe otra tipología de orígenes y destinos en los que no existe un alto grado de conectividad, sin embargo, si se ha detectado que los flujos de exportación e importación, por vía aérea, están bastante equilibrados entre ambos. Esta propiedad está íntimamente relacionada con el alto coste que implica el transporte aéreo, por ello es imprescindible que la aeronave pueda volverse a cargar en el destino de su primer cargamento. En caso contrario, un único cargamento tendría que soportar tanto el coste de ida como el de vuelta.
- **Relaciones históricas:** Esta característica hace referencia a las puertas de entrada a Europa de mercancías por vía aérea procedentes del resto de continentes. Existe una tendencia que sugiere que la entrada para Sur América sea España, la de África sea Francia y la de Estados Unidos se reparta entre Francia y Alemania. Esta última se debe más al desinterés que muestra el Reino Unido hacia el transporte aéreo de mercancías que no a una serie de relaciones históricas. Esta característica solo explica una ligera tendencia pero parece interesante señalarla. En cuanto a la entrada del continente asiático se observa que no existe una preponderancia por ningún país europeo.

C.- Características de los envíos transportados por vía aérea

Conocido el comportamiento de la carga aérea en cuanto a los productos transportados y los orígenes y destinos, existen otras dos características que están relacionadas con ciertos aspectos de los envíos. La primera se refiere a la periodicidad de los envíos y la segunda al tamaño de los mismos. Estas características no son únicas del transporte aéreo, ya que son tenidas en cuenta en todos los modos de transporte, sin embargo sí que son bastante importantes a la hora de posicionar al usuario a la hora de la elección de la compañía aérea.

Periodicidad de los envíos: Dentro de la periodicidad de los envíos hay que distinguir entre los cuatro siguientes:

- **Puntuales:** Aquellos envíos que se producen una única vez por lo que su programación es imposible.

- **Estacionales:** Aquellos envíos que se produce en una época determinada del año pero no en el resto.
- **Dispersos:** Aquellos envíos que se producen a lo largo del año pero que no se sabe cuál es su frecuencia exacta.
- **Regulares:** Aquellos envíos que se producen a lo largo del año siguiendo una frecuencia determinada.

Tamaño de los envíos: Para hablar del tamaño de los envíos hay que conocer la capacidad de las aeronaves que pueden servir como transporte, de esta forma se puede definir una tasa de ocupación de la nave. Cuanto mayor sea la tasa de ocupación de la nave mayor será la posición del usuario para definir las condiciones del transporte. Sin embargo, una tasa de ocupación elevada implica que el producto tenga una alta densidad de valor para soportar los costes del transporte.

En definitiva el usuario del transporte aéreo de mercancías es el encargado de establecer la demanda y, además, define requisitos como los siguientes:

- Capacidad, tanto en instalaciones e infraestructuras como en vehículos, necesaria para dar servicio a su envío.
- Temperatura y humedad en todo el proceso de transporte.
- Tiempo máximo para la operación de transporte
- Coste de transporte que está disponible a asumir
- Necesidades de seguridad y de embalaje
- Origen y destino

3.2.4.2. Transportistas de mercancías por vía aérea

Si se clasifican las compañías aéreas por la modalidad de transporte aéreo de la que se ocupan se pueden obtener tres tipos:

- aerolíneas de pasajeros
- aerolíneas de carga
- aerolíneas mixtas

Por supuesto, las aerolíneas de pasajeros y de carga se dedican, únicamente, a cada una de esas modalidades, mientras que las mixtas se dedican a ambas. Por lo tanto, los transportistas de mercancías por vía aérea son aquellas compañías aéreas que se dedican al transporte de carga y están compuestos por aerolíneas de carga y aerolíneas mixtas.

Dependiendo de la ocupación de las aeronaves, dentro de los transportistas de mercancías, se distingue entre el uso exclusivo y el uso combinado. El uso exclusivo es utilizado por las compañías cargueras que únicamente transportan mercancías en sus aeronaves. Por otro lado, las aerolíneas mixtas pueden utilizar tanto un uso exclusivo como un uso combinado de sus aeronaves. En el uso combinado se transporta, dentro de una misma aeronave, a mercancías y a pasajeros. Estas dos formas de utilizar la capacidad de las aeronaves también crean dos tipos de oferta de servicios de carga.

En este sentido, el uso combinado surgió para obtener beneficios a una oferta de capacidad, en forma de espacio libre en las bodegas de carga, de los aviones de pasajeros. Gracias al proceso de alianzas, que se ha producido entre las compañías aéreas, ha aumentado la red global de rutas a las que tienen acceso los usuarios del transporte aéreo. Esto conlleva un aumento de la internacionalización y de las frecuencias de las rutas. Asimismo, la forma de actuar de las aerolíneas, que concentran las operaciones en un gran aeropuerto para, posteriormente, dispersarse hacia el resto de aeropuertos, ha aumentado la capilaridad del transporte. Esta forma de actuar, denominada en inglés como Hub & Spoke, ha permitido que aumente la capacidad libre en las bodegas de pasajeros para el transporte de mercancías y, la diversidad de los destinos a los que se tiene acceso.

No obstante, el uso mixto de las aeronaves tiene sus limitaciones. En primer lugar, la construcción de rutas y horarios, y la elección de destinos están supeditadas a intereses originados en la modalidad de pasajeros. En segundo lugar, existen restricciones con respecto a la cantidad, las dimensiones y la tipología de las mercancías que se pueden transportar. Por último, las operaciones de carga y descarga suelen llevarse a cabo en aeropuertos congestionados saturados por la modalidad de pasajeros.

Para dar solución a estas limitaciones se comenzó a utilizar aeronaves con un uso exclusivo para la carga. En este caso, la aerolínea enfoca toda su operativa a satisfacer las necesidades que implica el transporte de unos determinados productos por lo que, en principio, es un uso más adecuado para el transporte aéreo de mercancías. Sin embargo, el principal problema con el que se encuentra, este uso de las aeronaves, es el de articular una ruta que pueda soportar el coste asociado al transporte aéreo. En comparación con el uso mixto de las aerolíneas, donde el coste del transporte es soportado principalmente por los pasajeros y, las rutas forman parte de una red que maximiza la ocupación de las aeronaves, las aeronaves cargueras tienen una mayor dificultad de confeccionar rutas viables. Normalmente esto se debe a que es complejo articular una ruta, para una aeronave carguera, en la que la capacidad ofrecida no viaje en vacío. Por lo tanto, conseguir que los flujos sean biyectivos es el principal problema para las aerolíneas que quieren operar utilizando un uso exclusivo de las aeronaves para la carga.

En definitiva, se observan dos comportamientos dentro de las compañías aéreas en relación con el transporte aéreo de mercancías y representan las propiedades de conectividad y biyectividad que se han adelantado anteriormente.

3.2.4.3. Intermediarios del transporte aéreo de mercancías

Los dos agentes que caracterizan los flujos de mercancías por vía aérea son el usuario y la compañía aérea. Ellos son los encargados de fijar las limitaciones, el uno al otro, y de establecer los flujos de mercancías. Sin embargo, para que los flujos se lleven a cabo de manera eficiente, segura y con respeto a la legalidad, son necesarios una serie de intermediarios que complementen la cadena logística del transporte aéreo de mercancías. Estos agentes tienen como objetivos facilitar el acceso de los usuarios al

transporte aéreo de mercancías, supervisar la legalidad del mismo y preparar las mercancías para ser transportadas por vía aérea.

A.- Intermediarios que facilitan el acceso al transporte aéreo de mercancías

En muchas ocasiones el cargador no tiene el tamaño, la preparación o el interés de encargarse de la operativa de transporte de sus productos, para ello delega en los transitarios. Este intermediario pasa a ser el representante de la mercancía en todo lo relacionado con su transporte. En definitiva, es un gestor de los servicios de transporte y, por ello, no es exclusivo del transporte aéreo. Su relación con el transporte aéreo de mercancías se traduce en que es el encargado de gestionar, en nombre del cargador o el consignatario, los servicios prestados por el resto de los agentes.

En otras ocasiones los cargadores prefieren recurrir a los denominados integradores. Estos abarcan todos los segmentos del transporte y actúan bajo un modelo comúnmente conocido como sistema puerta a puerta. El integrador se caracteriza por operar, principalmente, con carga urgente y paquetería por lo que la recepción y manipulación la tienen que ejecutar lo más rápido posible. La preparación de los pedidos la realiza él mismo en sus instalaciones, generalmente tienen un límite de volumen y peso en los bultos. Por lo tanto, el integrador está capacitado para realizar todas las operaciones relacionadas con el transporte sin que esto impida, que de forma coyuntural, pueda subcontratar servicios. Se caracteriza por estar organizado por centros de distribución (hubs) que están repartidos estratégicamente a nivel global. Suelen localizarse en ciudades con aeropuertos no especializados en pasajeros y poco congestionados para tener prioridad frente a los demás operadores. También es necesario un nivel de servicio alto y unas buenas comunicaciones por carretera para agilizar la entrada y salida de mercancía. El modelo de negocio es muy similar entre los distintos integradores y las decisiones se toman a nivel global de empresa, donde se establecen las rutas, horarios, tarifas y servicios, quedando sólo a decisión de cada sede la elección de sus clientes.

B.- Intermediarios que supervisan la legalidad del transporte aéreo de mercancías

Los agentes de aduanas son los encargados de realizar los trámites del despacho aduanero de la mercancía en importación, exportación y tránsito. Los principales factores que les influyen están relacionados con el origen y destino de la mercancía y su tipología. Asimismo, son los encargados de controlar la realización de los exámenes que requiera las mercancías. Esto implica una continua comunicación con el resto de los agentes. Al igual que los transitarios o los integradores este tipo de agentes no son exclusivos del transporte aéreo.

C.- Intermediarios que preparan las mercancías para el transporte aéreo

Estos intermediarios son los operadores de tierra que tienen como misión la de realizar los servicios aeroportuarios de asistencia en tierra. Dicha asistencia en tierra comprende los servicios a las aeronaves, pasajeros y mercancías, necesarios para el intercambio en el modo de transporte en un aeropuerto, desde el modo aéreo al terrestre y viceversa. En el transporte aéreo, esta asistencia, es comúnmente

denominada por su definición en inglés, handling, por ello a los operadores de tierra que llevan a cabo esta funciones se les suele denominar agentes de handling.

Dependiendo de quién sea el cliente que recibe los servicios se diferencian tres bloques distintos de servicios de handling de:

- pasajeros donde el cliente son los pasajeros
- rampa donde el cliente son las aeronaves y
- carga donde el cliente son las mercancías.

A continuación se introduce cuáles son esos servicios, según el Real Decreto 1161/99, prestando especial interés a los referidos al transporte mercancías.

1. La asistencia administrativa en tierra y la supervisión

- Los servicios de representación y enlace con las autoridades locales o cualquier otra persona, los gastos efectuados por cuenta del usuario y el suministro de locales a sus representantes
- El control de las operaciones de carga, los mensajes y las telecomunicaciones
- La manipulación, almacenamiento, mantenimiento y administración de las unidades de carga
- Cualquier otro servicio de supervisión antes, durante, o después del vuelo y cualquier otro servicio administrativo solicitado por el usuario

2. La asistencia a pasajeros

- Toda forma de asistencia a pasajeros a la salida, a la llegada, en tránsito o en correspondencia, en particular el control de billetes y documentos de viaje, la facturación de los equipajes y el transporte de equipajes hasta las instalaciones de clasificación

3. La asistencia de equipajes

- La manipulación de equipajes en la sala de clasificación, su clasificación, su preparación para el embarque, y su carga y descarga de los sistemas destinados a llevarlos de la aeronave a la sala de clasificación y a la inversa, así como el transporte de equipajes desde la sala de clasificación a la sala de distribución

4. La asistencia de carga y correo

- En cuanto a la carga, en exportación, importación o tránsito, la manipulación física, el tratamiento de los documentos correspondientes, las formalidades aduaneras y toda medida cautelar acordada entre las partes o exigidas por las circunstancias.
- En cuanto al correo, tanto de llegada como de salida, la manipulación física, el tratamiento de los documentos correspondientes y toda medida cautelar acordada entre las partes o exigida por las circunstancias

5. La asistencia de operaciones en pista

- El guiado de la aeronave a la llegada y a la salida, siempre que estos servicios no sean realizados por el servicio de circulación aérea
- La asistencia a la aeronave para su estacionamiento y el suministro de los medios adecuados, siempre que estos servicios no sean realizados por el servicio de circulación aérea
- Las comunicaciones entre la aeronave y el agente de asistencia en tierra, siempre que estos servicios no sean realizados por el servicio de circulación aérea
- La carga y descarga de la aeronave, incluidos el suministro y utilización de los medios necesarios, así como el transporte de la tripulación y los pasajeros entre la aeronave y la terminal, y el transporte de los equipajes entre la aeronave y la terminal
- La asistencia para el arranque de la aeronave y el suministro de los medios adecuados
- El desplazamiento de la aeronave, tanto de salida como a la llegada, y el suministro y aplicación de los medios necesarios

6. La asistencia de limpieza y servicio de la aeronave

- La limpieza exterior e interior de la aeronave, servicio de aseos y servicio de agua
- La climatización y calefacción de la cabina, la limpieza de la nieve, el hielo y la escarcha de la aeronave
- El acondicionamiento de la cabina con los equipos de cabina y el almacenamiento de dichos equipos

7. La asistencia de combustible y lubricante

- La organización y ejecución del llenado y vaciado del combustible, incluidos el almacenamiento y el control de la calidad y cantidad de las entregas

8. La asistencia de mantenimiento en línea

- Las operaciones regulares efectuadas antes del vuelo
- Las operaciones particulares exigidas por el usuario
- El suministro y la gestión del material necesario para el mantenimiento y de las piezas de recambio
- La solicitud o reserva de un punto de estacionamiento o de un hangar para realizar las operaciones de mantenimiento

9. La asistencia de operaciones de vuelo y administración de la tripulación

- La preparación del vuelo en aeropuerto de salida o en cualquier otro lugar
- La asistencia en vuelo, incluido, si procede, el cambio de itinerario en vuelo
- Los servicios posteriores al vuelo
- La administración de la tripulación

10. La asistencia de transporte de superficie

- La organización, ejecución del transporte de pasajeros, tripulaciones, equipajes, carga y correo entre las distintas terminales del mismo aeropuerto, excluido todo transporte entre la aeronave y cualquier otro lugar en el recinto del mismo aeropuerto
- Cualquier transporte especial solicitado por el usuario

Una vez conocidos los servicios es interesante saber quién puede prestarlos dentro de un aeropuerto. Para ello hay que recordar que el gestor del aeropuerto es el dueño de los medios aeroportuarios, imprescindibles para prestar los servicios, y que las compañías aéreas son las usuarias de los servicios aeroportuarios. Teniendo en cuenta esto no es de extrañar que existan las siguientes modalidades para prestar los servicios de asistencia en tierra:

- Que sea la entidad gestora del aeropuerto
- Que se produzca autoasistencia y sea la propia compañía aérea la que realice la asistencia a sí misma
- Que se produzca asistencia a terceros y que sea una compañía aérea la que realice la asistencia a otra compañía aérea diferente
- Que exista una concesión y que sean los agentes de handling los encargados de realizar la asistencia a las compañías aéreas

Esta variedad de modalidades de prestar los servicios de asistencia en tierra se debe al proceso de liberación de estos servicios que se ha llevado en la mayoría de los estados en los últimos años. Históricamente eran los gestores de los aeropuertos o las compañías aéreas los encargados de llevar a cabo estos servicios, pero con el objetivo de aumentar la competitividad se decidió liberarlos. Actualmente se diferencian entre los servicios de handlind de rampa y el resto de los servicios. Los primeros, al ser esenciales para el funcionamiento de los aeropuertos, tienen regulados el número de agentes que pueden prestar el servicio. Por ello, dependiendo del tamaño del aeropuerto reflejado en número de pasajeros y en número de toneladas de carga, la concesión permite la existencia de un o varios agentes de handling de rampa. Esta medida asegura un nivel de negocio suficiente para los agentes de handling de rampa que permita un servicio eficiente, de calidad y seguro. Para el resto de servicios de handling la concesión está completamente liberalizada.

3.2.4.4. Aspectos relevantes de la cadena logística

Una vez realizada la revisión de la cadena logística asociada al transporte aéreo de mercancías, se está en la disposición de poder establecer los criterios que guían los esfuerzos que se realizan desde dicho ámbito. En el caso de la cadena logística es conveniente dividir los criterios en dos agentes. Por un lado, están los usuarios que son los generadores de la demanda de transporte aéreo de mercancías. Por otro lado, están las compañías aéreas que son las generadoras de la oferta. Estos son los criterios:

A.-Usuarios (Demanda)

D₁: Coste de transporte:

Una de las principales barreras que impiden a muchos usuarios utilizar el transporte aéreo de mercancías es el evado valor que tiene este servicio. Por lo tanto, los usuarios esperan que en el transporte aéreo se den una serie de condiciones que abaraten las tarifas que tienen que pagar. Por ello el usuario del transporte aéreo espera que las medidas que se lleven a cabo, en el entorno del transporte aéreo, estén dirigidas a aumentar la competitividad que implique una disminución en los costes de transporte.

D₂: Calidad del transporte:

Una vez superada la barrera económica el transporte aéreo de mercancías debe satisfacer otra serie de requerimientos de los usuarios. En este sentido los usuarios esperan que el transporte aéreo responda con calidad a sus expectativas.

D₃: Valor añadido:

Con este criterio se hace referencia a las nuevas oportunidades que el transporte aéreo de mercancías puede conllevar a los usuarios. En este sentido los usuarios tienen que tener en cuenta el valor añadido que implica el carácter internacional y la velocidad del transporte aéreo de mercancías.

D₄: Mercancías especiales:

Se han definido una serie de características que hacen que un producto sea más o menos idóneo para el transporte por vía aérea. Por lo tanto, para los usuarios es interesante que el transporte aéreo de mercancías siga una progresión que permita aumentar el número de mercancías especiales.

B.-Compañías aéreas

O₁: Coste de operación:

Aparte de las tasas, el coste de fabricación y el coste del combustible, que normalmente no dependen de las compañías aéreas, existen diversos costes en los que incurren las compañías aéreas y repercuten en las tarifas que tienen que pagar los usuarios. De nuevo, para poder sobrevivir en un mundo competitivo las aerolíneas deben estudiar cómo pueden reducir la parte del coste de operación que está en sus manos.

O₂: Tiempo de escala:

Se puede entender el tiempo de escala como el que transcurre desde que una aeronave comienza la aproximación a un aeropuerto hasta que termina el despegue del mismo. Todo el tiempo que una aeronave pasa en el aeropuerto son pérdidas económicas y de capacidad para la aerolínea. Por ello es importante acortar en lo máximo posible el tiempo de escala.

O₃: Seguridad del servicio:

El transporte aéreo, a pesar de ser el más seguro en cuanto a tasa de accidentes por número de viajes, está especialmente exigido en temas de seguridad ante accidentes. En este sentido las compañías aéreas deben hacer continuos esfuerzos para conseguir que la seguridad del servicio sea máxima.

O₄: Emisiones y ruido:

La tendencia actual con respecto al medio ambiente es quien contamina paga. Por ello se está produciendo un proceso de interiorización de costes que ha llegado a las compañías aéreas. Por lo tanto es conveniente que las compañías aéreas tengan un estricto control sobre las emisiones y el ruido tanto por el impacto en el medio ambiente como el impacto en su economía.

3.3. INVESTIGACIÓN EN EL TRANSPORTE AÉREO

La investigación en el transporte aéreo está mayoritariamente enfocada a la modalidad de pasajeros. Posiblemente sea debido al desarrollo prematuro del sector y a la importancia que se da a la satisfacción del usuario cuando se está refiriendo a servicios destinados a personas. Asimismo, la modalidad de mercancías ha sido tratada como un beneficio marginal al de pasajeros durante mucho tiempo. Únicamente la aparición de nuevos modelos de negocio, que se centran en la carga aérea, está impulsando la necesidad de aumentar el conocimiento que se tiene sobre ésta actividad.

Hoy en día el mercado de carga aérea está fragmentado. Existen diversos tipos de compañías aéreas cuyos nichos de negocio son diferentes. Las actividades de carga aérea han cambiado y las mercancías transportadas han aumentado tanto en cantidad como en variedad. Para hacer frente a estos cambios los agentes deben adaptarse teniendo en cuenta los retos inherentes y los nuevos requerimientos de los consumidores. Por ejemplo, existen compañías que ofrecen distintos servicios:

- Combinar pasajeros y mercancías permite ofrecer mayores frecuencias y más destinos
- Transportar carga pura permite ofrecer mayores capacidades y llegar a mayor tipo de productos
- Integrar la cadena logística permite ofrecer servicios de puerta a puerta

En definitiva, el modelo de negocio de la carga aérea es distinto al de pasajeros. Esto puede hacer pensar que no nos podemos apoyar en la investigación referida al transporte aéreo debido a que está orientada principalmente a los pasajeros. No obstante, se observa cierta relación entre ambas modalidades en modelos mixtos donde comparten aeronave. Asimismo, tanto pasajeros como mercancías coexisten en los aeropuertos aunque, como ya se ha avanzado, estas infraestructuras pueden estar enfocadas a un modelo u otro. Del mismo modo, el tráfico aéreo está compuesto por aeronaves de pasajeros, de carga y mixtas. Así que la gestión del mismo está influenciada por ambos modos de negocio.

Por lo tanto, la mayoría de los estudios relacionados con el transporte aéreo tratan factores que son influyentes indistintamente en los modos de pasajeros y mercancías. Por ello, analizar los esfuerzos investigadores realizados pondrá en relevancia los factores que influyen a la logística de transporte aéreo de mercancías.

Para orientar la revisión de los estudios realizados se ha decidido revisar el trabajo llevado a cabo bajo la orientación del Séptimo Programa Marco y completarlos con otros estudios realizados por la comunidad científica internacional.

A continuación se realizará una descripción de las investigaciones realizadas en las seis temáticas definidas por el Séptimo Programa Marco: transporte ecológico, eficiencia temporal, eficiencia de costes, satisfacción y seguridad del consumidor, protección de aeronaves y pasajeros, y nuevos caminos para el transporte aéreo del futuro.

3.3.1. Transporte ecológico

Conseguir un transporte aéreo ecológico requiere una planificación estratégica previa para ser eficaz a la hora de reducir las emisiones perjudiciales para el medio ambiente y el ser humano y la restricción del ruido. El principal problema que tiene el transporte aéreo para la reducción de las emisiones perjudiciales es que el combustible, que se utiliza para la propulsión de las aeronaves, está compuesto casi exclusivamente por hidrocarburos. La utilización de este tipo de combustible conlleva, de una forma inherente, la producción de CO₂. Asimismo, el propio proceso de combustión implica la emisión de NO_x y de hollín a la atmósfera. Como ya se sabe tanto el CO₂ como el NO_x son gases que colaboran con el efecto invernadero. En este sentido, la Agencia Europea Ambiental (*European Environment Agency*, EEA) estimó, en 2009, que la proporción de las emisiones directas de la aviación es un 3% del total de los gases de efecto invernadero de la UE. Este dato es relativamente pequeño en comparación con el 18% con el que colabora el transporte de carretera. Por lo tanto, el problema no reside en la cantidad de las emisiones, sino en que, a diferencia de otros sectores de uso intensivo de energía que han tenido éxito en la estabilización o incluso disminución de sus emisiones, el sector del transporte, y en particular el aéreo, no han logrado compensar el aumento del tráfico y las emisiones relacionadas (**Figura 3.10**).

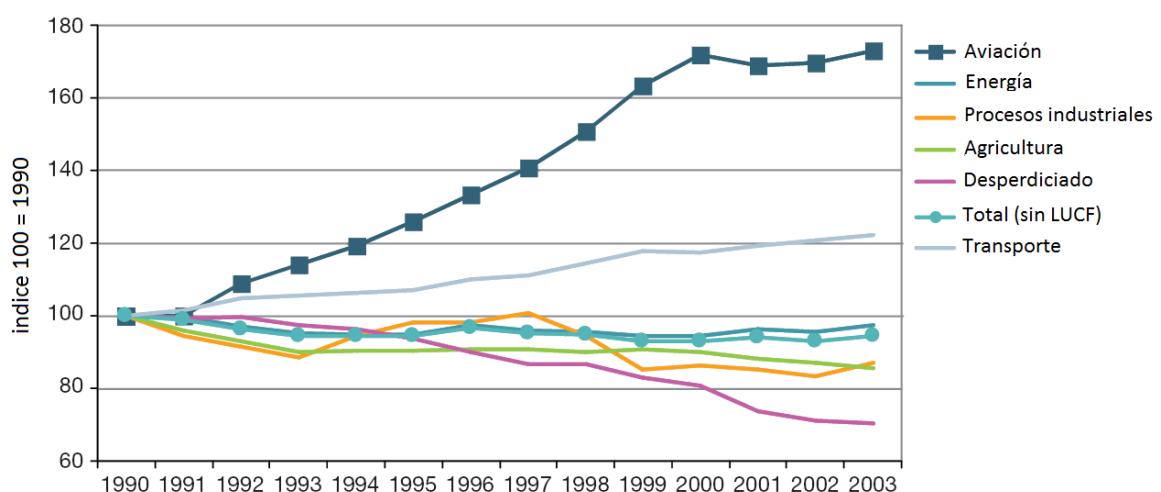


Figura 3.10: Gases de efecto invernadero en Europa por sectores referidos a 1990.

Por otro lado, el ruido producido por la actividad aeroportuaria es una preocupación, especialmente, para las poblaciones que viven en las cercanías de los aeropuertos. Aquí también, a pesar de aeronaves más silenciosas, el aumento del tráfico conlleva un incremento global de las perturbaciones sonoras alrededor de los aeropuertos de la Unión Europea. En este sentido, se estima que en el periodo de 2006 a 2010 (*Commission of the European Communities*, 2008) se producirá un aumento del 10% de las personas expuestas a L_{den}= 55 dB (Nivel día, tarde y noche).

En definitiva, se ha detectado que el transporte aéreo tiene un impacto negativo y creciente en el medio ambiente. Por lo tanto, acercarse lo antes posible a un transporte aéreo ecológico se convierte en una prioridad tanto a nivel europeo como a nivel global.

3.3.1.1. Acciones dentro del ámbito Europeo

La reducción del impacto ambiental del transporte aéreo se ha convertido en la principal prioridad de la Comunidad Europea. Un claro ejemplo de este interés es la acción conjunta de los sectores público y privado en la iniciativa a nivel europeo “Cielo Limpio” (*Clean Sky*). El objetivo de esta iniciativa es demostrar y validar los avances tecnológicos que son necesarios para dar pasos importantes hacia los retos establecidos por el ACARE. En cierto modo, esta iniciativa se basa en los mismos principios en los que se apoya el Séptimo Programa Marco. Esto se debe a que tanto la iniciativa *Clean Sky* como los proyectos del Séptimo Proyecto Marco están centrados en los siguientes aspectos: el combustible, las perturbaciones sonoras, la aerodinámica y la organización de procedimientos.

La importancia del estudio de los combustibles responde a la naturaleza contaminante y finita de los hidrocarburos que se utilizan en la actualidad. Se proponen modificaciones tecnológicas en los motores para mejorar los procesos de combustión. Asimismo, se establecen alternativas técnicas, que afectan tanto al fuselaje de la aeronave como a los motores actuales, para la sustitución de parte del combustible tradicional por combustibles más ecológicos. Estos cambios conllevan una modificación en los procesos productivos que deben de ser asimilados por la industria aeronáutica. Por ello, es muy importante analizar cómo introducir los nuevos avances tecnológicos dentro de la logística del transporte aéreo de mercancías. De esta forma se evitará crear barreras que impidan la utilización de las nuevas tecnologías.

En cuanto al ruido provocado por el conjunto de actividades aeroportuarias existen proyectos dirigidos a: reducir las perturbaciones sonoras en origen, elaborar procedimientos operacionales de bajo ruido, gestionar la actividad en tierra y analizar el efecto que conlleva las restricciones operacionales necesarias para la mitigación del ruido. Estos proyectos van desde el diseño de los elementos individuales como ventiladores, motores, partes del fuselaje, etc., hasta el estudio de la aerodinámica de las aeronaves.

En este sentido, el estudio de la aerodinámica se ha significado como una prioridad para el transporte aéreo ya que es una forma eficiente de mitigar, de forma conjunta, las emisiones contaminantes y las perturbaciones sonoras. El objetivo es reducir la resistencia y aumentar la sustentación consiguiendo niveles de consumo de combustible y de ruido sustancialmente menores.

Por último, la gestión tiene la capacidad de actuar en las emisiones contaminantes, en el ruido y en el impacto ambiental del ciclo de vida del producto. Por un lado, existen proyectos que buscan una gestión eficiente del tráfico aéreo y por otro lado, se trabaja en la implantación de las nuevas tecnologías de la información que permitan mejorar las operaciones de manejo de carga tanto de rampa como de carga. Para ello se necesita una gestión adecuada de la información que permita: reducir el uso de vehículos y equipamiento requerido, aliviar la congestión de los aeropuertos y disminuir las inversiones y costes diarios.

3.3.1.2. Revisión de la comunidad científica

La necesidad de estudiar el impacto ambiental producido por la actividad del transporte aéreo ha aumentado considerablemente en los últimos años. Por un lado, se debe a la creciente preocupación de la sociedad por el medio ambiente y por otro lado, por el crecimiento que ha experimentado el transporte por vía aérea.

Según Nero y Black (1998) el crecimiento del tráfico aéreo es debido a la combinación de factores relacionados con la demanda (aumento del producto interior bruto), la industria de abastecimiento (cambio en la estructura siguiendo las fusiones y cambios tecnológicos que afectan a la capacidad de las aeronaves) y factores institucionales (cambios políticos que conllevan la desregularización y la liberalización). Como estos factores parecen que van a seguir teniendo vigencia los próximos años es necesario que la investigación dé soluciones para mitigar el impacto ambiental que conlleva dicho crecimiento.

Mahashable et al. (2010) establecen que los principales impactos que hay que estudiar y cuantificar están relacionados con: el ruido en las áreas de influencia de los aeropuertos, la calidad del aire y el cambio climático. Asimismo, afirman que la investigación actual ya aporta soluciones relacionadas con: las tecnologías utilizadas en la industria de la aeronáutica, los modelos de gestión del tráfico aéreo y de los procedimientos operacionales, los fueles alternativos y las políticas encargadas de propugnar la regulación del sector.

En este sentido, Lee (2010) establece que, únicamente, el uso combinado de todas las tipologías de soluciones a disposición de la sociedad, que han sido anteriormente nombradas, permitirá satisfacer, de manera conjunta, las previsiones de crecimiento y la necesidad de estabilizar o reducir las emisiones. Este autor dibuja, para el transporte aéreo, un escenario optimista en el que un mayor número de movimientos, tanto de carga como de pasajeros, no está reñido con la obligación de disminuir el impacto ambiental asociado al sector del transporte aéreo.

Sin embargo, ese escenario optimista no es compartido por otros autores como es el caso de Macintosh y Wallace (2009) que exponen la dificultad de estabilizar las emisiones sin actuar, de una manera decidida y restrictiva, sobre la demanda. Su afirmación se basa en que, según Marais (2008), la tecnología actual, y posiblemente la futura, no está capacitada para alcanzar la tasa necesaria de reducción de emisiones que compense el crecimiento esperado de la demanda.

Asimismo, Nygren et al. (2009) mantienen una postura parecida que está basada en la naturaleza finita de los combustibles utilizados por el sector aéreo. En este sentido afirman que las previsiones actuales de crecimiento del transporte aéreo chocan, de una forma directa, con las perspectivas de recursos fósiles. Por ello, establecen que es necesario explotar dos vías para conseguir soluciones. Por un lado, estiman la necesidad de obtener diversidad en la procedencia de los combustibles y por otro lado, hay que promover acciones políticas para evitar que el transporte aéreo se convierta en otro de los focos del cambio climático.

Con respecto a la diversidad en la procedencia de los combustibles, varias son las posibilidades que se están estudiando, sin embargo, la investigación no está tan avanzada en comparación con otros medios de transporte. Por ejemplo, para permitir que los combustibles alternativos convivan con el queroseno, Turgut y Rosen (2010) exponen la posibilidad de utilizar parte de la carga libre de la aeronave para transportarlos y ser utilizados como combustible para los motores. Asimismo, algunos expertos consideran la energía nuclear como la mejor opción para alimentar a los sistemas de propulsión de las aeronaves del futuro. No obstante, son conscientes de que existen dos realidades que hacen que su viabilidad sea difícil. Por un lado, el rechazo que la sociedad ha desarrollado con respecto a la energía nuclear y por otro lado, la excesiva financiación requerida para ayudar a la industria de la aviación a la conversión de combustibles fósiles a energía nuclear.

En este sentido, según Lee (2010), el mayor problema para medir la viabilidad de los combustibles alternativos es que el coste del cambio es incierto. Expone que las aerolíneas están dispuestas a pagar mayores costos de adquisición si con ello ahorran en los costos operativos directos, principalmente, en la reducción del consumo de combustible y en el mantenimiento durante la vida útil de las aeronaves. Sin embargo, no tiene claro si las tecnologías del futuro pueden ser entregadas a un precio aceptable. Si el precio es demasiado alto, las compañías aéreas, podrán optar por no pagar más por las tecnologías de ahorro de energía. En este caso, las nuevas mejoras en el uso de energía, dentro del sector de la aviación, están limitadas por consideraciones económicas.

Estas consideraciones económicas no son las únicas que hay que tener en cuenta para medir la viabilidad entre las alternativas energéticas. Para ello, es necesario un análisis profundo de muchos otros factores tales como: la seguridad, la densidad de energía, la disponibilidad o el impacto indirecto en los procesos de producción, etc. Por ejemplo, algunos combustibles renovables analizados, como el etanol de la biomasa, tienen una densidad mucho menor de energía, que el queroseno e incluso que el hidrógeno, por lo que requieren que las aeronaves transporten más combustible.

A parte del avance, imprescindible por otro lado, en la búsqueda de nuevas fuentes de propulsión, se ve necesario actuar dentro del marco establecido, por las políticas ambientales, para incorporar la problemática de la sostenibilidad al día a día de los agentes de la logística de transporte aéreo de mercancías. En un principio, las intervenciones políticas deben estar destinadas a internalizar, en el coste de operación, el denominado coste social que lleva asociada la actividad del transporte aéreo. En este sentido Lu y Morrell (2006) exponen la necesidad de desarrollar fórmulas que permitan imputar el impacto del ruido y las emisiones a las compañías aéreas. Para ello, una de las formas que se están contemplando es la de incluir el transporte aéreo dentro del esquema de mercado de emisiones europeo (*European Emissions Trading Scheme*, EU-ETS). El problema que está asociado con esta solución, y que hace referencia al carácter internacional del transporte aéreo, ha sido reflejado por varios autores.

Morrel (2007) y Alberts et al. (2009) detectaron que la competitividad de las aerolíneas europeas puede verse amenazada si se establece un esquema de internalización del

impacto basado en el modelo de mercado de emisiones europeo (EU-ETS). También concluyen que el impacto económico no repercutiría, en exceso, en las compañías aéreas. Esto se debe a que el estudio hacía referencia al transporte de pasajeros donde el aumento del billete por el coste social podría ser asumido fácilmente por cada uno de los pasajeros. Sin embargo, para la modalidad de las mercancías sí que supone un problema importante, ya que puede implicar que sea un único cargador el que tenga que soportar todo el coste. Scheelbase (2010) también analiza el peligro que puede conllevar a las compañías aéreas su inclusión en el esquema de emisiones europeo, y, reconoce que es necesaria la colaboración internacional. En ese sentido, expone que el ICAO, a través del Comité para la Protección Ambiental de la Aviación (*Committee on Aviation Environmental Protection*, CAEP), establece una guía de uso para incorporar la aviación civil dentro del esquema de emisiones para los estados miembros de dicha organización. Este modelo tiene en cuenta las operaciones de aterrizaje, despegue y aproximación independientemente de la nacionalidad de la compañía que las realice. Al igual que los autores anteriores concluye, que sea cual sea la forma de interiorizar los costes, solo conllevaría una subida moderada de los precios de los billetes, pero que sería más apreciable en los ratios para la carga.

Por último, la aplicación del principio de que el que contamina paga, como un instrumento económico, solo asegura una internalización parcial de las externalidades negativas relativas a las operaciones aéreas, especialmente si solo se tienen en cuenta las emisiones de CO₂. De hecho, los costes sociales debido a las operaciones aeroportuarias también incluyen, entre otras cosas, las emisiones de las aeronaves, la contaminación del agua y la congestión del tráfico asociado con el acceso por carretera a los aeropuertos. En definitiva, el transporte aéreo también tiene efectos negativos de carácter local. Esto se debe a que la desregularización y la liberalización del transporte aéreo, en diferentes partes del mundo, ha sido una de las principales fuerzas que ha impulsado una mayor concentración de la infraestructura aeroportuaria. Uno de los temas, a los que tiene que hacer frente las aerolíneas en el siglo XXI, es el de la necesidad de conciliar la capacidad de expansión en los aeropuertos con el impacto negativo del aumento de operaciones en sus áreas de influencia.

En este sentido, Nero y Black (2000) exponen que es necesario investigar las implicaciones de las nuevas políticas ambientales en conjunto con la liberalización de las aerolíneas y los cambios en las infraestructuras de los aeropuertos. Concluyen que la expansión en un aeropuerto debe ir acompañada de una gestión eficiente y ambientalmente responsable del tráfico tanto en aire como en tierra y de la aplicación de incentivos económicos basados en el principio el que contamina paga. Para ello, según Girvin (2009), los órganos de gestión del aeropuerto deben entender y equilibrar los impactos económicos y ambientales asociados con la expansión tanto para diseñar prácticas operativas (como sistemas de uso preferencial de pista de aterrizaje, horas de operación, procedimientos de rodaje, uso preferencial de las plataformas de vuelo, etc.), como para diseñar incentivos basados en el mercado.

3.3.2. Eficiencia temporal

Es un hecho contrastado que la eficiencia temporal del transporte aéreo puede y debe mejorarse. Según Eurocontrol (2009) en el año 2008 el 21,6% de los vuelos llegaron con más de 15 minutos de retraso respecto al horario previsto. Este hecho provoca que el sistema tenga que organizarse con amplios márgenes temporales para poder paliar los posibles retrasos, que a su vez, implica que la capacidad de movimientos que puede asimilar el sistema se vea limitada. No obstante, la ineficiencia temporal no se observa únicamente en los retrasos en las llegadas o salidas de los vuelos, sino que también se ve en el tiempo que se necesita para la preparación, de la carga o los pasajeros, para poder subir a bordo.

Por lo tanto, para conseguir que el sistema de transporte aéreo de mercancías se comporte de manera eficiente, con respecto a las pérdidas de tiempo, es necesario, por un lado, optimizar todas las operaciones que están relacionadas con los flujos físico y documental de la carga y, por otro lado, tener en cuenta la coexistencia con el transporte aéreo de pasajeros.

Para optimizar el flujo físico hay que mejorar el rendimiento individual de cada uno de los agentes que forman parte de la cadena logística del transporte aéreo de mercancías. Para ello hay que poner a su disposición nuevos equipamientos y sistemas que faciliten las operaciones, que se tienen que llevar a cabo, teniendo en cuenta los requisitos de la carga y la aeronave que van a utilizar. Con esto se consigue que las operaciones puntuales se realicen de forma más rápida, sin embargo no se consigue que la carga fluya, a través de la cadena logística, sin interrupciones entre los agentes. Además, como en todo proceso en el que intervienen varios elementos, es cuando entran en contacto unos de los principales riesgos para la creación de pérdidas de tiempo.

Por lo tanto, es necesario mejorar la interacción entre agentes. En este sentido, cobra bastante importancia la manera en la que se realiza el flujo documental de la carga. Esto se debe principalmente a que la mejor manera de evitar ineficiencias temporales, entre agentes, es la de planificar las operaciones que van a realizar en común. Para ello, con el objetivo de recopilar la información necesaria, es preciso que exista una manera, ágil y sencilla, de compartir los documentos que debe aportar cada uno de los agentes. Sin duda alguna en este aspecto es importante introducir las nuevas tecnologías de la información.

Por último, existe un ámbito donde las mercancías y los pasajeros tienen que utilizar las mismas infraestructuras, equipamientos y sistemas. Este ámbito hace referencia a todo lo que está asociado al control del tráfico aéreo que incluye: el posicionamiento en pista, el despegue, la aproximación y el aterrizaje. En especial, el control del tráfico aéreo influye, de forma predominante, en los retrasos asociados a la salida y llegada de los vuelos. Por lo tanto, es preciso terminar con las limitaciones técnicas, que restringen el número de movimientos, y realizar una gestión del tráfico aéreo más eficiente que aumente la capacidad global del sistema.

3.3.2.1. Acciones dentro del ámbito europeo

La necesidad de generar y absorber un mayor número de movimientos ha impulsado a la Unión Europea a buscar un sistema aéreo más eficiente. Una solución posible, para esta necesidad, es la de aumentar la infraestructura encargada de gestionar dichos movimientos. Sin embargo, debido a la elevada cuantía necesaria para nuevas infraestructuras aeroportuarias, esta solución debe de llevarse a cabo, únicamente, de manera puntual. Por lo tanto, es necesario buscar nuevas soluciones que permitan, al sistema del transporte aéreo, asimilar la creciente demanda.

En este sentido, una solución, válida para cualquier actividad que necesite dar servicio a una mayor demanda, consiste en aumentar la velocidad en la que se produce la oferta. Esta afirmación, trasladada al transporte aéreo, significa que es necesario aumentar la velocidad en la que el sistema lleva a cabo las operaciones necesarias para articular un flujo de mercancías o de pasajeros. En definitiva, es preciso aumentar la capacidad de los aeropuertos tanto para sus operaciones en tierra como en sus operaciones en vuelo. La eficiencia temporal busca aumentar la capacidad reduciendo el tiempo necesario para cada una de esas operaciones.

Los proyectos, dentro del marco europeo, destinados a reducir los tiempos en las operaciones en tierra están orientados a los siguientes temas:

- Análisis de los tiempos de entrada y transferencia de los pasajeros y las mercancías en el aeropuerto.
- Optimización de los procesos de asistencia de rampa (repostaje, limpieza, mantenimiento, etc. de la aeronave) y de carga (consolidación, inspección, etc).
- Estudio de los efectos, en las operaciones en tierra, por actuar dentro de una red de transporte donde se producen retrasos de las llegadas debidos a retrasos en las salidas de aeropuertos anteriores.
- Integración de los múltiples procedimientos de control, que incumben a varios agentes de la cadena logística, y que pueden suponer cuellos de botella a la hora del embarque o desembarque.

Por otro lado, los proyectos destinados a reducir los tiempos en las operaciones en vuelo están orientados a los siguientes temas:

- Desarrollo de nuevos sistemas, instalados en la cabina del piloto, que permitan volar a las aeronaves bajo casi todas las condiciones meteorológicas y más cerca las unas de las otras
- Desarrollo de nuevos sistemas, instalados en los aeropuertos, que ayuden a la aproximación, aterrizaje y despegue de aeronaves en todas las condiciones meteorológicas.

Por último, válido para todas las operaciones, se está investigando cuál puede ser la mejor manera de integrar todos los flujos de información y cómo ponerlos a disposición de todos los agentes.

3.3.2.2. Revisión de la comunidad científica

Según Coyle (2003) el transporte aéreo se ha convertido en el sector de mayor crecimiento dentro del mercado de la carga. Esto se debe a determinadas propiedades que están asociadas al transporte aéreo y a su situación actual. Por un lado, la velocidad de las aeronaves que les permite recorrer largas distancias en poco tiempo y, por otro lado, el aumento de las frecuencias entre distintos orígenes y destinos. Asimismo, la sensación de puntualidad que el usuario de mercancías tiene del transporte aéreo es bastante buena. Sin embargo, ciertos requisitos del transporte, como es en este caso la puntualidad, se suelen ver afectados cuando aumenta el flujo de mercancías. Por ello, con el objetivo de mejorar la fiabilidad de entrega de los envíos por vía aérea, es necesario analizar, en primer lugar, las principales causas que provocan retrasos en el sistema de transporte aéreo y, en segundo lugar, cómo pueden ser evitadas o mitigadas.

Existen autores que buscan las causas de los retrasos dentro de las principales infraestructuras aeroportuarias. Por ejemplo, Wong (2002) se centra en el estudio de las pistas de aterrizaje, en particular, en cómo afecta su nivel de equipamiento a la hora de restringir su capacidad de uso y generar, con ello, retrasos. En un sentido parecido, relacionado con las pistas de aterrizaje, Haynie (2002) encuentra serias limitaciones, que no son debidas a la ausencia de equipamiento de las mismas, sino a los requerimientos que se imponen a las operaciones de aterrizaje y despegue. Estos requerimientos hacen referencia a la distancia de seguridad entre dos aeronaves consecutivas, y a la imposibilidad de doble ocupación de pista en determinadas ocasiones en las que, según su punto de vista, sería posible.

Otros autores como Reynolds y Button (1999) o Dillingham (2005) centran sus esfuerzos en el estudio de la influencia de determinados aspectos en el control del tráfico aéreo y, por consiguiente, en la generación de retrasos. Entre esos aspectos se encuentra el mayor número de aeronaves que se tienen que gestionar en un mismo espacio aéreo. Este aumento de aeronaves, asociado al aumento de la demanda, conlleva que el sistema de control aéreo aumente su tiempo de respuesta. Asimismo, resulta difícil combatir la demanda ya que no existen patrones predestinados para la misma. Esto se debe a la variabilidad de la oferta por parte de las aerolíneas, que conlleva, que los picos de demanda varíen entre días y entre aeropuertos.

La forma de actuar por parte de las aerolíneas también ha sido motivo de estudio para cierto grupo de autores. Por ejemplo, Mueller y Chatterji (2002) analizan cómo las operaciones de las compañías aéreas pueden convertirse en una causa de pérdida de tiempo. En este sentido, señalan que un cambio racional en sus procedimientos permitiría un ahorro temporal y económico que se debería tener en cuenta. De una opinión parecida es Wu (2005), quien afirma que el retraso de los horarios de las aerolíneas se debe, esencialmente, a cómo éstas gestionan los tiempos de búfer entre los vuelos. También, establece que dicha mala gestión se debe a la desorganización estocástica de las compañías aéreas y que deberían buscar nuevas formas para conseguir una ordenación más lógica y consensuada con el resto de los agentes del sistema.

Todas estas causas, que hacen referencia a las infraestructuras, a la gestión y al comportamiento de los agentes, tienen un origen que, en cierto modo, puede ser controlado. Sin embargo, entre las diversas causas de los retrasos de los vuelos, muchos son los investigadores que establecen el clima como un factor dominante y de especial interés por su carácter incontrolable. En este sentido, Abdelghany (2004) establece que casi el 75% de los retrasos del sistema se debe a las condiciones climáticas adversas. Este dato puede verse aumentado ya que, según Eurocontrol (2007), se espera un incremento en la gravedad y la frecuencia de los aspectos negativos del clima. Estos futuros patrones de clima amenazan a la posible eficiencia temporal, ya que dificultan las operaciones tanto en tierra como en vuelo.

De nuevo, lo que se está produciendo es una pérdida de capacidad por parte del sistema aéreo que convierte a las condiciones meteorológicas en una de las más significativas restricciones en aeropuertos de todo el mundo. Por ejemplo, según Schaefer y Millner (2001), la distancia de seguridad exigida entre aeronaves, durante el mal tiempo, aumenta drásticamente. Asimismo, el clima, los vientos adversos, las nieblas, las tormentas de invierno y las superficies de alta y baja visibilidad hacen que los aviones aterricen de manera difícil, lo que resulta una mayor demora de llegada (Allan, 2001). Sin embargo, no todas las demoras relacionadas con el mal tiempo son achacables al espacio aéreo. En este sentido, Golaszewski (2002) expone que muchos de los retrasos referidos a las inclemencias meteorológicas se originan en las terminales y en los procesos de preparación de las aeronaves. Este autor argumenta que se produce una aceleración de la congestión de las instalaciones y las infraestructuras debido a la mala coordinación que conlleva un mal funcionamiento de la asistencia en tierra.

Hasta este momento se han presentado las principales causas de retrasos en el sistema del transporte aéreo. Una vez conocidas las causas es interesante saber cómo reducirlas o eliminarlas. Pero, antes de entrar a exponer las soluciones posibles hay que tener en cuenta que el efecto de los retrasos no es, únicamente, una ineficiencia temporal. En este sentido, Eurocontrol (2008) estima que únicamente la gestión de los retrasos de los flujos de tráfico aéreo supusieron 1,3 billones de euros en el año 2007, además de conllevar costes medio ambientales que son de difícil cuantificación. Esta realidad ha sido tratada por autores como Pejovic (2009) o Cook (2009) que afirman que los retrasos, sea cual sea su causa, implican costes asociados al consumo extra de combustible, a la tripulación y costes marginales de mantenimiento. Por lo tanto, evitar los retrasos cobra una mayor importancia al adquirir una mayor dimensión, que excede los requerimientos técnicos, al tener asociados costes económicos y ambientales. A continuación, con el objetivo de mostrar una visión general de cómo se está encaminando la investigación para reducir los retrasos, se exponen los trabajos realizados, en este sentido, por diversos autores.

Por ejemplo, Janic (2008) trata el problema bajo la siguiente perspectiva. Este autor piensa que, cuando se produce un problema meteorológico, uno de los principales inconvenientes es que se desconoce la nueva capacidad para absorber movimientos que va a tener una pista de aterrizaje. Para dar solución a dicho problema desarrolla un modelo analítico que permite estimar la capacidad de las pistas de aterrizaje dependiendo de las condiciones meteorológicas.

Por otro lado, Tang (2008) observa que la distribución de los permisos de aterrizaje y despegue no tiene en cuenta, de una manera muy precisa, los búferes necesarios entre aeronaves. Esto provoca que la calidad del control de tráfico aéreo no sea muy buena. Por ello propone un modelo de asignación de permisos que tenga en cuenta las necesidades particulares de cada aeronave.

También relacionado con una mejor planificación, Yan (2004), propone un modelo para reorganizar las rutas de cada aerolínea. Dicho modelo tiene en cuenta los aeropuertos disponibles, las distintas rutas que la aerolínea tiene que satisfacer y distintas combinaciones de horarios. Este autor defiende que, dentro de la situación actual de unificación de aerolíneas, es posible reconfigurar su red de rutas para conseguir disminuir tanto los retrasos como las pérdidas económicas.

Otro problema al cual también se le busca solución es el referido a las operaciones en tierra. En ese sentido, Rong y Grunow (2009), prestan especial interés a aquellas relacionadas con el transporte aéreo de mercancías. Proponen que es necesario introducir cambios relacionados con la estructura actual de los operadores de tierra. Estos cambios tienen que englobar tanto a la forma en las que están diseñadas las terminales de carga, como a la forma de organizar las actividades que deben llevar a cabo. Por lo tanto, por un lado proponen una reorganización de la geometría que permite la consolidación y desconsolidación, de los contenedores aéreos, de manera más eficiente y, por otro lado, establecen medidas para aumentar la productividad de los operadores de tierra. En ese mismo sentido, Schmidberger (2009) establece que es necesario permitir la competencia entre operadores de tierra dentro de las terminales de carga. Esto se debe a que, según este autor, la existencia de dos, o más, operadores de tierra es uno de los principales factores para conseguir eficiencia temporal y reducción de costes en las operaciones relacionadas con la carga.

Otro punto de vista es el de Hsu (2009) que opina que para minimizar el tiempo necesario en las operaciones realizadas en tierra es necesario mejorar el flujo de información entre agentes. En este sentido, Chang (2010) implementa un sistema de monitorización de la carga, utilizando tecnologías basadas en la identificación por radio frecuencia (*Radio Frequency Identification*, RFID), que permite dinamizar el flujo de información al mejorar la trazabilidad y el seguimiento de las mercancías.

Por último, una vez que el retraso se ha producido, es interesante estudiar la posibilidad de mitigar sus efectos negativos. En este sentido, Bard (2008) presenta un nuevo modelo que pretende recolocar las llegadas de las aeronaves una vez que se han producido retrasos debidos a los procedimientos en tierra. En un sentido más amplio, Sojkovic (2002) desarrolla un modelo que tiene en cuenta las perturbaciones que causan retraso en tiempo real. A través de este modelo se puede reconfigurar el horario diario de una aerolínea en el momento que se produce un retraso por la causa que sea. Para ello, se tiene en cuenta la disponibilidad de tripulación, los períodos de espera, las conexiones posibles para carga y pasajeros y el mantenimiento necesario.

3.3.3. Eficiencia de costes

La proliferación del uso del transporte aéreo está unida a la reducción del coste de transporte asociado a esta modalidad. Los avances tecnológicos, los nuevos procesos de fabricación y la economía de escala, adoptada por muchos de los agentes del transporte aéreo, han permitido que el transporte aéreo se haya convertirlo en un modo de transporte más asequible, económicamente hablando, durante los últimos años.

No obstante, el coste del transporte aéreo sigue siendo una barrera para muchos cargadores a la hora de elegir este modo para completar su logística del transporte. Por ello, todo avance destinado a abaratar el coste del transporte aéreo, sin que esto suponga un detrimiento en la seguridad o en la calidad, permitirá que aumente su competitividad con respecto al resto de modos de transporte.

El aspecto económico, como el resto de aspectos en el transporte aéreo, empezó a tratarse con más interés en la modalidad de pasajeros donde hechos, como fueron la globalización y la liberalización del mercado, empujaron a que las aerolíneas se uniesen en alianzas. Estas alianzas, por lo menos a nivel europeo, crearon un mapa bastante estático de las rutas que operaban cada aerolínea. Esto se debió a que, prácticamente, cada aerolínea mantenía la supremacía en su mercado histórico y completaba las necesidades de las aerolíneas aliadas.

Sin embargo, especialmente en trayectos de corta y media distancia, la irrupción de las denominadas aerolíneas de bajo coste dinamizó el mercado del transporte de pasajeros por vía aérea. El éxito de estas compañías se debió al ahorro en costes tales como: personal de cabina, tiempo de parada en los aeropuertos, servicios adicionales a los pasajeros, costes de alojamiento de la tripulación, etc. Como se ve, dicha reducción de costes se consiguió tras analizar los servicios que se estaban ofreciendo a los usuarios y que, hasta ese momento, no se conocía el verdadero aporte de valor que transmitían a los pasajeros. Por lo tanto, se produjo un aumento de la competitividad que conllevó una disminución generalizada de los precios de los billetes.

En la modalidad de mercancías el problema reside en que no existen tantos servicios extras que pueden reducirse para rebajar los costes, por lo tanto son necesarias otras actuaciones para encontrar la eficiencia económica. Estas acciones, igual que ha pasado en la modalidad de pasajeros, están dirigidas a dotar al transporte aéreo de un entorno más competitivo. Las más significativas de estas acciones son las que están dirigidas a conseguir que:

- las relaciones entre los estados evolucionen hacia un acuerdo global de cielos abiertos,
- las nuevas aeronaves mejoren la relación de coste de fabricación y servicio prestado,
- las tasas aeroportuarias sean menores
- la cadena logística se organice de una manera más optimizada y ofrezca más posibilidades a los usuarios de mercancías por vía aérea.

3.3.3.1. Acciones dentro del ámbito europeo

En el Séptimo Programa Marco la reducción de costes se centra en los aspectos relacionados con las aeronaves. Por ello los proyectos están dirigidos a: reducir su consumo de combustible, integrar los sistemas que las componen, optimizar las operaciones que realizan y optimizar las operaciones que reciben.

En el apartado referido al medio ambiente ya se ha adelantado la necesidad de construir aeronaves que consuman menos combustible por el ahorro que se produce en emisiones. A este ahorro se le suma el económico que se consigue por el coste asociado al combustible que se deja de consumir. Por ello el Séptimo Programa Marco recoge dos tipologías de proyectos donde uno de sus principales objetivos es el ahorro de combustible.

La primera tipología de proyectos busca aligerar el fuselaje de las aeronaves, para ello se estudia la posibilidad de aumentar el porcentaje de materiales compuestos que componen la estructura de la aeronave. Estos materiales aportan mayor rigidez y resistencia por unidad de masa y permiten la fabricación de geometrías adaptadas a cada situación. De esta forma se consigue una aeronave más ligera y con un mejor diseño aerodinámico. Sin embargo, para poder utilizar estos materiales existen ciertos aspectos que se tienen que superar. Primero, es necesario que sus peores condiciones como conductores eléctricos y térmicos no les hagan estar más desprotegidos ante los peligros atmosféricos. Y segundo, el diseño de geometrías con mejor aerodinámica requiere nuevos sistemas capaces de simularlas previamente para poder elegir la mejor opción.

La segunda tipología de proyectos estudia las posibles mejoras que se pueden introducir en los sistemas de propulsión. Estos tipos de proyectos ya estaban englobados dentro de los aspectos medioambientales. Sin embargo, también tienen un importante impacto económico relacionado con las inversiones necesarias para su desarrollo y posterior incorporación a la industria.

Otro aspecto que se trata en el diseño de las aeronaves es la sustitución de los sistemas hidráulico y neumático por sistemas eléctricos. De esta forma se consigue integrarlos en un único sistema reduciendo su complejidad y con ello los costes de fabricación.

Aparte del diseño de las aeronaves, se estudia cómo optimizar las operaciones que realizan en los aeropuertos. En particular las operaciones de aproximación, aterrizaje y despegue. En este sentido, los proyectos buscan reducir el tiempo de diseño de las nuevas aeronaves, para que sea mínima la diferencia entre la tecnología utilizada en ellas y la utilizada en los sistemas de tierra. Asimismo, se estudian sistemas que faciliten la comunicación entre el aeropuerto y la aeronave.

Por último, las operaciones en el aeropuerto que se tienen en cuenta son aquellas que están relacionadas con la inspección y mantenimiento de las aeronaves. La mayoría de los proyectos relacionados están enfocados a conocer el ciclo de vida de las aeronaves para conseguir alargarlo, en las mejores condiciones, el máximo de tiempo posible.

3.3.3.2. Revisión de la comunidad científica

Como se ha visto a lo largo de los apartados anteriores, el Séptimo Programa Marco tiene un cariz bastante tecnológico. Es por esto que su búsqueda de la eficiencia económica está principalmente basada en las mejoras unidas a las aeronaves y los sistemas que permiten su funcionamiento. No obstante, existen otros estudios que están más relacionados con las características propias del negocio del transporte por vía aérea. Estos estudios se centran en definir un entorno más competitivo para el transporte aéreo y en analizar el comportamiento de los usuarios y las compañías aéreas.

En los distintos sectores económicos los procesos de desregularización y liberalización del sector han ido normalmente acompañados con un aumento de la competitividad, que ha eliminado las empresas que no eran eficientes. En el caso del transporte aéreo, debido al carácter estratégico que tiene para los estados, el proceso de desregularización no ha llegado a los niveles que se desearían para conseguir la libre competencia. Por lo tanto, para mucho autores conseguir el objetivo de los cielos abiertos es imprescindible para la evolución del transporte aéreo. Por ejemplo, Mandel y Schnell (2001) afirman que un tratado de cielos abiertos entre Estados Unidos y la Unión Europea conllevaría una serie de ventajas que se resumen en que: se reestructurarían las tarifas con una tendencia bajista, se produciría un aumento de las frecuencias, se aumentaría el área de influencia de los aeropuertos y los servicios estarían más orientados a la demanda. También detectaron que se podría producir un problema relacionado con los derechos adquiridos por las aerolíneas con respecto a los slots, que podría suponer la aparición de monopolios en un entorno que se desea competitivo. Para evitar este problema Button (2009) establece que es necesario crear un mercado de slots que no se rija por los derechos adquiridos y sí por la ley de la oferta y la demanda entre aerolíneas. Asimismo, afirma que hay que tener cuidado que los cielos abiertos, debido a la concentración en los aeropuertos más eficientes, no implique una descohesión territorial.

Sin duda alguna, un acuerdo de cielos abiertos a nivel mundial conllevaría una reestructuración de la oferta que implicaría posibles cambios en la demanda. Por lo tanto, es interesante analizar cuál ha sido el comportamiento de los usuarios a la hora de elegir compañía aérea y de las compañías aérea a la hora de elegir aeropuerto.

Por parte de los usuarios, Hsu (2009) afirma que los cargadores eligen las aerolíneas que les permite alcanzar un coste logístico mínimo. Es este sentido, establece que factores como la cercanía a los aeropuertos no son tan importantes como el coste total del transporte. Esta forma de actuar de los usuarios de carga aérea condiciona la elección de los centros de distribución de las aerolíneas.

Por ejemplo, Martín y Román (2004) analizan el proceso de toma de decisión que siguen las aerolíneas para la elección de sus centros de distribución. En esta toma de decisión son importantes factores referidos a los posibles flujos producidos por una determinada zona, las infraestructuras de los aeropuertos, los costes de transporte o las condiciones climáticas. Sin embargo, referido al transporte aéreo de mercancías expone que uno de los factores que más pesa es la eficiencia del aeropuerto.

Como se verá a continuación, la eficiencia de los aeropuertos depende de que: se hayan ubicado correctamente; se hayan dimensionado según los flujos que puedan atraer y sepan sacar el máximo rendimiento a las infraestructuras presentes.

En cuanto a localización geográfica de los aeropuertos, Chi-Lok y Zhang (2009) afirman que la ubicación de los aeropuertos tiene un fuerte impacto en su eficiencia y que la existencia de un competidor no debe ser un problema. Al revés, según este autor los aeropuertos con mayor competencia son más eficientes que aquellos que carecen de ella y que esta competencia puede hacer que el flujo de ambos crezca.

Por otro lado, en relación con la dimensión adecuada del aeropuerto, Chow y Fung (2009) establecen que existen economías de escala que relacionan el transporte de pasajeros con el transporte de carga. Asimismo, exponen que es posible generar importantes flujos de carga subyugados a los flujos de pasajeros. Sin embargo, la decisión de aprovechar dichos flujos dependerá de la congestión del aeropuerto y de la posibilidad de rentabilizar las inversiones necesarias.

Siguiendo con el aumento de la eficiencia en los aeropuertos, es muy importante el uso que se hace de las infraestructuras e instalaciones presentes. En este sentido es tan importante el sacar el mayor rendimiento como que hayan sido diseñadas con respecto a las necesidades de cada aeropuerto.

Cao y Kanafani (2000) estudian la capacidad limitada que tienen las pistas de aterrizaje, en especial el uso de las franjas disponibles por las aerolíneas para el despegue y aterrizaje de sus aeronaves. En este sentido afirman que sería deseable primar aquellas actuaciones que redujese el tiempo destinado para cada una de estas franjas horarias. También relacionado con la capacidad de las pistas de aterrizaje, Takebayashi (2010) estudia cómo la forma que tienen de relacionarse las aerolíneas y los aeropuertos afectan al límite de capacidad de las pistas. Expone que a través de estos estudios se puede definir los horarios de las aerolíneas de una forma más lógica y que maximice el uso de pista.

Otro tema que está ampliamente estudiado es la asignación de puertas de embarque dependiendo de las instalaciones que requieran tanto los pasajeros como la carga transportada, la necesidad de conectarse con otros vuelos o la proximidad a otras terminales (Haghani y Chen, 1998; Yan, 2001, 2002).

La planificación de las terminales tanto de carga como de pasajeros es otro punto que también se tiene en cuenta. Es interesante cómo la geometría y las instalaciones requeridas varían dependiendo de los flujos de carga. La proporción entre exportación e importación, la tipología de los productos o la preponderancia que la carga tenga en el global de los movimientos del aeropuerto, son factores que afectan a la hora de las necesidades de las terminales (Ponce, Larrodé y Val, 2008). En este sentido, según Lee (2006) las necesidades de almacenaje y consolidación de la carga son otros factores que también afectan a la hora del diseño de las terminales de carga.

Por último, en cuanto a la eficiencia de los aeropuertos, como ya se ha visto anteriormente en aspectos relacionados con la eficiencia temporal, la planificación y la gestión de la logística aeroportuaria son muy importantes para el ahorro de costes.

Dentro de esta planificación, según Yan (2006), es muy importante la distribución y gestión de los recursos humanos a través de las infraestructuras e instalaciones del aeropuerto.

Aparte de la elección de un aeropuerto eficiente, otro camino para reducir costes es optimizar la capacidad de transporte de las aeronaves. En este sentido Hanoaka y Phoosanabhongs (2010) establecen que es necesario poder estimar el espacio necesario en la bodega de las aeronaves destinado a la carga. Esta problemática tiene especial interés en vuelos mixtos de pasajeros y carga con el objetivo de poder estructurar adecuadamente el plan de carga. En este sentido, Amaruchkul y Lorchirachoonkul (2011) estudian la importancia de trabajar con varios transitarios para que se encarguen de conseguir un flujo estable de carga en bodega.

Es recurrente el interés por conocer con suficiente anticipación la cantidad de carga que se va a transportar, en especial si para ello se necesita un número determinado de contenedores aéreos que deben ser adquiridos con antelación (Wu, 2010). En este sentido, Lu y Chen (2010) afirman que mantener una económica y suficiente cantidad de contenedores aéreos es imprescindible para una compañía aérea que quiera trabajar con mercancías.

Por último, referido a la eficiencia de costes, es posible optimizar incluso la distribución de la carga en el interior de los contenedores. Chan (2006) estudia la aplicación de métodos tridimensionales para la distribución de los paquetes dentro de los contendores para maximizar su ocupación. Esto es, aplica un criterio geométrico para la distribución de los contenedores. Asimismo, Yan (2008) y Li (2009) aplican un criterio basado en el destino intermedio y final que va a tener las mercancías. Según estos autores es necesario diferenciar entre las que pueden ir en contenedores puros y las que van en contendores mixtos. Un contenedor puro es aquel que contiene carga que tiene que ser entregada al mismo destino. Un contenedor mixto es el que contiene carga que debe ser entregada en distintos destinos.

3.3.4. Satisfacción y seguridad de los usuarios

La nueva sociedad del conocimiento ha introducido, para cualquier actividad que se desarrolle en su entorno, nuevos requerimientos, que se unen a los tradicionales requerimientos económicos y técnicos, que deben de ser satisfechos. Estos nuevos requerimientos hacen referencia a la necesidad de sostenibilidad de la sociedad como conjunto, mientras que los requerimientos tradicionales están más enfocados a la satisfacción que el usuario y la sociedad obtienen de la actividad que les da servicio.

La novedad de estos requisitos referidos a la sostenibilidad de la actividad ha hecho que el estudio de cómo pueden ser satisfechos se haya convertido en una de las prioridades de la comunidad científica. Sin embargo, no hay que olvidar que es preciso ofrecer un servicio de calidad a los usuarios, porque si no se puede llegar a conseguir una actividad muy sostenible pero que no tenga ningún tipo de uso.

Hay que tener en cuenta que, en el transporte aéreo, los criterios que guían la satisfacción de los usuarios en la modalidad de pasajeros son muy distintos a los criterios establecidos por los usuarios en la modalidad de mercancías. En cierto modo tiene su lógica. Los pasajeros son seres humanos que padecen el trayecto entre origen y destino, por lo que buscan que este trayecto sea lo más confortable posible. Asimismo, esperan que su estancia en las infraestructuras aeroportuarias sea agradable, cómoda e incluso entretenida. Estos últimos requisitos se pueden extender a su estancia dentro de la aeronave.

Sin embargo, las mercancías son el producto que el usuario de carga aérea quiere que sea transportado. En este sentido, es bueno identificar que el usuario de carga aérea coincide con el cargador, como inicio de la cadena logística del transporte aéreo de mercancías, y con el consignatario, como fin de la cadena logística. Esto es, con origen y destino del vuelo. Por lo tanto, no están tan interesados en cómo es la experiencia durante el tránsito de la mercancía, sino las condiciones de entrega y recogida.

Con esto, no se quiere decir que no sea importante que las condiciones del tránsito por el aeropuerto y del vuelo sean las adecuadas, sino que los usuarios de carga aérea únicamente ven el inicio y el final de la operación. En consecuencia, es preciso que, el resto de los agentes de la cadena logística, tengan en cuenta cómo son vistos por parte de los cargadores y consignatarios para, a través de este conocimiento, poder transmitir la confianza de que las condiciones de las mercancías a lo largo del servicio van a ser las idóneas.

Por último, existe una característica del transporte aéreo, independiente de la modalidad que sea, que es imprescindible para que cualquier usuario este satisfecho del servicio y esté dispuesto a volver a usarlo. Sin duda alguna, esta característica es la seguridad en el transporte aéreo. Con este término se incluye tanto la ausencia de accidentes como la ausencia de riesgos y perturbaciones a lo largo de todo el flujo de transporte por vía aérea.

3.3.4.1. Acciones dentro del ámbito europeo

La tendencia que se está siguiendo, dentro de la Unión Europea, es la de conseguir la satisfacción de los usuarios haciendo que el sistema de transporte aéreo sea más seguro. Asimismo, hay que recordar el enfoque técnico que se da dentro del Séptimo Programa Marco. Por ello, los proyectos están especialmente dirigidos al desarrollo de nuevos equipamientos y sistemas de seguridad ante accidentes. Otros tipos de proyectos referidos a la protección frente a amenazas, que no se achaquen a accidentes, están englobados dentro de la temática de protección de aeronaves y pasajeros.

Se distinguen dos vías diferentes para conseguir una mayor seguridad ante accidentes. La primera, está dirigida a la detección, y posterior solución, de los posibles peligros externos y de los fallos humanos. La segunda, está dirigida a la mejora de las prestaciones.

Por lo tanto, dentro de la detección de posibles peligros se encuentran proyectos destinados a dos áreas. La primera área hace referencia a los elementos de medida de las condiciones externas y a los sistemas encargados de interpretar adecuadamente la información recopilada. Su objetivo es el de predecir o alertar de fenómenos peligrosos. Estos fenómenos pueden ser, entre muchos otros, la formación de hielo en las alas, los vórtices creados por las estelas de las aeronaves o los vientos de cortadura. Para conseguir su objetivo utilizan información de las condiciones del aire, la presión o la altitud.

Otro apartado importante, dentro de la detección de posibles peligros, es aquel que se encarga de los fallos debidos a errores humanos. En este sentido, los trabajos se centran en el desarrollo de sistemas capaces de reconocer cuándo se está cometiendo un error de estas características. También, en un sentido parecido, se desarrollan proyectos para crear plataformas destinadas a controlar todos los sistemas relativos a la seguridad y el confort. En estos proyectos se presta especial atención al interfaz destinado a la utilización por el ser humano.

En cuanto a la mejora de las prestaciones se distingue entre aquellas destinadas a la navegación y aquellas destinadas al interior de la aeronave. Las primeras, están especialmente relacionadas con el control del tráfico aéreo y el diseño de rutas meteorológicamente seguras. Asimismo, están destinadas al desarrollo de elementos de medida que permitan realizar con exactitud el control del tráfico aéreo. Las segundas están relacionadas con los elementos de la cabina de pasajeros que aumentan el confort de los pasajeros o la estabilidad de la carga. En este sentido se encuentran cinturones que disminuyen el efecto de las turbulencias, espacios individualizados para pasajeros o sistemas de retención de pallets y contenedores aéreos.

Por último, se trabaja en metodologías que permitan el ensayo de los nuevos sistemas de seguridad. El objetivo es el acelerar la integración de dichos nuevos sistemas dentro del transporte aéreo disminuyendo el número de ensayos necesarios para validarlos.

3.3.4.2. Revisión de la comunidad científica

Plantear la seguridad como una constante fija, dentro de la satisfacción de los usuarios, se justifica por su importancia dentro de toda la cadena de transporte. En este sentido, Brown (1996) afirma que la seguridad es, y ha sido, una prioridad, en el transporte aéreo, por una serie de aspectos. El primero de estos aspectos es que es un punto muy importante dentro de la gestión de la calidad. También, que su influencia en los costes del transporte, y por ello en la posibilidad de la reducción de los mismos, es muy elevada. Por último, establece que la presión reguladora ha conseguido que la responsabilidad social aumente, y con ello, la interiorización, por parte de los agentes de la cadena logística del transporte aéreo, de la seguridad como un deber dentro de la operativa diaria. Asimismo, expone que se están produciendo cambios tecnológicos que permiten tratar la seguridad de una manera más precisa.

Todos estos aspectos han impulsado al transporte aéreo a tener un buen record de seguridad. Sin embargo en muchas ocasiones, a pesar de este record de seguridad, la percepción pública se centra excesivamente en los accidentes. Este hecho implica que exista un temor a la hora de utilizar el transporte aéreo que no existe en otros modos de transporte que, por otro lado, tienen tasas de accidentalidad mucho peores. Este temor puede estar justificado en que los accidentes, en el transporte aéreo, se asocian a consecuencias mucho peores que las asociadas a los accidentes en otros medios. Por ello, muchas aerolíneas para justificar la seguridad del transporte aéreo han desarrollado índices, la mayoría basados en la suma de accidentes en un ciclo de aterrizajes determinado, que utilizan como reflejo de su tasa de seguridad. Sin embargo, según Rose (1992), estos índices, que están ampliamente extendidos, son simplemente ratios de los accidentes de cada compañía y, por ello, no son útiles para prevenir futuros accidentes. Por lo tanto, expone que son necesarios otros métodos, que permitan obtener una información más útil, para medir la seguridad relativa de las aerolíneas y monitorizar sus tendencias.

En este sentido, el primer paso que se ha dado, para obtener un índice de seguridad exitoso, es el de relacionar la tasa de accidentes con aspectos relacionados con el transporte aéreo. Por ejemplo, Tjosvold (1990) mide la tasa de accidentes con respecto a la colaboración de la tripulación. Establece la importancia de la formación de los asistentes de vuelo para mantener el margen de seguridad en vuelo. En este sentido, McFadden (1996 y 1998) mide la influencia del género y del estatus del piloto en los accidentes. Afirma que existe una mayor proporción de accidentes relacionados con las mujeres, pero que no está relacionada con el género, sino a la inexperiencia al ser un colectivo, más joven, que se ha incorporado recientemente a las tripulaciones de las aeronaves. Por otro lado, Foreman (1993) mide el efecto que la desregularización ha tenido en la tasa de accidentes. Para ello, elabora un modelo de análisis válido para el periodo anterior de la desregularización y para la situación actual. Como resultado se obtiene que la desregularización ha hecho al transporte aéreo más seguro. Por lo tanto, se observa que existe una tendencia en relacionar los accidentes con los aspectos políticos y con la actuación de la tripulación.

Sin embargo, ninguno de los estudios anteriores tiene en cuenta el conjunto de los factores que, actuando de forma combinada, pueden afectar a la hora de que se

producen los accidentes. En este sentido, Chang (2004) pretende tener en cuenta todos estos factores. Para ello, establece un índice cuantitativo, de la seguridad de las aerolíneas, a partir de un modelo de relaciones que se establecen entre los factores relevantes para que ocurran accidentes. Asimismo, Netjasov y Janic (2008) introducen distintos modelos matemáticos, para medir la seguridad, que se basan en la probabilidad combinada de que se produzcan los distintos riesgos de accidentes. De una forma parecida Shyur (2008) establece un método analítico que, a partir de los indicadores de seguridad y accidentes, cuantifica la posibilidad de riesgos de origen humano.

En definitiva, la investigación entiende que es necesario conocer las causas de los accidentes y cómo éstas intervienen, tanto de forma individual, como de forma colectiva. De esta forma se podrá avanzar para hacer del transporte aéreo un medio más seguro. No obstante, el hecho de convertir el transporte aéreo en un modo de transporte más seguro no es el único requisito para conseguir la satisfacción del usuario.

En particular, respecto al transporte aéreo de mercancías, es necesario profundizar en los factores que influyen en la satisfacción de los clientes con respecto a los servicios logísticos. Por ejemplo, Meng (2010) expone que el consumidor de servicios de carga aérea exige a los proveedores de la cadena logística de transporte aéreo, entre otras cosas, fiabilidad a la hora de recoger y entregar las mercancías, agilidad para procesar los encargos y responder a las necesidades de última hora, personalización con respecto a los requisitos de cada cliente y flexibilidad de horarios y rutas. Por ello, el consumidor siguiendo los anteriores requisitos, reconoce como aspectos positivos el conocimiento del sector y la innovación en los servicios, el valor añadido al envío, el acceso a la información en todo momento y la relación calidad precio.

En este sentido, Wang (2007) ya había estudiado la relación entre la mejora de la calidad de los servicios aeroportuarios y la percepción de los consumidores de carga aérea. De ese estudio extrae que es necesario que cada agente de la cadena logística conozca la diferencia entre el servicio esperado y el servicio percibido por cada uno del resto de los agentes y que, a diferencia de lo que estaban haciendo hasta ese momento, debían esforzarse en dar el servicio esperado.

Asimismo, Wen (2010) realiza una clasificación de los proveedores de servicios de carga aérea para ayudar a la decisión de los cargadores. Para esta clasificación tiene en cuenta cinco factores que habían sido estudiados, en profundidad, en diversos estudios (Aktas and Ulengin, 2005; Hsu, 2005; Tsai, 2007):

- el coste y rendimiento de servicio
- el valor añadido
- la capacidad de respuesta
- la accesibilidad a la información
- la capacidad percibida

Por coste de servicio se entiende los gastos reales, directos e indirectos, incluyendo un margen razonable de beneficio. Por lo tanto, la tarifa que va a repercutir en los

cargadores se basa en este coste servicio. Para su estudio se propone tener en cuenta, especialmente, la tasa de servicio, el nivel de la tasa de concesión y el remanente para reclamaciones por daños. Según los estudios consultados estos tres elementos, que componen el coste de servicio, son los que determinan las diferentes tarifas de los operadores logísticos. En cuanto al rendimiento de servicio se distinguen cuatro indicadores clave, que reflejan las preocupaciones del cargador, sobre la calidad del suministro. Estos indicadores clave hacen referencia a factores que ya han sido destacados anteriormente como: la velocidad de servicio y la puntualidad, la seguridad de los bienes, la densidad de rutas para cada servicio y la capacidad de los agentes para hacer frente a condiciones excepcionales, tales como, las fluctuaciones del mercado o los efectos políticos en las operaciones transfronterizas.

El segundo factor, que es el valor añadido, refleja la necesidad de los cargadores para, por un lado, incrementar sus perspectivas de negocio y, por otro lado, aumentar el valor de su producto en el mercado. En este sentido, lo que el cargador reclama son servicios para gestionar los stocks, opciones para el embalaje de sus productos, servicios financieros para facilitar sus envíos y, por último, análisis de mercado que le demuestren las posibilidades que tienen sus productos.

Otro factor, como es la capacidad de respuesta, hace referencia a la necesidad de los cargadores de trabajar, en bastantes ocasiones, con flujos de mercancías variables e impredecibles. Por lo tanto, esperan que los agentes de la cadena logística tengan la suficiente capacidad de gestión para satisfacer la demanda extra que pueda surgir. En este sentido, el comportamiento actual, que tiende hacia las alianzas, ayuda, muy positivamente, a aumentar la capacidad de reacción ante problemas puntuales de demanda.

Las nuevas tecnologías de la información han permitido adquirir a los consumidores un mayor conocimiento sobre la situación, en cada momento, de sus pedidos. El transporte aéreo no puede mantenerse al margen. Por lo tanto, los cargadores quieren conocer dónde se encuentran, minuto a minuto, sus mercancías. Los nuevos sistemas, basados en estas tecnologías de la información, están permitiendo mejorar la trazabilidad de los envíos.

Por último, la capacidad percibida indica las preocupaciones, psicológicas y sociológicas, de los cargadores con respecto a la capacidad de gestión de los agentes de la cadena logística. En el caso de la logística mundial, y en particular en el del transporte aéreo de mercancías, se han identificado los siguientes cuatro elementos que caracterizan el comportamiento del cargador:

- la experiencia reconocida de los agentes
- las experiencias pasadas
- el conocimiento de la cultura del agente
- la situación financiera del agente

3.3.5. Protección de aviones y pasajeros

La seguridad nacional, la aviación comercial y la viabilidad económica del sector del transporte aéreo son dependientes, entre otras cosas, de la percepción pública de la seguridad y del riesgo. Los ataques del 11 de Septiembre supusieron un evento que atrajo las miradas del público en general y de los encargados de hacer las leyes en particular. Este evento traumático produjo una gran cantidad de cambios en las legislaciones nacionales e internacionales en un periodo muy pequeño de tiempo. Por lo tanto, es interesante profundizar en los aspectos que ahondan en la protección de las aeronaves y de los pasajeros.

3.3.5.1. Acciones dentro del ámbito europeo

La nueva realidad impuesta por los ataques terroristas, que han sufrido infraestructuras singulares como los aeropuertos, ha obligado a replantearse las medidas de seguridad existentes ante acciones ilícitas. El séptimo programa marco establece como área prioritaria el desarrollo de nuevas soluciones para la protección de los pasajeros ante las nuevas amenazas. Estas soluciones tienen que tener como objetivo el de anticiparse a los posibles peligros y, en el caso de que ya se hayan sucedido, mitigar sus efectos. Para encontrar dichas soluciones, los proyectos desarrollados dentro del Séptimo Programa Marco, se centran en el estudio de los aeropuertos y las aeronaves.

En cuanto a la protección en aeropuertos se distinguen dos campos principales en los que se ha investigado: el comportamiento humano y los sistemas de detección.

Con el objetivo de poder entrenar al personal de tierra y elaborar protocolos de actuación ante posibles amenazas es necesario estudiar el comportamiento humano en dichas circunstancias. Estos proyectos tienen como finalidad la de elaborar las pautas que se han de seguir en el momento en el que se presente una amenaza de carácter terrorista. Asimismo, como resultado del completo conocimiento del comportamiento humano se espera poder discernir entre amenazas reales o no.

Por otro lado, con el fin de detectar posibles amenazas es necesario desarrollar sistemas para detectar materiales peligrosos. Armas, explosivos o sistemas de inhibición son elementos que han podido superar las barreras que existen en la actualidad en los aeropuertos. Estos objetos pueden ir escondidos tanto en los propios pasajeros y su equipaje como en la carga. Los sistemas actuales de detección representan barreras puntuales que una vez superadas habilitan el libre movimiento de estos elementos peligrosos. Se están desarrollando nuevos sistemas de detección que se extienden por la totalidad del aeropuerto y que de una manera activa y pasiva son capaces de detectar los posibles materiales causantes de amenazas, para la seguridad del aeropuerto, en cualquier momento.

En el caso de la protección de las aeronaves la investigación se divide en la mejora de la fortaleza ante explosiones y la protección ante ataques contra sus sistemas.

Si la actuación preventiva en tierra no ha sido eficaz es posible que pequeñas cantidades de explosivos lleguen a subir al avión. Estos explosivos pueden estar

localizados en el equipaje o en los envíos de carga. Se han desarrollado nuevos elementos para disminuir el efecto en el caso de que se produzca la explosión. Para la carga aérea se utilizan reforzados y para el equipaje se utilizan estructuras textiles multi-axiales.

Por último, otro fenómeno peligroso para las aeronaves son los campos de radiación de alta intensidad provocados por radiación electromagnética externa. Estos campos pueden dañar los sistemas eléctricos y electrónicos haciendo la aeronave ingobernable. Se han desarrollado técnicas para validar la protección de estos sistemas frente a este tipo de ataques.

3.3.5.2. Revisión de la comunidad científica

La protección de pasajeros y aeronaves está siendo tratada a partir de dos tipologías de estudios. La primera está dirigida a mejorar las técnicas de detección de amenazas y la segunda a elaborar sistemas para gestionar todos los requerimientos de seguridad. En cierto modo, se podría decir que la segunda parte integra los sistemas de detección junto a otras actuaciones para conseguir los estándares de seguridad impuestos al sistema de transporte aéreo.

La detección de amenazas se divide en detección antes de que ocurran y una vez que ya han ocurrido. Las primeras se centran en sistemas de escaneo que permiten el control de la carga y el equipaje de manera más eficiente. Para ello, se está utilizando tecnología relacionada con las partículas atómicas para detectar drogas ilícitas, explosivos, armas, material nuclear e incluso para verificar el propio manifiesto de carga.

En este sentido, Liu (2008) afirma que estos métodos permiten diferenciar entre materiales orgánicos e inorgánicos y en particular en las clases de material orgánico que componen explosivos, narcóticos o sustancias benignas.

Asimismo, Runkle (2009) se centra en la detección de explosivos de origen químico y Eberhardt (2005) en la de elementos de origen metálico.

En cuanto a la detección de amenazas en curso, están las que se producen en los aeropuertos y aquellas que se producen en las aeronaves en vuelo. Las primeras son tratadas en los sistemas de gestión de seguridad. Y dentro de las segundas hay que destacar las referidas a detección de fuego.

En este sentido, Blake (2008) desarrolla una herramienta para estudiar los flujos de calor, gas y humo dentro de los compartimentos de la carga. A través de este estudio se puede diseñar la ubicación de los sensores destinados para detectar la propagación del fuego.

La necesidad de cumplir con los estándares de seguridad, a la vez que se asegura un vuelo tranquilo y eficiente, ha provocado el diseño de sistemas de gestión de la seguridad. Los aeropuertos y las aerolíneas han visto, que de forma análoga a los sistemas de gestión de la calidad, era necesario estudiar los principios por los que se rige la seguridad.

En este sentido, Salter (2007) reconoce que no se puede dar el mismo tratamiento a este tipo de seguridad como el que se da a la calidad o la seguridad ante accidentes. En principio, se basa en el hecho de que no se pueden cuantificar los riesgos ante ataques de la misma forma en que se analiza la satisfacción de los usuarios o los accidentes. El grado de incertidumbre es mucho mayor. Es por tanto necesario estudiar los factores que afectan a la hora de aumentar la posibilidad de evitar los riesgos.

Yoo y Choi (2006) ponen en relevancia los factores y elementos que se tienen que mejorar para aumentar la posibilidad de detectar ítems prohibidos en el proceso de detección de pasajeros. Establece que son más importantes los recursos humanos que las instalaciones, el equipamiento o los procedimientos.

Leone y Liu (2005) hacen lo mismo en cuanto al proceso de detección de equipajes. Establecen que es necesario tener en cuenta el entorno del aeropuerto para poder medir el impacto operacional que tienen los nuevos equipos de seguridad, regulaciones y procedimientos.

Otros autores como Chang (2006) introducen dentro de la gestión de seguridad de los aeropuertos el tratamiento que deben de seguir las mercancías catalogadas como peligrosas. Justifica su inclusión ya que su gestión se puede apoyar en muchos de los procedimientos que los nuevos sistemas de seguridad realizan. Por ello, expone que es necesario tener en cuenta las políticas y regulaciones en cuanto a transporte de mercancías peligrosas, la existencia de agentes destinados a velar por el cumplimiento de estas regulaciones, los procedimientos de carga en bodega por parte de las aerolíneas, los procedimientos de handling y los procedimientos de vigilancia e inspección.

En definitiva, las inspecciones de seguridad han llegado a ser una actividad muy común en todos los aeropuertos. Sin duda alguna estas inspecciones resultan un coste adicional a las instalaciones y conllevan esperas que pueden no ser bien vistas por los usuarios (Olapiriyakul y Das, 2007). En este sentido, Oum y Fu (2007) investigan la relación existente entre el aumento de costes que supone la gestión de la seguridad y la sensación percibida de seguridad.

3.3.6. Transporte Aéreo del futuro

Para poder facilitar el cambio requerido en el transporte aéreo para la segunda mitad de este siglo, e incluso un futuro más lejano, se intuye necesario explorar, de una manera más radical y ambiciosa, tecnologías y procedimientos relacionados con la eficiencia energética, la accesibilidad o la innovación. Por lo tanto, sería interesante que la investigación ampliase sus fronteras a campos como:

- nuevos conceptos para la propulsión y elevación de las aeronaves,
- nuevas ideas para el diseño de los espacios interiores de las aeronaves,
- nuevos métodos de orientación y control de las aeronaves,
- nuevos conceptos para la construcción y ordenación de los aeropuertos,
- métodos alternativos para establecer el funcionamiento de las operaciones del sistema de transporte aéreo e incluso su integración con otros modos de transporte.

3.3.6.1. Acciones dentro del ámbito europeo

El séptimo programa marco es consciente de que existen hitos que han marcado la evolución del sistema de transporte aéreo. Avances en la tecnología, en la concepción de las operaciones o en el entorno que han cambiado radicalmente la evolución del transporte aéreo. Es por ello que, dentro de sus áreas de actuación, tienen cabida iniciativas para conseguir estos nuevos avances que aporten un desarrollo cualitativo del transporte aéreo. En el caso de los proyectos desarrollados en este programa, los esfuerzos se centran en el desarrollo tecnológico, en las operaciones llevadas a cabo en el sistema y en todas aquellas ideas pioneras que se vislumbran como prometedoras.

Por lo tanto, es manifiesto que son necesarios avances tecnológicos para que el transporte aéreo pueda responder a la demanda de la sociedad, cumpliendo los requisitos de la sostenibilidad, dentro de la segunda mitad de este siglo. En este sentido, el trabajo investigador necesita adoptar enfoques menos evolutivos y, a través de enfoques más ambiciosos, explorar vías más radicales que las convencionales. De esta forma, se podrán introducir cambios necesarios en el diseño de las aeronaves que las hagan más eficientes energéticamente y que maximicen su capacidad.

Para ello se está promoviendo el desarrollo de investigación en nuevas conceptos para producir y controlar las fuerzas que gobiernan el vuelo. En particular, de todas aquellas encargadas de provocar la sustentación de las aeronaves. Asimismo, se ha definido como prioritario avanzar en aspectos íntimamente relacionados con las fuerzas en cargadas de la propulsión de las aeronaves.

Por otro lado, se tiene que avanzar en el diseño de los espacios interiores de las aeronaves para aumentar el confort de los pasajeros, diferenciando las preferencias de cada uno, y conseguir una mejor distribución, en términos de capacidad y seguridad, de la carga en bodega teniendo en cuenta los requisitos de cada tipología de producto transportado. Por último, debido a que el interés en el control integral del ciclo de vida de la aeronave va en aumento, la investigación avanza en una nueva concepción de los

procesos de fabricación de aeronaves, que aúnan aspectos como la producción, el mantenimiento y el reciclaje de sus componentes, donde priman los mayores niveles de automatización y la integración de las nuevas tecnologías.

A parte de los avances tecnológicos en el diseño de las aeronaves, también son necesarios nuevos conceptos referidos al conjunto del sistema de transporte aéreo. En este sentido, se diferencian acciones destinadas a obtener nuevas tipologías de aeronaves, nuevos sistemas de guía y control, y nueva formas para realizar la interacción aire-tierra en los aeropuertos.

En cuanto a las nuevas tipologías de las aeronaves, es interesante investigar en nuevos conceptos de diseño que tengan en cuenta los posibles escenarios de utilización, pasajeros y carga, de la capacidad y autonomía de una aeronave. En este sentido, se pretende dotar a las compañías aéreas de un catálogo más amplio de vehículos que se ajusten mejor a las condiciones de cada una de sus rutas.

Para los sistemas de guía y control, que son puntos claves en la seguridad operativa de las aeronaves, se tiene que progresar en la reducción del riesgo de fallo humano. Para ello se está estudiando la posibilidad de introducir tecnologías relacionadas con la robótica, en particular en su capacidad de emular el comportamiento humano, para conseguir la automatización de los procesos.

Y con respecto a la interacción aire-tierra, son importantes los esfuerzos que se están llevando a cabo para integrar y agilizar los distintos flujos de comunicación. De esta forma se prevé mejorar la organización de las operaciones dentro de los aeropuertos replanteándose la función de la comunicación existente entre los agentes dentro de los tres flujos que coexisten: pasajeros, carga y equipajes.

Por último, es interesante investigar en soluciones que contemplen cambios radicales en la forma de actuar del sistema de transporte aéreo. En este sentido se están estudiando vías tales como la de mantener una aeronave continuamente en el aire cubriendo una ruta de intenso tráfico y alimentarla puntualmente con pasajeros y carga. Otra iniciativa es la de conseguir el aterrizaje y el despegue de las aeronaves apoyándose en sistemas de fuerza en tierra. Y, por supuesto, la introducción de nuevas fuentes de energía para la propulsión de las aeronaves más allá de las conocidas actualmente.

3.3.6.2. Revisión de la comunidad científica

Los retos que debe superar el transporte aéreo en las dos próximas décadas han sido recogidos en la Visión 2020, que será expuesta en el apartado siguiente, y a partir de ella se han definido una serie de metas a cumplir como la reducción de las emisiones de óxido nitroso en un 80%, monóxido y dióxido de carbono ambas en un 50%, la reducción del ruido en un 50% y, por supuesto, reduciendo el coste y aumentando la seguridad. Todo esto se tiene que lograr a la vez que se absorbe un aumento esperado en la capacidad y en la demanda.

Superar estos retos implica actuar de forma innovadora en todos los aspectos relacionados con el sistema donde actúan las aeronaves. Incluyendo el sistema de control de tráfico, el transporte en general y la ordenación política.

Por ejemplo, Price (2006) recoge la necesidad de cubrir esas metas marcadas para corto y medio plazo. Asimismo, considera como imprescindible introducir tecnologías innovadoras y desarrollar un proceso integrador, efectivo y eficiente para el diseño del ciclo de vida de las aeronaves. Establece que el hecho de tener que superar límites más restrictivos para la segunda mitad del siglo XXI, implica mejorar las especificaciones técnicas de las aeronaves. Sobre todo cuando la forma y el tamaño de las aeronaves prácticamente no ha variado en los últimos 50 años. Por ello, expone que es necesario introducir la ingeniería de sistemas con el objetivo de integrar disciplinas tradicionales (aerodinámica, estructuras o mecánica de vuelo) con disciplinas orientadas a los usuarios y a los procesos (gestión, transferencia de la tecnología o producción).

Asimismo, Filippone (2008) establece la importancia del análisis de todos los sistemas de las aeronaves para medir su rendimiento. En especial aquellos referidos con la aerodinámica, la propulsión, la aéreo-acústica, la mecánica de vuelo y las operaciones de vuelo. Asegura que el estudio del rendimiento del vuelo de las aeronaves es una rama de la ciencia aeroespacial que evoluciona muy lentamente. Para solucionar este problema sugiere un análisis multidisciplinar del vuelo de las aeronaves basado en el análisis y la optimización numérica y en métodos estocásticos.

En definitiva, estos autores sirven como muestra de que el futuro del transporte aéreo, como el de la mayoría de las áreas de actividad actuales, depende de la capacidad de la sociedad de introducir, dentro de la situación actual del sistema, las técnicas de investigación más modernas.

3.3.7. Proyectos de investigación

Se muestran a continuación una serie de proyectos de ámbito europeo que no se encuentran bajo el amparo del Séptimo Programa Marco. Tienen en común que sus efectos comprenden a varias de las áreas de investigación y que en ellos participan diversos agentes de la Logística de Transporte Aéreo de Mercancías.

- **SESAR (*Single European Sky Air traffic management Research*):** Es el apoyo tecnológico para el cielo europeo único. Su objetivo es el de reestructurar el espacio aéreo europeo en función de sus flujos de tráfico aéreo, crear capacidad adicional e incrementar la eficiencia general del sistema de gestión del tráfico aéreo. Se tiene la intención de eliminar el enfoque fragmentado de gestión del tráfico aéreo europeo. Para ello se propone transformarlo para sincronizar todas las partes interesadas y los recursos de los estados. Como metas para el 2020 se espera que triplique la capacidad de los aeropuertos, aumente en un factor de 10 la seguridad, reduzca en un 10% el impacto ambiental y reduzca los costos relacionados con la gestión del tráfico aéreo en un 50%.
- **Cargo2000:** Es una empresa común en la que intervienen cerca de 60 de las aerolíneas más importantes junto a transitarios, operadores de tierra, compañías de transporte y proveedores de tecnologías de la información. Tienen como objetivo el de implementar técnicas de ingeniería de sistemas en los procesos de carga aérea en la cadena logística del Transporte Aéreo de Mercancías. A partir del estudio del flujo documental, que genera la actividad de transporte de carga, se pretende reformar los sistemas de gestión de información para diseñar acciones correctivas. La idea es el de reducir a más de la mitad los procesos individuales que se producen a lo largo de la cadena logística. Para ello se propone prepararla a un entorno con menos presencial documental. Se espera reducir sustancialmente el tiempo dedicado a la gestión de irregularidades y el requerido para los procedimientos de localización y seguimiento. Cargo2000 conduce a una reducción en los costos de recuperación del servicio y es un pilar clave para el programa de la IATA e-Freight.
- **e-Freight:** Es una ambiciosa iniciativa de la IATA con el objetivo de permitir la creación, transmisión y procesamiento de la información referida a la carga a través del intercambio electrónico de datos. Asimismo, la cooperación con las autoridades aduaneras permitirá su funcionamiento sin soporte de papel en un entorno seguro. Los beneficios de la aplicación de e-Freight incluyen: costos más bajos, un servicio más rápido (con ciclos de tiempo reducidos a 24 horas en promedio), mayor fiabilidad y precisión (gracias a la introducción de datos electrónicos en el punto de origen) y una mejor funcionalidad de la trazabilidad.
- **EUAIRCARGO:** Es un estudio apoyado por la Dirección General de Energía y Transportes de la Comisión Europea encaminado a la eliminación de ambigüedades en la aplicación de los procedimientos de la UE referidos a seguridad de la carga aérea. Tiene como objetivo el de facilitar el cumplimiento del marco regulatorio impuesto por la Comunidad Europea. Para ello pretende desarrollar procedimientos acordes a dicho reglamento junto a los agentes involucrados.

- **ECS (*Export Control System*):** Es un proyecto apoyado por la Unión Europea que pretende la introducción de nuevos procedimientos de la UE para la informatización y control de las exportaciones indirectas. ECS se espera que sea la primera etapa de un Sistema de Exportación Automatizado (Automated Export System, AES) con el objetivo de un sistema informatizado de exportación con normas comunes para la UE.
- **AAS (*Integrated Airport Apron Safety fleet management*):** Este proyecto tiene como objetivo aumentar la eficiencia y la seguridad de los aeropuertos europeos. Para ello pretende desarrollar un sistema que monitorice todos los equipos de servicio en tierra. De esta forma se conseguirá una mejor gestión de estos equipos. Para el desarrollo de este proyecto han entrado en juego gestores de aeropuertos, operadores de tierra, institutos de investigación y compañías de software y telemática.

3.3.8. Desagregación de los aspectos relevantes

Hasta aquí se ha llevado a cabo una revisión de los principales temas relativos al transporte aéreo, manteniendo una especial atención en la modalidad de mercancías, en los que la investigación ha concentrado sus esfuerzos. Gracias a esta revisión, se han puesto en manifiesto una serie de factores que son relevantes a la hora de caracterizar el transporte aéreo. En este apartado se pretende señalar cuáles son dichos factores y agruparlos según los criterios de cada uno de los agentes de la logística de transporte aéreo de mercancías. De esta forma se pretende dar la base a partir de la cual se va a construir la situación actual del transporte aéreo de mercancías.

3.3.8.1. Legislación

L₁: Cielos abiertos:

L₁₁: Mercado de slots: Es necesario implementar un mercado de slots que termine con los derechos adquiridos por las compañías aéreas en determinados aeropuertos. Es imposible establecer una política de cielos abiertos si las franjas horarias de aterrizaje y despegue no están a la disposición, por igual, de todas las compañías aéreas. Por lo tanto, el mercado de slots debe crear un ámbito competitivo en el que todas las compañías aéreas pueden optar a todas las franjas aéreas disponibles en un aeropuerto. Sin duda alguna, es función de la legislación la de definir cómo debe regirse y de controlar que no se producen abusos.

L₁₂: Antimonopolios: En un sentido parecido al mercado de slots y dentro de la política antimonopolios hay que evitar que los cielos abiertos deriven en monopolios. Para ello la legislación debe de vigilar determinadas prácticas llevadas a cabo por las aerolíneas para impedir el acceso de otras compañías aéreas a sus rutas. Por ejemplo, impedir que restrinjan la demanda o que trabajen bajo pérdidas para dificultar la entrada de competidores.

L₁₃: Cohesión territorial: Un problema que puede conllevar los cielos abiertos es el de crear una concentración de las inversiones en infraestructuras aeroportuarias con el objetivo de competir en una escala mundial. Debido a esto es posible que se produzca una descohesión territorial dentro de los estados. La legislación tiene que articular medidas que, favoreciendo los cielos abiertos, aseguren la cohesión entre los territorios.

L₂: Estandarización y uniformidad operacional

L₂₁: Integración de la información: Es importante que el flujo de información implícito en cualquier flujo de mercancías sea accesible, conciso y completo. Esto es, que sea fácil que todo agente que lo necesite acceda a él, que no contenga información redundante y que contenga todos los datos necesarios. Por ello es preciso crear un entorno del tratamiento de la información que permita la informatización de los datos de una manera lógica y sencilla.

L₂₂: Regulación de mercancías singulares: El transporte aéreo de mercancías tiene en la actualidad completos manuales para mercancías peligrosas, los animales vivos y los productos perecederos. Es interesante poder avanzar en la redacción de manuales y la elaboración de procesos destinados al manejo de otros tipos de mercancías que puedan ser transportadas por vía aérea.

L₂₃: Definición de las unidades de carga: Dentro de las unidades de carga en el transporte aéreo de mercancías se diferencian entre los pallets y los contenedores aéreos. La geometría y la capacidad de cada uno de ellos les hacen únicos para determinadas aeronaves. Es imprescindible que estos elementos estén definidos a nivel internacional para permitir su movilidad entre aeronaves.

L₃: Seguridad ante acciones ilícitas

L₃₁: Definición de requisitos: Existen una serie de requisitos de seguridad ante acciones ilícitas que deben de ser conocidos de antemano, de esta forma el diseño y la construcción de los aeropuertos puede tenerlos en cuenta. Asimismo, toda acción encargada a definir los requisitos de seguridad permitirá dimensionar de forma adecuada el tamaño del sistema de seguridad.

L₃₂: Adecuación personal relacionado: La selección del personal relacionado directamente con la seguridad ante acciones ilícitas es imprescindible, de la misma manera que lo es el entrenamiento del personal cuya misión principal no es la seguridad ante acciones ilícitas, pero que su colaboración cuando ocurren es necesaria.

L₃₃: Adopción de medidas preventivas: En cierto modo, la definición de los requisitos de seguridad y la adecuación del personal relacionado ya son de por sí medidas preventivas. Sin embargo, se pueden desarrollar nuevas formas de actuación que aumenten la seguridad ante acciones ilícitas en todos los procesos de carga.

L₄: Protección al medio ambiente

L₄₁: Disminución del número de personas afectadas por el ruido: El ruido, producido principalmente por las aeronaves, es un problema que afecta a los ciudadanos que habitan en las cercanías de los aeropuertos. Por lo tanto son necesarias medidas que disminuyan las perturbaciones sonoras.

L₄₂: Limitación del impacto local de las emisiones: En el mismo sentido que el factor anterior, es necesario impedir la contaminación del agua y del aire del área de influencia de los aeropuertos.

L₄₃: Limitación del impacto global de las emisiones: En cuanto al impacto global del transporte aéreo de mercancías, es necesario establecer medidas destinadas a reducir los gases incluidos dentro de los causantes del efecto invernadero.

3.3.8.2. Industria

I₁: Coste de fabricación

I₁₁: Optimización de los procesos de fabricación: Este factor hace referencia a las iniciativas llevadas a cabo, desde dentro de la industria aeronáutica, para estudiar y modificar su estructura de fabricación con el objetivo de optimizar los procesos que gracias a ella se realizan.

I₁₂: Financiación para la introducción de la innovación: Existe un problema asociado a la innovación, dentro de cualquier ámbito industrial, que está relacionado con la percepción que se tiene con respecto al valor añadido que genera. En el caso de la aviación las nuevas tecnologías pueden conseguir una disminución del consumo de combustible, sin embargo, su implantación está lastrada por el aumento en el coste de fabricación que conlleva introducir estas nuevas tecnologías. Por ello son necesarios programas que ayuden, e incluso financien, la introducción de la innovación por parte de la industria aeronáutica.

I₁₃: Desarrollo de nuevos materiales: El hecho de poder utilizar nuevos materiales que mantengan las propiedades físicas de los antiguos pero sean más baratos permite que el coste de fabricación sea menor.

I₂: Plazo de entrega

I₂₁: Esterrialización: La esterrialización permite la especialización en los procesos de fabricación y la flexibilidad a la hora de atender nuevos pedidos. Aunque existe una economía de escala, por lo menos en las empresas encargadas de ensamblar los componentes de las aeronaves, un proceso de esterrialización asegura la agilidad de la industria aeronáutica para desarrollar y construir nuevos productos.

I₂₂: Sistemas de simulación y validación: Los requerimientos de seguridad contra accidentes que tienen que superar las aeronaves son realmente duros. La industria aeronáutica, para poder superarlos, invierte una gran cantidad de tiempo y de esfuerzos. Por lo tanto, todo sistema que permita simular las condiciones que deben soportar los componentes de las aeronaves y que faciliten su posterior validación, dotará a los prototipos diseñados de un mayor porcentaje a la hora de superar los requerimientos de seguridad.

I₂₃: Nuevas tecnologías de fabricación: Las nuevas tecnologías no hacen solo referencia a los sistemas que componen las aeronaves, sino que incluyen a la forma en la que son fabricados. La industria aeronáutica tiene que dirigir parte de sus esfuerzos a criticar y modificar sus procesos de fabricación para dinamizarlos y aumentar su capacidad.

I₃: Ciclo de vida de la aeronave

I₃₁: Aumento de la vida útil: Sin duda alguna, una de las mejores formas de amortizar el coste de fabricación de la aeronave es ampliando la vida útil de la misma. Por ello

hay que tener en cuenta el efecto que la introducción de los nuevos materiales y sistemas tienen en la vida útil de la aeronave.

I₃₂: Revisiones de mantenimiento: La industria aeronáutica debe de ser la encargada de realizar las revisiones de mantenimiento más importantes a las aeronaves. Por lo tanto, deben de ser planificadas y realizadas de tal manera que favorezca la utilización en las mejores condiciones de la aeronave a lo largo de su ciclo de vida útil.

I₃₃: Reciclaje de los componentes: Una vez que la aeronave ha concluido su ciclo de vida útil deben de ser reciclados sus componentes. Esta es otra función que tiene que realizar la industria aeronáutica. En sus manos está el de reutilizar determinados componentes y el de eliminar, adecuadamente, los que no pueden ser utilizados de nuevo.

I₄: Restricciones ambientales

I₄₁: Consumo de combustible: La industria aeronáutica debe de introducir los nuevos sistemas de combustión y el diseño aerodinámico para disminuir el consumo de combustible por parte de las aeronaves.

I₄₂: Combustibles alternativos: Aunque todavía no estén excesivamente desarrollados los nuevos combustibles para el transporte aéreo, la industria aeronáutica debe de estar preparada para poder introducirlos en sus aeronaves.

I₄₃: Aeroacústica: Al igual que para el consumo de combustible, la industria aeronáutica tiene que tener en cuenta aspectos como la aerodinámica y el diseño de los componentes individuales para respetar las restricciones sonoras.

3.3.8.3. Gestión

G₁: Tasas

G₁₁: Disminución de las prestaciones patrimoniales de carácter público: La construcción de los aeropuertos, principales infraestructuras del transporte aéreo, implica un desembolso económico bastante elevado que suele ser realizado por los organismos públicos de los estados. Para financiar parte de este gasto y, sobre todo, para financiar su mantenimiento, los estados requieren al órgano gestor un coste asociado al uso de estas infraestructuras. Por lo tanto, un objetivo del órgano gestor es el de encontrar fórmulas que disminuyan este tipo de coste.

G₁₂: Disminución de los costes de los servicios prestados por el gestor del aeropuerto: Para aquellos servicios que el órgano gestor del aeropuerto además de supervisar tiene que llevar a cabo por sí mismo es interesante conocer la manera de reducir los costes que le implican.

G₁₃: Concesión de servicios a los proveedores: Para aquellos servicios que el órgano gestor decide poner en modo de concesión tiene que conseguir que sean competitivos y de calidad.

G₂: Nivel de servicio

G₂₁: Infraestructuras: El órgano gestor es el encargado de dotar a las infraestructuras de los sistemas y equipamientos necesarios para aumentar la capacidad ofertada. Asimismo, es el encargado de su mantenimiento y de buscar la manera de poder ampliarlas en el caso del que el aeropuerto se congestionase.

G₂₂: Instalaciones: La posibilidad de manejar determinados productos está limitada por la presencia de las instalaciones necesarias. El órgano gestor tiene que fomentar la construcción de instalaciones específicas que permitan la diversidad de mercancías.

G₂₃: Material móvil: Estos medios aeroportuarios son imprescindibles para realizar las operaciones de embarque y desembarque. El gestor aeroportuario debe llegar al equilibrio justo entre la cantidad de los mismos y la capacidad de movimiento de mercancías que desea tener.

G₃: Área de influencia social

G₃₁: Puestos de trabajo: La presencia de un aeropuerto implica la creación de una gran cantidad de puestos de trabajo tanto directos como indirectos.

G₃₂: Aporte de valor tercera línea: Las empresas ubicadas en el entorno más cercano del aeropuerto tienen acceso al potencial logístico que esta infraestructura les brinda.

G₃₃: Aporte al producto interior bruto: La propia actividad del transporte aéreo asociada a un aeropuerto conlleva un importante aporte al producto interior bruto de su área de influencia.

G₄: Área de influencia ambiental

G₄₁: Mapa de ruidos: El gestor del aeropuerto es el encargado de vigilar, controlar y mitigar los efectos de las perturbaciones sonoras en las poblaciones circundantes a su aeropuerto.

G₄₂: Contaminación del agua: En un sentido parecido, el gestor del aeropuerto debe cerciorarse que la actividad llevada a cabo en el aeropuerto no implica una contaminación en las aguas de su área de influencia.

G₄₃: Contaminación del aire: Análogo a los dos anteriores, el gestor del aeropuerto tiene que tomar medidas para reducir la contaminación del aire producida en el área de influencia.

3.3.8.4. Cadena logística

A.-Usuarios (Demanda)

D₁: Coste del transporte

D₁₁: Transporte terrestre: El transporte aéreo de mercancías implica la combinación de dos modos de transporte donde uno de ellos es el modo aéreo y otro, prácticamente de manera exclusiva, es el modo carretero. Por lo tanto, el usuario de carga aérea debe tener en cuenta que, dentro de la operativa del transporte aéreo de mercancías, existe un coste que se debe imputar al transporte terrestre. Así que siempre es beneficiosa, para el usuario, cualquier acción destinada a aumentar la competitividad entre los operadores logísticos, como son los transitarios, en las áreas de influencia de los aeropuertos.

D₁₂: Intercambio modal: El hecho de que en cualquier operación de transporte aéreo intervengan dos modos de transporte conlleva a que exista un intercambio modal. Por lo tanto, de manera análoga al factor anterior, la existencia de varios agentes encargados de realizar dicho intercambio modal, como son los operadores de tierra, en un aeropuerto disminuye el coste y aumenta la calidad del intercambio modal.

D₁₃: Transporte aéreo: Por último, para completar la operativa de transporte aéreo es necesario que intervenga una aerolínea. Al igual que ocurre con los dos factores anteriores, la existencia de varias opciones dentro de la ruta que interesa al usuario asegura, a priori, un menor coste por el transporte aéreo.

D₂: Calidad del transporte

D₂₁: Orientación a la demanda: Uno de los principales factores que señalan los usuarios del transporte aéreo de mercancías es que, en muchas ocasiones, la oferta no se adecua a la demanda. Por lo tanto, toda opción destinada a acercar los requisitos de los usuarios al resto de los agentes de la logística de transporte aéreo derivará en un aumento de la calidad del transporte.

D₂₂: Frecuencia de ruta: El usuario del transporte de mercancías, especialmente el de carretera, está acostumbrado a que las rutas y las frecuencias de las mismas se adecúen a sus necesidades. Sin embargo, en el transporte aéreo de mercancías normalmente las rutas están fijadas por necesidades ajenas a los usuarios de mercancías. En este sentido, conseguir introducir las necesidades de los usuarios de transporte aéreo de mercancías en la planificación de las frecuencias de las rutas mejorará el servicio recibido.

D₂₃: Puntualidad: A diferencia del transporte aéreo donde los retrasos, que sin duda alguna no son deseados, solo conllevan un perjuicio al pasajero y a la imagen que este tiene sobre el transporte aéreo, en la modalidad de mercancías un retraso puede significar una grave trastorno en la operativa logística global del usuario o un peligro para la mercancía transportada. Por ello los usuarios valoran muy positivamente la puntualidad en los servicios aéreos.

D₃: Valor añadido

D₃₁: Reforzar cadena de transporte: Para un usuario de transporte de mercancías es importante tener opciones a las que recurrir si, en alguna ocasión puntual, necesita reforzar sus cadena de transporte.

D₃₂: Fabricación justo a tiempo: Adoptar la filosofía de producción de justo a tiempo implica trabajar con niveles de reservas de componentes muy bajas. El transporte aéreo de mercancías es un seguro en cuanto a poder restablecer el suministro en ocasiones en el que este falle.

D₃₃: Acceso a nuevos mercados: El carácter internacional del transporte aéreo es una puerta de entrada y salida para nuevos productos. Por lo tanto, el acceso a estos nuevos mercados conlleva un valor añadido para los usuarios del transporte aéreo.

D₄: Mercancías especiales

D₄₁: Necesidad de velocidad: Productos como lo perecederos, los envíos urgentes o la moda tienen como característica que requieren una elevada velocidad a la hora de ser transportadas. Por lo tanto, las medidas que se lleven a cabo en el transporte aéreo de mercancías para aumentar la velocidad en el transporte conllevaran que los usuarios de transporte de mercancías utilicen este medio para su transporte.

D₄₂: Necesidad de manejo: Productos como las obras de arte o los animales vivos tienen en común que necesitan de un manejo adecuado cuando son manipuladas durante su transporte. Por lo tanto, las medidas que se lleven a cabo en el transporte aéreo de mercancías para aumentar el manejo adecuado durante el transporte conllevaran que los usuarios de transporte de mercancías utilicen este medio para su transporte.

D₄₃: Necesidad de seguridad: Mercancías como las peligrosas o las de alta densidad de valor tienen asociadas elevadas medidas de seguridad en su manejo y transporte. Por lo tanto, las medidas que se lleven a cabo en el transporte aéreo de mercancías para aumentar la seguridad en el transporte conllevaran que los usuarios de transporte de mercancías utilicen este medio para su transporte.

B.-Compañías aéreas

O₁: Coste de operación

O₁₁: Mano de obra: La aparición de las aerolíneas de bajo coste, en la modalidad de pasajeros, demostró que en el transporte aéreo había una escasa productividad en ciertas áreas del negocio. Por ello es interesante cualquier iniciativa destinada a mejorar la productividad de los trabajadores en la modalidad de mercancías.

O₁₂: Servicios aeroportuarios: Parte del transporte aéreo de mercancías se mueve en aeropuertos con un flujo pequeño tanto de mercancías como de pasajeros. Esto conlleva que no exista variedad de agentes que puedan prestar los servicios

aeroportuarios. Por lo tanto, esta ausencia de competitividad implica tasas bastante elevadas. Así que las compañías aéreas requieren que esta competitividad aumente.

O₁₃: Mantenimiento y/o amortización: Este factor se refiere a la relación que establecen la industria aeronáutica y las compañías aéreas a la hora del suministro y utilización de las aeronaves. En este sentido son interesantes nuevas ideas que aproximen el coste de fabricación, en el que incurre la industria aeronáutica, y el coste de amortización por la utilización de las aeronaves por parte de las compañías aéreas.

O₂: Tiempo de escala

O₂₁: Aproximación, aterrizaje y despegue: La introducción de nuevos sistemas que favorezcan la velocidad con la que se realizan estas operaciones permitirá que las compañías reduzcan su tiempo de escala en los aeropuertos.

O₂₂: Operaciones aeroportuarias: De forma análoga al factor anterior, para reducir el tiempo de escala en los aeropuertos es necesario que los operadores aeroportuarios tengan una alta preparación y dispongan de los más modernos medios aeroportuarios.

O₂₃: Slots: Aparte de permitir que las compañías aéreas puedan competir por la consecución de las franjas aéreas, también es necesario dimensionarlas en relación con la tecnología presente.

O₃: Seguridad del servicio

O₃₁: Mantenimiento de aeronave: Este factor hace referencia a la necesidad de mejorar los protocolos de revisión y mantenimiento de las aeronaves antes y después de cada trayecto.

O₃₂: Operaciones de carga: Es necesario disminuir la posibilidad de que en el proceso de manipulación de la carga la aeronave pueda ser dañada.

O₃₃: Detección de riesgos: Se tienen que mejorar los sistemas de detección de posibles riesgos para la aeronave tanto en tierra como en vuelo.

O₄: Emisiones y ruido

O₄₁: Inclusión en el mercado de emisiones: La reducción de emisiones de CO₂ puede convertirse en una prioridad para las compañías aéreas si al final se introduce el sector en el mercado de emisiones europeo.

O₄₂: Ruido certificado y determinado: En la actualidad las aerolíneas ya tienen que hacer frente a costes económicos por el ruido asociado a sus aeronaves.

O₄₃: Cambio climático: El CO₂ no es el único gas causante del cambio climático que produce el transporte aéreo. Por lo tanto, con el objetivo de prepararse ante una posible política de quien contamina paga, las aerolíneas deben controlar las emisiones de gases contaminantes.

3.4. RETOS DEL TRANSPORTE AÉREO

Decidir cómo va a evolucionar la sociedad a lo largo del siglo XXI es un ejercicio realmente difícil. Lo que no es arriesgado es afirmar que está evolución tendrá que lidiar con dos nuevas realidades. Por un lado aparece la denominada Nueva Economía, modelo económico caracterizado por la globalización de los mercados y la aparición de nichos de negocio relacionados con las nuevas tecnologías de la comunicación. Por otro lado, aparece el término de desarrollo sostenible. Este término fue acuñado en el Informe Brundtland (1987) con el objetivo de recoger la obligación de atender las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro.

En definitiva, se ha establecido un entorno globalizado y bien comunicado con restricciones al crecimiento que se alejan de consideraciones puramente económicas. Esta realidad tiene una implicación que excede los límites de las fronteras de los estados y que exige de colaboración a nivel internacional.

Para Europa, en temas referidos al transporte aéreo, esta colaboración se consolidó en el año 2000 cuando el Comisario europeo Pillipe Busquin invitó a un Grupo de Personalidades a establecer una ambiciosa visión, a medio y a largo plazo, para el futuro de la aeronáutica y el transporte aéreo. El Grupo de Personalidades estaba compuesto por miembros de los sectores de la aviación, de las compañías aéreas, fabricantes de equipos y motores, políticos, gestores del tráfico aéreo y académicos.

Esta colaboración se materializó en la redacción de un documento (*European Aeronautics, a Vision for 2020*) donde se recogían los retos que debía abordar el transporte aéreo para conseguir responder a las futuras necesidades de la sociedad. Asimismo, se constituyó el grupo asesor para la investigación aeronáutica en Europa conocido por sus siglas en inglés ACARE (*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe*). Este grupo se ha encargado de elaborar las agendas de investigación estratégicas (*Strategic Research Agenda*, RSA) con el objetivo de promover líneas de investigación destinadas a dar solución a los problemas que surgen a la hora de intentar superar los retos definidos.

En esta tesis se decide utilizar las recomendaciones del ACARE para iniciar el análisis del Transporte Aéreo. La justificación de esta decisión está basada en el carácter estratégico que persigue la tesis y que también acompaña a las recomendaciones del ACARE. En particular se destacan los siguientes tres aspectos:

- **Continuidad en su trabajo:** Con la creación del grupo, en el año 2001, se establecieron una serie de hitos cuyo objetivo era el de establecer una agenda estratégica que guiase la investigación en temas referidos al Transporte Aéreo. Es manifiesto que esos hitos se han cumplido elaborando dos agendas estratégicas (SRA1, 2002 y SRA2, 2004]). También es importante destacar que la segunda agenda estratégica complementa a la primera.

Asimismo, la SRA2 fue actualizada a través de un apéndice en el año 2008, por lo que se demuestra un claro interés de mantener al día los objetivos de las agendas estratégicas. Por último, se mantiene viva la labor prospectiva del grupo. Esto se

consigue ampliando la visión, más allá de la dada inicialmente hasta el 2020, en un documento elaborado en el año 2010 (*Aeronautics and Air Transport: Beyond Vision 2020*).

- **Influencia de su trabajo:** La Comunidad Europea ha incorporado las recomendaciones realizadas por el ACARE para la definición de las convocatorias para proyectos europeos. Son más de 200 proyectos incluidos en los Programas Marco los que se basan en objetivos y líneas de investigación establecidas en alguna de las agendas estratégicas. Asimismo, también están muy influenciados por estas recomendaciones otros proyectos de colaboración a largo tiempo. Proyectos como son el SESAR, referido a la gestión del tráfico aéreo, y el Clean Sky, dirigido a mejorar el impacto que tiene el transporte aéreo en el medio ambiente.
- **Similitud metodológica:** La constitución del ACARE como grupo asesor parte de considerar al Transporte Aéreo de una forma análoga a como se le considera en esta tesis. Se entiende el Transporte Aéreo como un conjunto de agentes que interactúa por lo que son ellos los idóneos para definir el futuro del sistema. Por ello se reunió un grupo significativo de agentes, en altos puestos de gestión dentro de las distintas áreas que componen el transporte aéreo, y se les hizo que definiesen la situación futura del transporte aéreo. A partir de esa visión se establecieron los retos que hay que superar para alcanzar exitosamente la situación futura. Las agendas de investigación surgieron como la hoja de ruta que permitirá superar dichos retos.

En definitiva, el Transporte Aéreo del futuro debe alcanzar una serie de metas como son: la reducción de las emisiones de óxido nitroso en un 80%, de monóxido y dióxido de carbono ambas en un 50%, la reducción del ruido en un 50% y, por supuesto, reduciendo el coste y aumentando la seguridad. Todo esto se tiene que conseguir a la vez que se absorbe un aumento esperado en la demanda. Para ello, desde el ACARE, se identificaron los siguientes 5 retos:

- El reto de la calidad y la asequibilidad
- El reto de un sistema aéreo eficiente
- El reto de la seguridad ante accidentes
- El reto de la seguridad ante acciones exteriores
- El reto del impacto ambiental

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de los retos. En cada caso se introducen los aspectos relevantes que implican la consecución, o no, de cada uno de los retos.

3.4.1. Asequibilidad y calidad

Hasta hace poco tiempo el transporte aéreo estaba al alcance de un número muy reducido de personas y de mercancías. La principal barrera, que impedía su uso generalizado, era su elevado coste lo que llevaba implícito que el número de frecuencias también fuera bajo. El uso del transporte aéreo era considerado un bien de lujo y, a diferencia del resto de modos de transporte, no se guiaba por consideraciones propias de un entorno competitivo. Era un modo de transporte poco asequible y con unos estándares de calidad que no estaban basados en los requerimientos establecidos por los usuarios.

En la actualidad el coste asociado al transporte aéreo ha disminuido y ha permitido un acceso más generalizado. Este hecho es especialmente visible en la modalidad de pasajeros donde las compañías de bajo coste han acercado el transporte aéreo a un amplio espectro de la sociedad. Este mayor contacto de los usuarios con el modo de transporte aéreo ha conllevado un aumento en los requisitos de calidad. Los pasajeros esperan que su experiencia sea confortable, saludable, con ausencia de ruidos, mejores servicios tanto de catering como de entretenimiento, etc.

El transporte aéreo no se ha mantenido ajeno a esta evolución y hoy en día el número de productos transportados por vía aérea ha aumentado tanto en cantidad como en variedad. En principio, esto se debe a la fabricación de productos de mayor densidad de valor lo que incrementa la cantidad de los mismos que son susceptibles para ser transportados por vía aérea. Además, de razones económicas, la asequibilidad referida a las mercancías está relacionada con aspectos técnicos. Como por ejemplo, la duración y la frecuencia de los vuelos y la existencia de instalaciones y servicios adecuados a los productos. Por lo tanto la asequibilidad está relacionada con la posibilidad de transportar el producto, en el tiempo y coste deseados y bajo las condiciones necesarias. En cuanto al término de calidad relacionado con las mercancías hace referencia a requerimientos de puntualidad, accesibilidad a los aeropuertos, trazabilidad del envío, etc.

La asequibilidad y la calidad son propiedades que deben de extenderse a todas las operaciones y procesos que conforman el conjunto de experiencias de los agentes del sistema de transporte aéreo de mercancías. De esta forma, se espera dotar al transporte aéreo de la competitividad necesaria para hacer atractivos sus servicios de carga aérea. Para ello es necesario tener en cuenta los requisitos de asequibilidad y calidad en todas las etapas del transporte aéreo. Desde el diseño de las leyes que lo regulan hasta en los servicios ofrecidos por un operador de tierra.

En definitiva, para conseguir que el transporte aéreo de mercancías sea más asequible y de mayor accesibilidad se han definido las siguientes metas:

- Reducir la proporción del transporte en los costes de los usuarios
- Aumentar el valor añadido referido a los usuarios
- Diversificar las opciones de elección disponibles para los usuarios

Para cumplir con las metas anteriores se identifican los siguientes aspectos relevantes.

AQ₁: Reducción de los costes de transporte: Este aspecto hace referencia a los costes de operación que incluyen el coste de propiedad y mantenimiento de aeronaves, instalaciones y equipos, el coste de combustible y el coste de personal tanto en vuelo como en tierra. También se refiere a los costes asociados a los seguros obligatorios y a las tasas aeroportuarias. En definitiva, a todos los costes asociados al transporte de mercancías por vía aérea. Su reducción es un paso imprescindible para hacer el transporte aéreo más asequible para los usuarios de carga.

AQ₂: Adaptar los servicios a las necesidades de los usuarios de carga: Este concepto se refiere a los servicios que se prestan al responsable de la mercancía. Hay que ofrecer una amplia gama de servicios que le permitan escoger dependiendo de la tipología de producto transportado y los requerimientos temporales. Por ejemplo, con servicios para perecederos, productos peligrosos o de urgencia. También es importante impulsar la percepción de valor añadido asociado al transporte aéreo. Por ejemplo, poniendo a su disposición herramientas que permiten conocer la situación de la mercancía en todo momento o que facilitan la gestión de los envíos.

AQ₃: Aumento de la disponibilidad de servicios de carga: Junto una variedad adecuada de servicios es necesario que estos estén disponibles en un mayor rango temporal y espacial. Para ello se pueden aumentar las horas de operación de los aeropuertos permitiendo movimientos de carga las 24 horas del día. Asimismo, se puede conseguir un mayor número de aeropuertos con servicios de carga explotando las sinergias que aparecen en el uso combinado de mercancías y pasajeros.

AQ₄: Integración de los servicios de carga a los procesos de diseño: Con este aspecto se hace referencia a la necesidad de aplicar algún tipo de ingeniería de sistemas que integre las disciplinas tradicionales (aerodinámica, estructuras o mecánica de vuelo) con disciplinas orientadas a los usuarios y a los procesos (gestión, transferencia de la tecnología o producción). Por ejemplo, lo que se pretende es, que el diseño de los sistemas de comunicación de las aeronaves tenga en cuenta los procedimientos de gestión del tráfico aéreo, los procedimientos de guiado en tierra y los procedimientos de carga y descarga. De esta forma se están incorporando los principales requisitos establecidos por la carga aérea al tejido productivo y de gestión encargados de darle sustento. En definitiva, se consigue que sea más competitiva.

3.4.2. Sistema de transporte aéreo eficiente

El término eficiencia ya ha sido definido en el capítulo anterior. Se ha visto que está relacionado con hacer las cosas bien. Una explicación sencilla de su significado es la de alcanzar las metas establecidas utilizando la menor cantidad de los recursos disponibles. En el caso del transporte aéreo de mercancías el uso de los recursos está íntimamente relacionado con la utilización de los aeropuertos y las aeronaves. Sin embargo, no se trata únicamente la eficiencia de los aeropuertos y las aeronaves y sí del sistema del transporte aéreo por completo. Esto se debe a que es el conjunto de agentes de la logística del transporte aéreo de mercancías el encargado de hacer las cosas de una manera correcta. Esta involucración de todos los agentes conlleva que la búsqueda de la eficiencia haya sido un principio seguido a lo largo del siglo XX.

Los esfuerzos que actualmente se están haciendo desde la legislación están enfocados en conseguir que, en el entorno internacional del transporte aéreo, existan unos estándares globalmente aceptados. Para ello es muy importante la normalización de los documentos exigidos en los diferentes estados. También debe de tener en cuenta los avances tecnológicos a la hora de revisar las regulaciones vigentes y redefinirlas para obtener el máximo rendimiento de dichos avances.

En este sentido, la investigación es la encargada de desarrollar, en estrecha colaboración con el resto de los agentes, los equipos y sistemas que permiten que las aeronaves y los aeropuertos sean más eficientes. En ocasiones esta tecnología tarda en ser aplicada porque exige un alto desembolso económico. La mejor forma de convencer, a los altos órganos de gestión de los aeropuertos y de los componentes de la cadena logística, de la necesidad de incorporar los nuevos avances es demostrando los beneficios que están asociados con los desarrollos tecnológicos. Para ello es necesario elaborar metodologías que permitan medir la eficiencia global del sistema en diferentes escenarios.

Por último, los gestores de las infraestructuras aeroportuarias junto a los componentes de la cadena logística aérea de mercancías tienen un papel importante en la eficiencia desde un punto de vista operativo. Son los encargados de llevar a cabo todas las operaciones dentro de los aeropuertos y deben realizarlas de una forma ordenada, racional y, sobre todo, consensuada. Tienen que tener en cuenta que en muchas ocasiones deben de compartir infraestructuras e instalaciones, equipamientos y material móvil. Por ello, es necesario que exista una estricta planificación para maximizar el uso de los recursos y minimizar el uso de los mismos en vacío.

En definitiva, es necesario conseguir que el transporte aéreo de mercancías sea más eficiente con el fin de alcanzar las siguientes metas:

- Aumentar en tres veces el tráfico actual
- Conseguir que el 99% de los vuelos no superen los 15 minutos de retraso
- Aeropuertos abiertos 24 horas y 365 días al año

Para cumplir con las metas anteriores se identifican los siguientes aspectos relevantes.

TE₁: Mejora de la gestión del tráfico aéreo: Es el encargado de regular el espacio aéreo correspondiente a un aeropuerto. Debe dar apoyo a las operaciones de ubicación en pista, despegue, aproximación y aterrizaje. Por lo tanto la capacidad de asimilar mayor número de movimientos aéreos dependerá de la rapidez con la que se realicen dichas operaciones. Las principales limitaciones presentes en el sistema de gestión, que hacen que no se puedan realizar las operaciones con mayor velocidad, están relacionadas con la ausencia de automatización en los procedimientos, con regulaciones excesivamente restrictivas y con que la información necesaria varía en cada aeropuerto y no llega con la suficiente antelación.

TE₂: Optimización de las operaciones en tierra: Hace referencia a todas las operaciones que se llevan a cabo en el aeropuerto y que no están bajo la supervisión del sistema de gestión aéreo. Entre ellas se encuentran el mantenimiento de aeronaves, la carga y la descarga, el traqueteo de mercancías, la consolidación y desconsolidación de los cargamentos, etc. Para realizar dichas operaciones se dispone de instalaciones, de material móvil, de recursos humanos, equipamientos, etc. La naturaleza finita de estos recursos implica la necesidad de establecer procesos que organicen dichas operaciones de una forma racional.

TE₃: Integración de los flujos de información: El transporte aéreo está articulado por un conjunto de agentes que se encuentran relacionados entre sí. Cada uno de ellos debe organizar su actividad dependiendo de los demás. Para ello requiere de un flujo de información continuo y completo. En muchas ocasiones el acceso a la información es complejo por la ausencia de referencia electrónica de la misma. En otras, la ausencia de estandarización hace que se acumule mucha documentación redundante o de difícil interpretación. Es por tanto necesario normalizar los documentos requeridos y articular procedimientos para su elaboración y presentación de forma telemática.

TE₄: Aumento de la capacidad de las aeronaves: Con el objetivo de satisfacer el aumento del tráfico previsto es imprescindible aumentar la capacidad de carga y autonomía de las aeronaves. Para ello se puede actuar directamente en la construcción de las aeronaves haciéndolas más grandes y con mejores sistemas de propulsión. También se puede actuar en una mejor ocupación de los contenedores y pallets aéreos. Esta ocupación tiene que tener en cuenta la tipología del producto transportado, su origen y su destino.

3.4.3. Seguridad ante accidentes

El requerimiento de seguridad es intrínseco a toda actividad humana y el que sea tratado con mayor o menor interés depende de los efectos de la ausencia de la misma. Este es el caso del transporte aéreo que, a pesar de tener asociada una baja tasa de accidentes, vive en una continua búsqueda de la seguridad debido a que sus escasos accidentes tienen consecuencias fatales.

En este apartado lo que se quiere tratar es la seguridad ante accidentes y no la seguridad ante acciones externas que será tratada en el apartado siguiente. Esta última hace referencia a la necesidad de prevenir las acciones hostiles que intentan interferir en el sistema de transporte aéreo y que son exógenas al funcionamiento normal del propio sistema. Mientras que la seguridad ante accidentes recoge las acciones necesarias para limitar la tasa de fallo que es inherente a la actividad de un sistema que ha sido diseñado dentro de un marco específico de regulación y que, a priori, debería funcionar. En el caso del transporte aéreo de mercancías está enfocada a evitar las causas que conlleven riesgos a las personas y a las mercancías y a mitigar los efectos de los accidentes.

En principio, la principal causa de accidentes en el transporte aéreo está relacionada con el fallo humano. Por lo que el objetivo principal tiene que ser el de facilitar o sustituir la intervención humana para que su tasa de fallo sea la menor posible. En este sentido es necesario analizar el sistema actual y los nuevos requisitos asociados al aumento de la capacidad del sistema, a la puntualidad del mismo y a la necesidad de trabajar bajo todas las condiciones.

Por un lado se está buscando aumentar el tráfico aéreo, se está hablando de llegar a triplicarlo, lo que conllevará un aumento de los movimientos y las operaciones que tienen asociadas. Los protocolos de seguridad tienen que adaptarse a las nuevas tasas de tráfico y asimilar un flujo mayor de pasajeros y mercancías.

El problema se agrava cuando también es necesario poder volar bajo cualquier condición meteorológica por lo que la prevención de accidentes tendrá que estar preparada para las inclemencias climáticas. Asimismo, se espera aumentar la puntualidad de los vuelos por lo que los estándares de seguridad no deben afectar a pérdidas innecesarias de tiempo que conlleven retrasos.

Por último, se espera que los aeropuertos estén en servicio 24 horas los 365 días al año lo que implica una mayor necesidad de personal que tiene que ser formado en temas referidos con la seguridad ante accidentes.

En definitiva, el transporte aéreo, en particular el de mercancías, necesita aumentar su capacidad, no tener ningún tipo de restricción, mejorar la puntualidad y estar más horas en servicio. Además, con el objetivo de mantener la sensación de seguridad que tiene asociada el transporte aéreo, se le está pidiendo que satisfaga dichas necesidades y que cumpla la siguiente meta referida a la seguridad ante accidentes:

- Reducir la tasa de accidentes en un 80%

Para cumplir con la meta anterior se identifican los siguientes aspectos relevantes.

SA₁: Disminución del error humano: Se sabe que los errores son rara vez por negligencia, si no que se derivan normalmente de malentendidos, de la confusión, de interpretaciones erróneas de los datos y de la manera de interactuar de las personas con las máquinas. El error humano siempre estará con nosotros. La reducción de las consecuencias de estos errores es un objetivo primordial. Para conseguirlo es necesario comprender cómo las personas reaccionan ante la información que reciben. Gracias a esto se podrá presentar de manera más adecuada y se diseñaran sistemas capaces de anticiparse y reaccionar ante los posibles errores humanos.

SA₂: Mejora de los sistemas de aproximación y guiado: Las operaciones donde se concentran la mayor parte de los accidentes aéreos son las de aterrizaje, despegue y aproximación. En estas operaciones entran en juego aspectos que aumentan, significativamente, los riesgos a los que se somete una aeronave. Primero, se produce el cambio de tierra a aire con el conjunto de dificultades que esto implica. Y segundo, aumenta la densidad de aeronaves por lo que se incrementa las probabilidades de accidente entre ellas. Para reducir estos riesgos, los sistemas de aproximación y de guiado, deben de evolucionar para poder procesar una mayor cantidad de información y producir procedimientos que no pongan en riesgo la integridad de las aeronaves.

SA₃: Aumento del control en vuelo: La meteorología conlleva riesgos que no son controlables y que pueden implicar pérdida en la estabilidad de la aeronave que repercute en las condiciones de las mercancías. El hecho de que la meteorología no sea controlable no significa que no se pueda predecir. Para ello, con el objetivo de evitar los riesgos meteorológicos, se tiene que desarrollar sistemas que midan las condiciones atmosféricas y anticipen el comportamiento meteorológico. Sin embargo, no siempre se pueden evitar dichos riesgos por lo que hay que asegurar la mercancía en todo momento. El diseño de los contenedores y pallets aéreos, junto con el correcto dimensionamiento de los sistemas de fijación, permite controlar las condiciones de la carga en vuelo.

SA₄: Aumento del control en tierra: El transporte aéreo de mercancías requiere una gran cantidad de operaciones anteriores al despegue y aterrizaje de las aeronaves. Algunas de ellas implican la utilización de vehículos y equipos que suponen un peligro tanto para los operarios como para las mercancías. Su correcta utilización pasa por una preparación específica de los operarios y por una definición precisa de las normas de uso. Todos los procedimientos deben de estar adecuadamente diseñados teniendo en cuenta los recursos humanos y materiales con los que se cuenta. De esta forma se consigue hacer del aeropuerto un entorno seguro para los trabajadores y exento de riesgos para los pasajeros y las mercancías.

3.4.4. Seguridad ante acciones exteriores

Los ataques a los EE.UU. en septiembre de 2001 pusieron de manifiesto la naturaleza expuesta del sistema de transporte aéreo mundial, de tal manera que llevó al ACARE a incluir la seguridad ante acciones exteriores como un reto independiente, reto que no había sido destacado en la primera visión en el año 2000. Una nueva realidad había surgido, la posibilidad de los terroristas de utilizar las aeronaves como armas de destrucción masiva, y se puso en relevancia una serie de cuestiones ajenas a la concepción tradicional que se tenía de la gestión de seguridad asociada con el transporte aéreo.

Las principales diferencias existentes entre la denominada seguridad ante ataques externos y la tradicional seguridad ante accidentes son dos. En primer lugar, la seguridad ante accidentes se refiere a operaciones seguras dentro de un sistema planificado y gestionado, mientras que la seguridad ante ataques externos se refiere a acciones deliberadas de terroristas o criminales. En segundo lugar, la prioridad que debe darse a las medidas de seguridad ante acciones externas tiene una componente esencialmente política que requiere liderazgo para elaborar las medidas necesarias. Esto implica que la percepción que se tiene hacia este tipo de seguridad varíe en relación con la situación política mundial del momento.

En este sentido la sociedad, hasta este momento, ha tenido a una predisposición positiva a soportar los inconvenientes asociados a las medidas que se han estado llevando a cabo para impedir las posibles amenazas externas. Sin embargo, la sensación de que las medidas en muchas ocasiones son desproporcionadas y la variabilidad de la percepción de inseguridad hacen que la sociedad exija un sistema de seguridad que se adapte mejor a sus necesidades.

Dentro de estas necesidades se encuentra, por supuesto, el hecho de hacer del transporte aéreo un medio menos expuesto ante las amenazas terroristas, pero también, la obligación de controlar el tránsito de sustancias peligrosas e ilegales. Sin duda alguna, esta necesidad ha estado presente en cualquier modo de transporte desde los inicios del mismo, el hecho de incluirla dentro de la seguridad ante acción externas se debe a que tiene características que hacen que se obtengan beneficios al tratarla conjuntamente con la prevención ante ataques terroristas.

La principal característica en común que tienen los ataques terroristas y el comercio ilegal es que no existe un modelo predeterminado para este tipo de acciones, por lo tanto, el trabajo de seguridad tendrá que abarcar todos los componentes del sistema de transporte aéreo. En especial, la seguridad de la infraestructura de navegación y gestión del tráfico aéreo, la seguridad del aeropuerto y la seguridad en el interior de la aeronave cuando se encuentra en vuelo.

En definitiva, se puede resumir el objetivo que se persigue en el de conseguir:

- Un sistema dinámico para la gestión de la seguridad ante acciones externas

Para cumplir con la meta anterior se identifican los siguientes aspectos relevantes.

AE₁: Mejora de la protección de los sistemas de navegación y gestión de tráfico:

Como se ha avanzado en el apartado anterior las operaciones de aterrizaje, despegue y aproximación aumentan las posibilidades de accidente de una aeronave. Para evitar que se produzcan estos accidentes el transporte aéreo está dotado de complejos y modernos sistemas de navegación y gestión de tráfico. En muchas ocasiones los pilotos se apoyan exclusivamente en ellos para el pilotaje de la aeronave. Por lo tanto, son vitales para la seguridad del transporte aéreo y tienen que estar protegidos ante posibles ataques exteriores. La suplantación, interferencia o inhabilitación de estos servicios conllevaría a la pérdida de control del tráfico aéreo y, con ello, poner en riesgo tanto al aeropuerto como a las aeronaves que en ese momento se encontrasen en su espacio aéreo.

AE₁: Aumento del control de acceso y detección de sustancias ilegales: En los aeropuertos coexisten instalaciones cuyo uso indebido puede acarrear grandes desgracias. Es necesario restringir el acceso a dichas instalaciones y a todo espacio donde se pudiese tener contacto no permitido con las aeronaves. Asimismo, los aeropuertos son las puertas de entrada y salida para el comercio internacional, por lo tanto, se convierten en nudos de comunicación propensos al tránsito de sustancias ilegales. Estas sustancias ilegales incluyen drogas, contrabando, explosivos, etc. Algunas son peligrosas para la propia integridad del aeropuerto y otras por indebido uso futuro. Por lo tanto, los sistemas de vigilancia tienen que cubrir toda el área del aeropuerto y establecer barreras puntuales capaces de detectar todo tipo de sustancia. También es necesario introducir la vigilancia en tiempo real con mecanismos que detecten, de forma automática, posibles fallos en los controles de seguridad puntuales.

AE₁: Desarrollo de la formación del personal: El sistema de seguridad ante acciones exteriores está formado por un personal especializado que requiere de una continua formación, como cualquier trabajador en su ámbito laboral. No obstante, debido a la naturaleza imprevisible de las acciones exteriores y que sus efectos, normalmente, no son localizados es imprescindible formar a los agentes de la cadena logística del transporte aéreo para que sepan reaccionar en diferentes situaciones.

3.4.5. Impacto medioambiental

El impacto medio ambiental engloba todos los efectos que el sistema de transporte aéreo produce sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El problema reside en que la mayoría de estos efectos son negativos para la naturaleza y con ello para la vida humana. Por lo tanto, es necesario analizar la actividad para, por un lado, evitar los impactos irreversibles en la naturaleza y por otro lado, elaborar mecanismos para tratar aquellos impactos reversibles que son persistentes en el tiempo.

En cuanto a las causas en el transporte aéreo se identifican, por su importancia, impactos ambientales relacionados con las emisiones de sustancias contaminantes y con la generación de ruido. Es evidente que las emisiones tienen un ámbito de acción a escala global mientras que el ruido es considerado dentro de un ámbito local. Por lo tanto, es una responsabilidad que se extiende a todos los agentes de la logística del transporte aéreo y que implica una coordinación entre las organizaciones internacionales y nacionales.

El estudio del impacto ambiental tiene doble importancia para el transporte aéreo. Es imprescindible para la inevitable lucha que se ha de mantener contra el cambio climático, pero también, es la manera más exitosa de superar las limitaciones que los recursos fósiles ponen al desarrollo de los modos de transporte.

Sin duda alguna, el futuro del transporte aéreo pasa, como el de todos los medios de transporte, por la diversificación de las fuentes de energía que utiliza. Pero hasta llegar a este punto, es necesario avanzar en conseguir una eficiencia energética que permita reducir las emisiones bajo el principio de controlar el consumo de combustible en todos los procesos del transporte aéreo.

Por último, dentro del estudio de la huella ecológica, surge la necesidad de controlar el efecto de los equipos e instalaciones, utilizados en la actividad del transporte aéreo, más allá de su vida útil. Con esto se pretende incluir dentro del estudio todo el ciclo de vida de los productos relacionados con el transporte aéreo, lo que incluye su fabricación, utilización y posterior reciclaje o eliminación.

En definitiva, son cuatro metas principales las que se han identifican a la hora de reducir el impacto ambiental del transporte aéreo y están relacionadas con:

- La reducción de las emisiones de CO₂ en un 50%.
- La reducción del NO_x en un 80%.
- La reducción de la percepción externa de ruido al 50%.
- Hacer un sustancial progreso reduciendo el impacto ambiental de la fabricación y mantenimiento de las aeronaves y productos relacionados con el sistema de transporte aéreo.

Para cumplir con las metas anteriores se identifican los siguientes aspectos relevantes.

IA₁: Disminución de emisiones de CO₂: Como se ha avanzado el propósito de reducir en un 50% las emisiones actuales de CO₂ pasa por reducir el consumo de combustible. Para ello hay que tener en cuenta aspectos relacionados con la aerodinámica y la propulsión de las aeronaves. Es por tanto necesario avanzar en aspectos relacionados con el fuselaje y los motores. Estos cambios conllevarán modificaciones en la forma y tamaño de las aeronaves y permitirán un mejor control del vuelo. Asimismo, es imprescindible desarrollar acciones destinadas a organizar de forma lógica los procedimientos operativos tanto en vuelo como en tierra. Esto implica que los sistemas de gestión de tráfico y los aeropuertos deben de ser analizados desde un punto de vista medio ambiental.

IA₂: Disminución de emisiones de NO_x: La reducción del 80% de las emisiones de NO_x está íntimamente relaciona con los procesos de combustión de los combustibles. Por lo tanto, será necesario implementar mejoras en las tecnologías de combustión y en la utilización racional del combustible. A estas emisiones, junto a las de CO₂, se les puede asociar un coste económico, que se puede denominar ambiental, con el fin de internalizar los costes en la cadena logística y hacer a los agentes participes de las medidas para terminar con ellas.

IA₃: Limitación de la generación de ruido: En cuanto a la reducción de la percepción externa de ruido, al tratarse de un problema de un marcado carácter local, hay que llevar a cabo un principal esfuerzo para proteger las zonas limítrofes de los aeropuertos. Por un lado, se actuará de nuevo a través de un diseño aéreo-acústico tanto del fuselaje de la aeronave como de los motores encargados de su propulsión. Por otro lado, el sistema de gestión de tráfico aéreo tiene que tener en cuenta que debe ayudar a satisfacer el mapa de ruidos que respete la legalidad vigente del territorio circundante.

IA₄: Mejora del control del ciclo de vida del producto: Por último, las buenas prácticas medio ambientales tendrán que tener reflejo en el conjunto de procesos de fabricación y mantenimiento de las aeronaves. Asimismo, el interés medioambiental se debe de trasladar a los procesos de fabricación de los equipos necesarios para dar servicio a las operaciones de las aeronaves en los aeropuertos. Para ello, el conjunto de la industria relacionada con la aeronáutica y el transporte aéreo deberá guiarse por principios basados en la utilización eficiente de los recursos y en la gestión responsable de los materiales y procesos peligrosos.

CAPÍTULO 4. MODELO DE ANÁLISIS

En el **Capítulo 4** se expone el modelo de análisis que permite valorar la influencia de un conjunto de objetivos estratégicos con respecto a la planificación a largo plazo de un sistema.

Para ello, de acuerdo a los principios del Proceso Analítico Sistémico o en Red (ANP), se siguen las fases principales que caracterizan la utilización de dicha técnica de análisis. En primer lugar, se define el problema, esto es, cuál es la estructura general de toma de decisión asociada a la planificación estratégica. A continuación, a partir de la definición del problema, se establecen los elementos que interactúan en el modelo de análisis, cómo están relacionados entre sí y cuál es el peso de cada una de esas influencias.

Por último, se introducen las consideraciones que se han de tener en cuenta para establecer la validez de los resultados que se obtienen de la aplicación del modelo de análisis.

Todos los esfuerzos que se llevan a cabo dentro de un sistema han de estar orientados a que éste alcance la misión para la que ha sido diseñado. En este sentido, los sistemas que cumplen esta premisa pueden considerarse completamente efectivos y, por lo tanto, están funcionando en su Situación Ideal.

Sin embargo, la realidad muestra que la mayoría de los sistemas, por no decir absolutamente todos, están funcionando alejados de dicha Situación Ideal, esto es, la Situación Actual del sistema se aleja, en determinada medida, de lo que se debería estar haciendo. Por esto, es necesario obtener una medida de la efectividad que permita definir las líneas de acción que hagan que la Situación Actual se acerque a la Situación Ideal.

Para ello, se tiene en cuenta que la planificación estratégica es la que define la evolución a largo plazo del sistema, esto es, son los objetivos estratégicos definidos y la importancia que se dé a cada uno ellos lo que permitirá acercarse adecuadamente a la misión establecida. Por lo tanto, es preciso analizar si dichos objetivos estratégicos han sido bien definidos o, en otras palabras, valorar si la influencia que tiene cada objetivo estratégico en la Situación Actual, con respecto a la misión del sistema, es la que debería tener en la Situación Ideal.

Para llevar a cabo dicha valoración, en el **Capítulo 2**, se han introducido técnicas de análisis que permiten valorar la influencia que tiene un conjunto de alternativas con respecto a una determinada misión. En particular, se ha expuesto el Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP) y, su generalización, el Proceso Analítico Sistémico o de Redes (*Analytic Network Process*, ANP).

En síntesis, ambos procesos, a partir de la intervención de una serie de actores, miden la influencia de un conjunto de alternativas a través de una estructura de criterios que hace referencia al comportamiento del sistema a estudio. Sin embargo, en el AHP la estructura es una jerarquía, que normalmente caracteriza el comportamiento de sistemas sencillos, y en el ANP la estructura es una red que permite caracterizar la complejidad de cualquier sistema. Es por esta razón, que se utiliza el ANP como técnica de análisis para el desarrollo del modelo de análisis.

Por ello, en el presente capítulo, se siguen las fases principales en las que consiste la utilización del ANP para construir el modelo de análisis necesario para realizar la medida de la efectividad. En primer lugar, se define el problema, esto es, cuál es la estructura general que debe adoptar el modelo basado en el ANP para caracterizar la toma de decisión asociada a la planificación estratégica. A continuación, a partir de la definición del problema, se establecen los elementos que interactúan en el modelo de análisis, cómo están relacionados entre sí y cuál es el peso de cada una de esas influencias.

Por último, se exponen las consideraciones que se han de tener en cuenta para establecer la validez de los resultados que se obtienen de la aplicación del modelo de análisis.

4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El planteamiento del problema tiene como objetivo el de dar la visión general del proceso de toma de decisión que se está analizando. En el caso de esta monografía, este planteamiento del problema está íntimamente ligado con establecer las nociones generales del modelo de análisis que se va a desarrollar para analizar la planificación estratégica de un sistema, en particular, el del transporte aéreo de mercancías.

Por lo tanto, para poder conocer en qué va a consistir el modelo de análisis, es imprescindible tener claro qué es lo que se espera obtener de él. Para ello, es preciso recordar el concepto de sistema de transporte aéreo de mercancías introducido a lo largo del **Capítulo 3**. En síntesis, este sistema que recibe el nombre de logística del transporte aéreo de mercancías (LTAM), está compuesto por la cadena logística característica del transporte aéreo de mercancías, y el entorno donde realiza su actividad de transporte que, en principio, es común para cualquier actividad de transporte aéreo.

Asimismo, para diferenciar las distintas áreas de actividad que interactúan en el sistema, se ha establecido una tipología de agentes que las caracterizan. Por lo tanto, a la hora de definir la planificación estratégica de la logística del transporte aéreo de mercancías, parece lógico pensar que esta dependerá de la toma de decisiones que estos agentes lleven a cabo y de los criterios estratégicos en los que estos se basen.

En este sentido, lo que se quiere conseguir, a través del modelo de análisis, es que dichos agentes puedan conocer la efectividad de un determinado grupo de objetivos estratégicos (alternativas) con respecto al transporte aéreo de mercancías. Para ello, aprovechando la priorización de elementos que se obtiene al aplicar el modelo de análisis, se quiere conocer la influencia de los objetivos estratégicos en la situación ideal (lo que se debería estar haciendo) y en la situación actual (lo que se hace en la realidad). De esta forma, se permite a los agentes de la logística del transporte aéreo de mercancías, a través de un análisis de alineamiento, valorar cómo de efectivos son dichos objetivos estratégicos según un conjunto de criterios estratégicos y, con ello, tomar las decisiones necesarias para aumentar dicha efectividad.

En síntesis, gracias al modelo de análisis, se conocerá la prioridad ($WS_{OE_i}^{MI}$) con la que se comporta un grupo de alternativas (objetivos estratégicos, OE_i) para alcanzar la misión del sistema (MI) en una determinada situación (S). En particular para la medida de la efectividad en la Situación Ideal ($WI_{OE_i}^{MI}$) y la Situación Actual ($WA_{OE_i}^{MI}$), $i = 1, \dots, M$ (**Figura 4.1**).

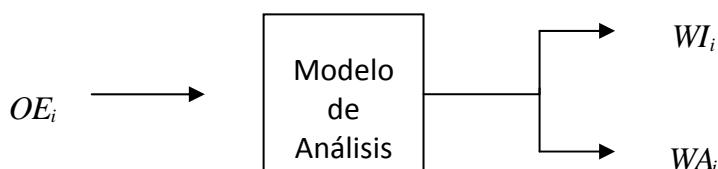


Figura 4.1. Esquema de los resultados esperados del modelo de análisis

De esta forma, el modelo de análisis se convierte en una herramienta que permite valorar si la influencia que tienen unos objetivos estratégicos, en la planificación estratégica actual de la logística de transporte aéreo de mercancías, es la influencia que deberían tener en la Situación Ideal de la misma. Para ello, en una primera aproximación para valorar los objetivos estratégicos, se ha de tener en cuenta quiénes han de alcanzar la misión (agentes) y qué criterios les influyen (criterios estratégicos).

En este sentido, la estructura general del modelo de análisis, representa cualquier tipo de interacción entre estos conjuntos o clústeres (**Figura 4.2**), tanto entre elementos del propio clúster como entre elementos de distintos clústeres. Asimismo, los elementos incluidos dentro del clúster de agentes y dentro del clúster de objetivos estratégicos dependen del sistema analizado, sin embargo, los elementos que componen el clúster de criterios estratégicos, normalmente, son los beneficios, costes, oportunidades y riesgos asociados al sistema.

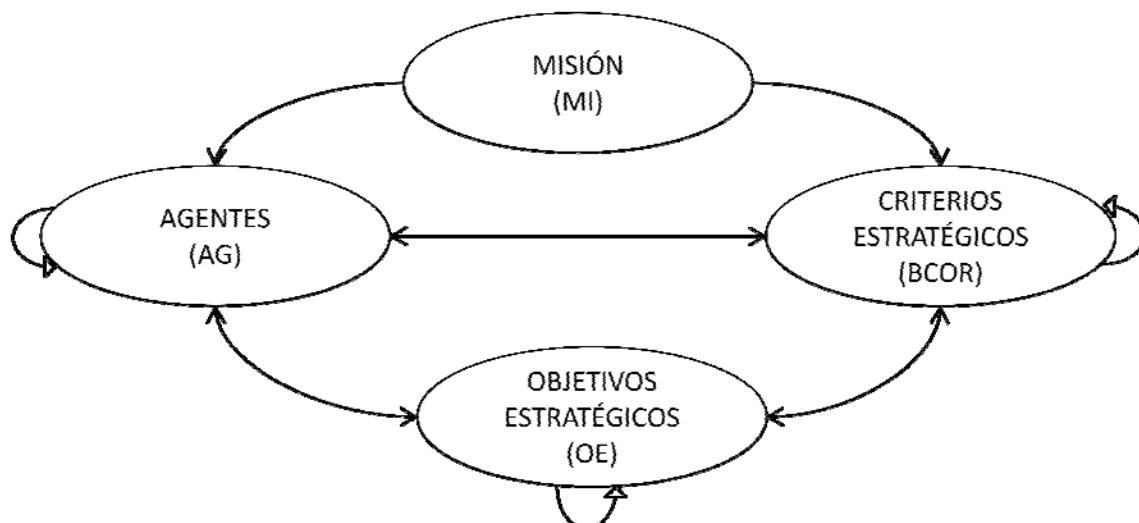


Figura 4.2. Estructural general del modelo de análisis

Esta primera estructura de relaciones, tiene como principal debilidad que a través de ella resulta muy difícil valorar la influencia que tienen los elementos de los clústeres de agentes y objetivos estratégicos con respecto a los beneficios, costes, oportunidades y riesgos. Esto se debe a que es casi imposible tener en cuenta, a través de una única valoración, los aspectos económicos, técnicos, sociales y ambientales relacionados con los criterios estratégicos.

Por lo tanto, es preciso crear para cada elemento de los criterios estratégicos una subred que permita tener en cuenta los criterios que controlan su comportamiento y la influencia del clúster de agentes y de objetivos estratégicos. En este sentido, el clúster de criterios de control estará formado por otros cuatro clústeres (criterios económicos, técnicos, sociales y ambientales) que dependerán del sistema que se esté analizando, **Figura 4.3.**

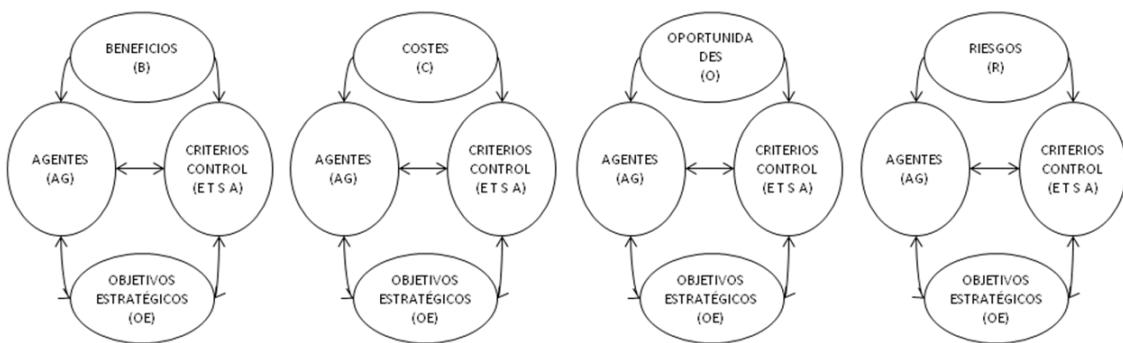


Figura 4.3. Subredes BCOR

De esta forma, la estructura general del modelo de análisis, para hacer más intuitiva la valoración de los elementos, se divide en una red de control, que establece la influencia de los agentes y los criterios estratégicos con respecto a la misión, y en las subredes BCOR, que permiten valorar la influencia de los objetivos estratégicos con respecto a cada uno de los criterios estratégicos, **Figura 4.4.**

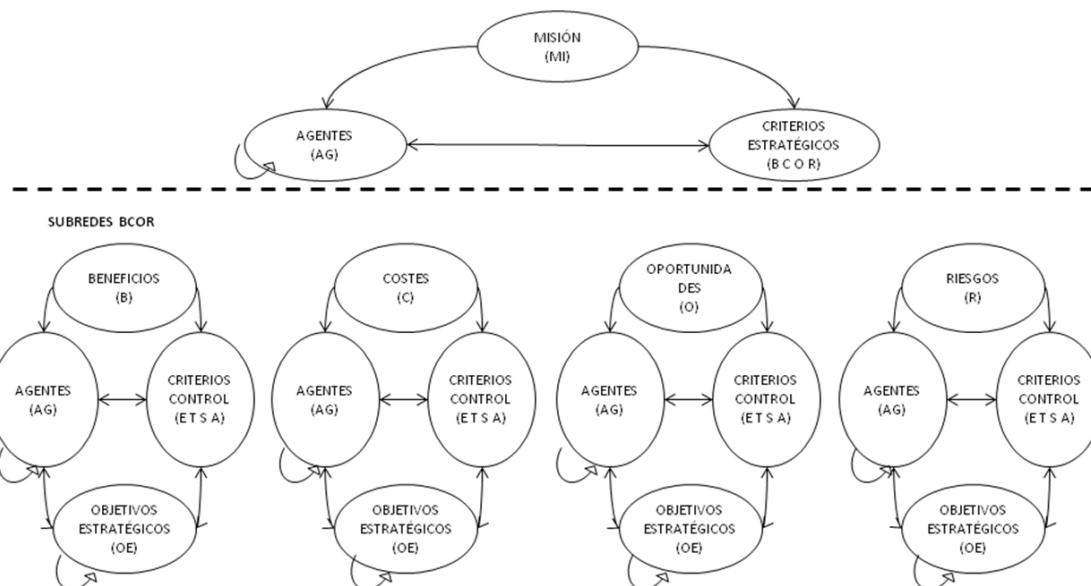


Figura 4.4. Agrupaciones de clústeres en el modelo de análisis

En síntesis, se ha establecido el marco general del modelo de análisis que permite valorar la influencia de un conjunto de objetivos estratégicos con respecto a la misión de un sistema teniendo en cuenta los beneficios, costes, oportunidades y riesgos bajo las perspectivas económica, técnica, social y ambiental y el papel de los agentes que interactúan en el sistema. Todo esto, a través de un proceso que facilita la incorporación del conocimiento relativo al sistema.

A continuación, siguiendo las fases principales del ANP, es preciso definir con claridad los elementos que componen dicho marco general. Para ello, en el siguiente apartado, se expone cómo y quién debe llevar a cabo dicho proceso de definición

4.2. ELEMENTOS DEL MODELO DE ANÁLISIS

Como resumen a lo expuesto en el **Capítulo 2**, se recuerda que el ANP tiene como finalidad la de permitir a un decisor escoger la alternativa, entre un conjunto de alternativas, dependiendo de la influencia que tenga para alcanzar una determinada misión. Para establecer dicha influencia, se utiliza una estructura en red de criterios que se obtienen de la evaluación del sistema que persigue dicha misión.

En esta definición de la finalidad del ANP aparecen los elementos principales que se tienen en cuenta en el modelo de análisis (misión, alternativas y criterios) y los actores encargados de construirlo y aplicarlo (actor evaluador y actor decisor). Asimismo, es habitual la existencia de un tercer actor encargado de guiar a los dos anteriores en la utilización del ANP (actor facilitador).

A continuación, se define la función de los elementos y actores anteriores dentro del ANP y se especifica para la planificación estratégica de un sistema como el transporte aéreo de mercancías.

4.2.1. Actor decisor

En el **Capítulo 3**, se define el concepto de la logística del transporte aéreo de mercancías como el sistema formado por las actividades o áreas que componen la cadena logística, característica del transporte aéreo de mercancías, y las actividades o áreas que componen el entorno que permite el correcto funcionamiento de dicha cadena logística. Asimismo, para dichas actividades se establece una tipología de agentes que son los encargados de llevarlas a cabo. Como ya se avanzó, estos agentes son los encargados, en mayor o menor medida, en la planificación estratégica del transporte aéreo de mercancías. Su aporte a la planificación no tiene que ser, únicamente, de manera directa y consciente, sino que puede deberse a cómo tienen definidas las líneas de acción de la actividad que llevan a cabo y que, a posteriori, afectarán al transporte aéreo de mercancías.

Estos agentes representan, como áreas principales, a la legislación que regula el entorno del transporte aéreo, a la industria que dota de infraestructura y aeronaves, a la gestión de dichas infraestructuras, a las compañías aéreas, a los usuarios y a aquellos que se encargan de ponerlos en contacto. Por lo tanto, debido a su influencia en la planificación estratégica del transporte aéreo de mercancías y, sobre todo, a la influencia que el desarrollo y evolución del transporte aéreo de mercancías tiene sobre ellos, estos agentes están interesados en conocer cómo afectan sus líneas de actuación al funcionamiento correcto del transporte aéreo de mercancías.

Por lo tanto, cada uno de estos agentes tendrá que tomar decisiones relacionadas con su actividad dentro del sistema y, por ello, se podrían convertir en el actor decisor en un problema de toma de decisiones basados en ANP. Asimismo, el individuo o grupo de individuos que representen al agente como actor decisor, tiene que pertenecer a los órganos de dirección, ya que el proceso de decisión requiere del profundo conocimiento de las alternativas existentes y del área de actividad al que pertenecen.

En síntesis, el actor decisor debe influir y/o estar influido por el sistema y, además, tiene que ser el encargado de lidiar con dicha influencia. Por lo tanto, estará interesado en la correcta planificación estratégica del transporte aéreo de mercancías y será amplio conocedor de las alternativas que puede escoger dentro de su actividad. En consecuencia, se espera que sea un experto en la planificación dentro de, como mínimo, una de las áreas destacadas en la logística del transporte aéreo de mercancías.

Sin embargo, para la planificación estratégica de todo el sistema, que es el caso que ocupa a la presente monografía, el actor decisor debe de recoger todos los intereses de los agentes que lo componen. Por lo tanto, como caso particular para la planificación estratégica, el actor decisor estará formado por un conjunto representativo de todos los agentes del sistema, ya que todas las áreas pueden influir en la definición de los objetivos estratégicos del sistema. Asimismo, la participación del actor decisor en el modelo de análisis será el resultado, por consenso, de las valoraciones de cada uno de los agentes que lo compongan.

4.2.2. Actor evaluador

La logística del transporte aéreo de mercancías comprende la diversidad de actividades que permiten que el transporte de mercancías por vía aérea se realice con calidad, seguridad, eficiencia y responsabilidad social y ambiental. Por lo tanto, comprende una gran variedad de procesos, actividades, normativas y situaciones que requieren de personas con aptitudes y conocimientos muy distintos. De ahí que sea imposible que un único agente sea capaz de sintetizar todas las peculiaridades de dicho sistema. Con esto no se quiere decir que no existan agentes que tengan una visión global y que puedan opinar, de manera consecuente, sobre la mayoría de las problemáticas del transporte aéreo de mercancías. Sin embargo, a la hora de profundizar en dichas problemáticas es preferible tratar con expertos de cada una de las áreas.

En este sentido, para asegurar una definición detallada del problema de toma de decisión, es imprescindible seleccionar un grupo de expertos que cubra todas las áreas de la logística del transporte aéreo de mercancías. Este grupo de expertos constituye lo que dentro del ANP se denomina actor evaluador.

Por lo tanto, para conseguir que el modelo de análisis sea lo más fidedigno a la realidad, el actor evaluador estará compuesto por, como mínimo, uno de los agentes de cada uno de los tipos descritos para la logística del transporte aéreo de mercancías. Asimismo, las características de cada uno de los agentes del actor evaluador tienen que ser análogas a las del agente que forma el actor decisor. Esto es, tiene que ocupar algún puesto de responsabilidad dentro de la planificación de la entidad a la que pertenezca.

En síntesis, en el caso específico de la planificación estratégica de un sistema, la composición del actor evaluador debe ser muy parecida a la composición del actor decisor, ya que ambos tienen que tener en cuenta a todos los agentes que interactúan en el sistema. En este sentido, es posible que el actor decisor y el actor evaluador sea el mismo o que se prefiera que la composición de cada uno de ellos sea distinta.

4.2.3. Actor facilitador

El actor facilitador tiene como función la de ayudar a la hora de la aplicación de ANP a los otros dos actores. Por lo tanto, debe de estar compuesto por personal que domine dicha técnica de análisis.

En el caso específico de la planificación estratégica, además de ser el encargado de llevar a cabo los pasos metodológicos propios de ANP, deberá de crear un marco general del sistema de análisis que permita la participación de los distintos agentes que componen el actor decisor y el actor evaluador.

En este sentido, será necesario que el actor facilitador realice un profundo trabajo previo de análisis del sistema referido a aspectos relacionados con la planificación estratégica o a largo plazo del mismo.

4.2.4. Misión

En ANP, la misión es el nivel superior del proceso de toma de decisiones, esto es, el elemento sobre el que se quiere conocer la influencia del resto de los elementos. En el caso específico de la planificación estratégica, la misión del modelo de análisis basado en ANP es la misma que la misión del sistema.

Por lo tanto, el primer elemento que ha de definirse de manera exacta es la misión (*MI*) y el actor encargado de llevarlo a cabo es el actor decisor.

4.2.5. Alternativas

Lo que se viene planteando es que un agente de la logística del transporte aéreo de mercancías tiene que tomar decisiones referidas a la evolución de la actividad en la que está envuelto. Dentro de esa toma de decisión le interesa conocer cómo afectan sus decisiones a la planificación estratégica del transporte aéreo de mercancías, ya que existe una dependencia de él. Como se está hablando de un entorno estratégico, es inmediato asociar las alternativas de la toma de decisión con los objetivos estratégicos que se tienen que perseguir por parte del actor decisor.

En este sentido, es importante que las alternativas sean los objetivos estratégicos, ya que los recursos de la entidad a la que pertenezca el actor decisor están orientados a la consecución de los mismos. Por lo tanto, a la hora de definir el conjunto de alternativas para un proceso de toma de decisión, hay que tener en cuenta que los objetivos que lo compongan cumplan las siguientes propiedades:

- **Completitud:** incluir todos los aspectos relevantes en los objetivos
- **Operatividad:** deben ser útiles para ayudar al grupo decisor.
- **No redundancia:** evitar doble conteo y ponderación en exceso de ciertos objetivos.
- **Descomponibilidad:** para facilitar la cuantificación de juicios.
- **Minimalidad:** mantener tamaño mínimo posible de objetivos.

En definitiva, la toma de decisiones consiste en que el actor decisor decida entre un grupo de objetivos estratégicos dependiendo de su influencia a la planificación estratégica del transporte aéreo de mercancías. Por supuesto, el paso previo es la definición precisa de los M objetivos estratégicos ($OE_m, m=1...M$) realizada por el actor decisor.

4.2.5. Criterios

La complejidad de un problema de decisión se caracteriza por la cantidad de aspectos relevantes que hay que tener en cuenta. Por lo tanto, la validez de la solución que se obtiene depende de si se han tenido en cuenta la totalidad de dichos aspectos relevantes. Por ello, es imprescindible que el actor evaluador sintetice de manera precisa todos los elementos que completan el planteamiento del problema previo.

A continuación, se exponen los elementos que han de tenerse en cuenta, según el planteamiento del problema que se ha hecho, y se establecen las consideraciones que se hacen para el caso específico de la planificación estratégica.

1. Clúster de agentes

Por lo tanto, una vez establecida la misión (MI) por el actor decisor, es preciso que el actor evaluador defina los G agentes que interactúan en el sistema ($AG_g, g=1,...,G$). Tal y como se observa en la **Figura 4.4**, este clúster interviene tanto en la red de control, donde se mide su influencia con respecto a la misión, como en todas las subredes BCOR, donde se mide su influencia con respecto a los criterios estratégicos.

2. Clúster de criterios estratégicos

En el caso de los criterios estratégicos ($CE_n, n=1,...,N$) se establece que al tratarse de planificación estratégica se van a tener en cuenta $N=4$ criterios estratégicos que corresponden a los beneficios, costes, oportunidades y riesgos. Por ello, a lo largo del texto se referirá a ellos como $CE_1 = B, CE_2 = C, CE_3 = O$ y $CE_4 = R$. El clúster de criterios estratégicos interviene en la red de control donde se mide su influencia con respecto a la misión. Asimismo, como ya se ha introducido, para cada uno de estos criterios estratégicos se necesita construir una subred que permita medir la influencia que tienen las alternativas (OE_m) sobre cada uno de ellos teniendo en cuenta los criterios de control y los agentes.

Por lo tanto, una vez conocidos los elementos que forman los clústeres de agentes y de criterios de control, la red de control está completamente definida. A continuación, se definirán los clústeres que, además de los de agentes (AG_g) y alternativas (OE_m), servirán para controlar a los criterios estratégicos (CE_n) y, posteriormente, se definirán los elementos de cada uno de dichos clústeres.

3. Clústeres de criterios de control

De nuevo, tal y como se ha definido en el planteamiento del problema, se establecen cuatro clústeres que controlan la influencia de los agentes y las alternativas con respecto a los criterios estratégicos. Estos clústeres de control hacen referencia a los aspectos económicos, técnicos, sociales y ambientales del sistema. En principio, la composición de cada uno de los clústeres de control podría ser distinta para cada subred *BCOR*, sin embargo, en el caso de la planificación estratégica, donde se tiene en cuenta los aspectos generales del sistema, es conveniente que la composición de dichos clústeres sea la misma para todas las subredes *BCOR*. En este sentido, lo que variará entre redes es cómo están relacionados y cuál es la importancia de cada uno de estos criterios.

Por lo tanto, el actor evaluador tendrá que definir:

- J criterios de control económicos $CE_j, j = 1, \dots, J$
- K criterios de control técnicos $CT_k, k = 1, \dots, K$
- P criterios de control sociales $CS_p, p = 1, \dots, P$
- Q criterios de control ambientales $CA_q, q = 1, \dots, Q$

En síntesis, lo que se ha propuesto hasta ahora es que un conjunto de expertos en la aplicación de ANP (actor facilitador) realice un análisis del sistema y, a partir de ese análisis, defina la composición del actor decisor y del actor evaluador. Asimismo, plantea el problema para que el actor decisor establezca la misión y las alternativas y el actor evaluador defina los criterios. Como resultado se obtiene la definición de todos los elementos que intervienen en el modelo de análisis, **Figura 4.5**.

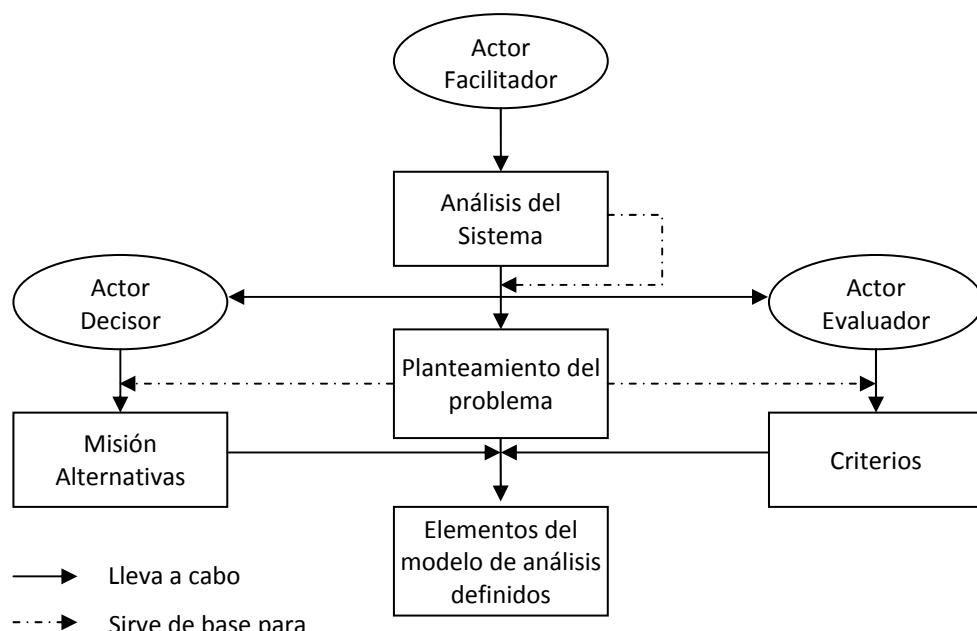


Figura 4.5. Definición de los elementos del modelo de análisis

De esta forma, se establece el contenido a los clústeres del modelo de análisis presentado previamente, **Figura 4.6**.

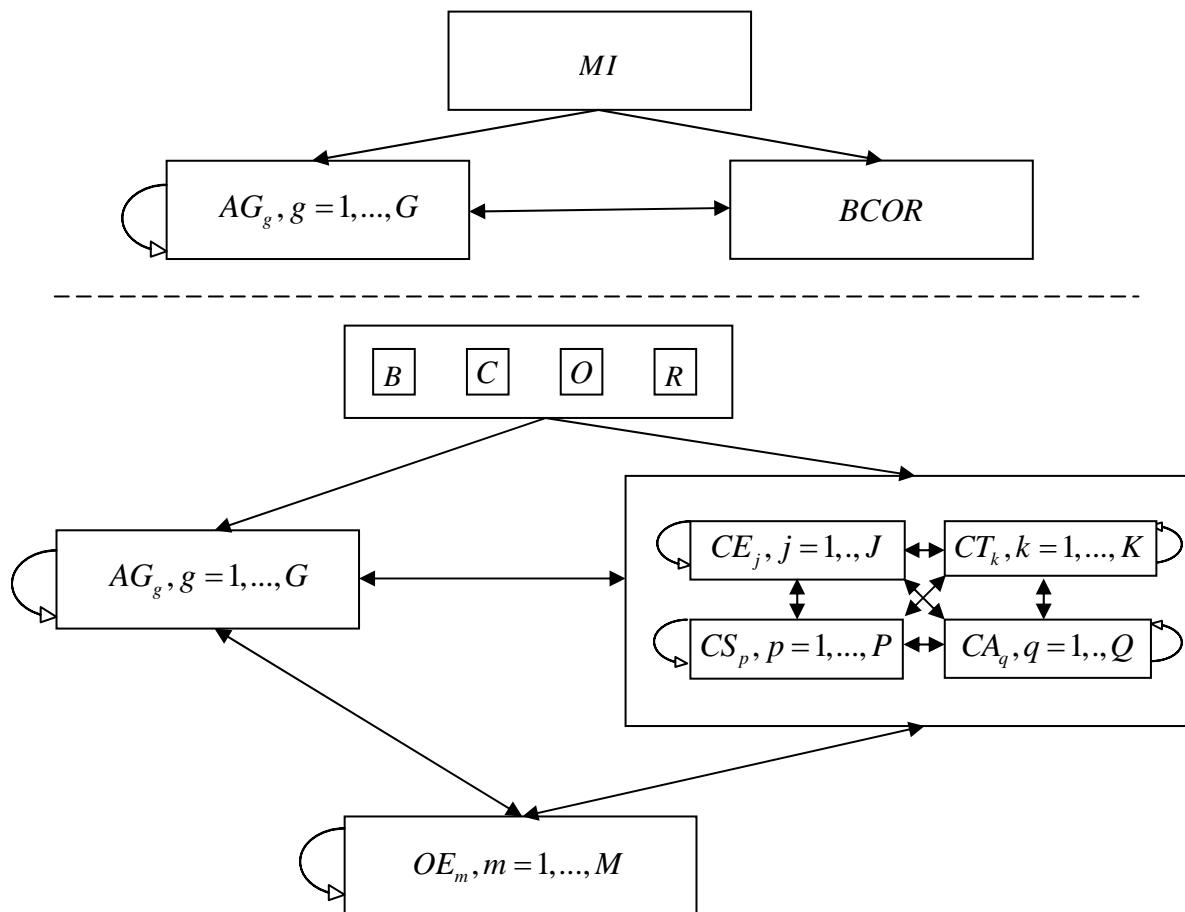


Figura 4.6. Elementos de los clústeres del modelo de análisis

Lo que se observa es que el proceso que se está siguiendo pretende pasar de lo general a lo específico, esto es, en el planteamiento del problema se establece el comportamiento en clústeres para la planificación estratégica, cualquiera que sea el sistema, mientras que en la definición de los elementos se incorpora la tipología del sistema a estudio, en el caso de esta monografía los elementos estarán referidos a la logística del transporte aéreo de mercancías. Por lo tanto, una vez definidos todos los aspectos relevantes del sistema, hay que establecer cuál es el comportamiento que tienen en las distintas situaciones a estudio. Para ello, hay que definir cómo se influyen entre sí y en qué medida. En este sentido, los siguientes apartados establecen cómo hay que llevar a cabo dicho proceso y las consideraciones a tener en cuenta por tratarse de un ámbito estratégico.

Por último, resaltar la importancia que tienen las fases de planteamiento del problema y de definición de elementos ya que son el marco fijo del modelo de análisis, ya que las siguientes dos fases están asociadas a su aplicación a una determinada situación.

4.3. INFLUENCIAS ENTRE LOS ELEMENTOS DEL MODELO DE ANÁLISIS

Según lo visto anteriormente, la definición de los elementos corresponde con la parte del modelo de análisis que va a ser constante para todas las situaciones en la que se quiera valorar el sistema. Por lo tanto, se está partiendo de la base de que lo que diferencia una situación de otra es la red de influencias entre los elementos. Para tener en cuenta dicha red de influencias, se construyen las matrices de relaciones de las distintas redes. En este sentido, tal y como se ha planteado el problema para la planificación estratégica, el modo en que se relacionan los elementos en una situación determinada quedará reflejada en cinco matrices de relaciones:

- US = Matriz de relaciones para la red de control en la situación S
- US_B = Matriz de relaciones para la subred de beneficios en la situación S
- US_C = Matriz de relaciones para la subred de costes en la situación S
- US_O = Matriz de relaciones para la subred de oportunidades en la situación S
- US_R = Matriz de relaciones para la subred de riesgos en la situación S

Cada matriz de relaciones está compuesta por ceros y unos dependiendo de si:

- $a_{ij} = 0$, el elemento a_i no influye en el elemento a_j
- $a_{ij} = 1$, el elemento a_i influye en el elemento a_j

Por lo tanto, cada elemento de la red o subred tendrá en la matriz de relaciones una fila que representa a los elementos a los que influye y una columna que representa los elementos que le influyen.

La **Tabla 4.1** ilustra cuál debe ser la morfología que ha de tener la matriz de relaciones para la red de control, US , donde, por la definición del problema, la misión (MI) no influirá a ningún otro elemento. El actor encargado de llenar la matriz de relaciones para la red de control será el actor evaluador.

		AG				CE			
		MI	AG ₁	.....	AG _G	B	C	O	R
AG	MI	0	0	0	0	0	0	0	0
	AG ₁								
								
	AG _G								
CE	B								
	C								
	O								
	R								

Tabla 4.1. Matriz de relaciones tipo para la red de control

Asimismo, la **Tabla 4.2** ilustra la morfología de la matriz de relaciones para cada una de las subredes $BCOR$. Para la construcción de este tipo de matrices de relaciones, interviene tanto el actor evaluador como el actor decisor. El primero, define las

relaciones entre los criterios y la misión (en blanco). Mientras que el segundo, define las relaciones en la que influyen los objetivos estratégicos (sombreado).

Tabla 4.2. Matriz de relaciones tipo para las subredes BCOR

En síntesis, el actor evaluador establece las relaciones del comportamiento del sistema y el actor decisor la influencia de las alternativas, **Figura 4.7**.

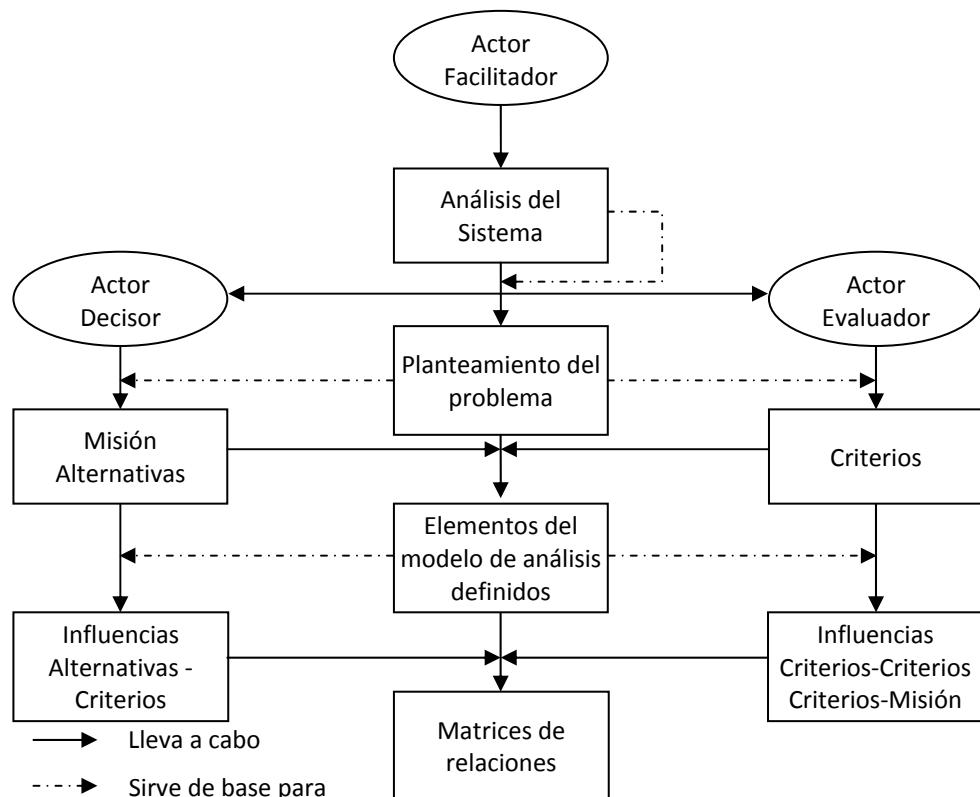


Figura 4.7. Síntesis de las relaciones en el modelo de análisis

4.4. PESO DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO DE ANÁLISIS

Por lo tanto, una vez obtenidas las matrices de relaciones de la red de control y de las subredes *BCOR*, valorar el peso de las influencias entre los elementos consiste en seguir la operativa expuesta en el Subapartado 2.4.2 que se resume en la **Figura 4.8**:

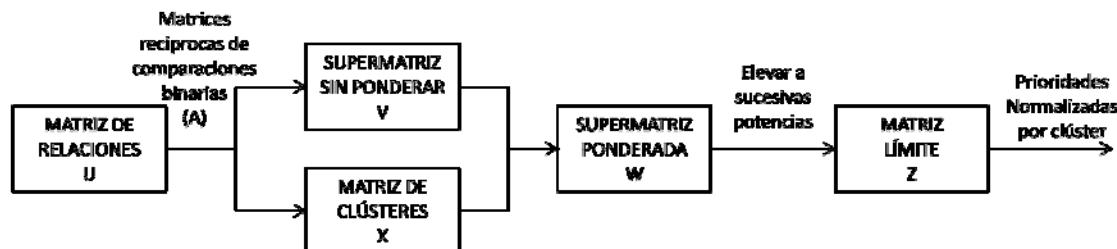


Figura 4.8. Proceso para la priorización de los elementos de un matriz de relaciones

A partir de la matriz de relaciones *U* de la red de control se obtiene:

- VS = Supermatriz sin ponderar para la red de control en la situación S
- XS = Matriz de clústeres para la red de control en la situación S
- WS = Supermatriz ponderada para la red de control en la situación S
- ZS = Matriz límite para la red de control en la situación S

A partir de la matriz de relaciones U_B de la subred de beneficios se obtiene:

- VS_B = Supermatriz sin ponderar para la subred de beneficios en la situación S
- XS_B = Matriz de clústeres para la subred de beneficios en la situación S
- WS_B = Supermatriz ponderada para la subred de beneficios en la situación S
- ZS_B = Matriz límite para la subred de beneficios en la situación S

A partir de la matriz de relaciones U_C de la subred de costes se obtiene:

- VS_C = Supermatriz sin ponderar para la subred de costes en la situación S
- XS_C = Matriz de clústeres para la subred de costes en la situación S
- WS_C = Supermatriz ponderada para la subred de costes en la situación S
- ZS_C = Matriz límite para la subred de costes en la situación S

A partir de la matriz de relaciones U_O de la subred de oportunidades se obtiene:

- VS_O = Supermatriz sin ponderar para la subred de oportu. en la situación S
- XS_O = Matriz de clústeres para la subred de oportunidades en la situación S
- WS_O = Supermatriz ponderada para la subred de oportunidades en la situación S
- ZS_O = Matriz límite para la subred de oportunidades en la situación S

A partir de la matriz de relaciones U_R de la subred de riesgos se obtiene:

- VS_R = Supermatriz sin ponderar para la subred de riesgos en la situación S
- XS_R = Matriz de clústeres para la subred de riesgos en la situación S
- WS_R = Supermatriz ponderada para la subred de riesgos en la situación S
- ZS_R = Matriz límite para la subred de riesgos en la situación S

Al igual que ocurre para la definición de las relaciones, el actor evaluador se encarga de valorar los elementos de la red de control y la parte relacionada con el sistema de las subredes $BCOR$ y el actor decisor se encarga de valorar la influencia de las alternativas u objetivos estratégicos, **Figura 4.9.**

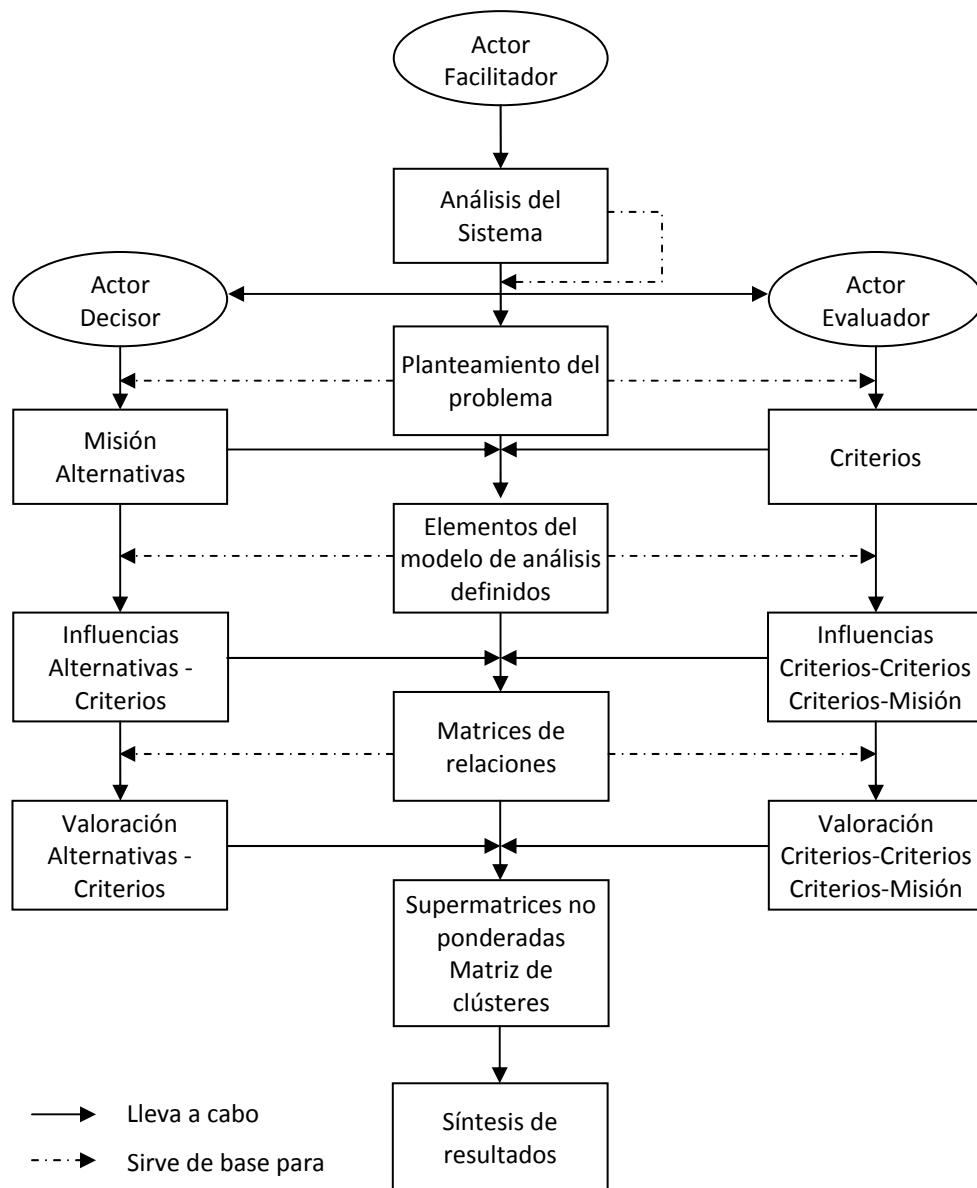


Figura 4.9. Valoración de las relaciones en el modelo de análisis

Las matrices límite recogen el peso de la influencia de los elementos del modelo de análisis con respecto a la misión y a las subredes $BCOR$, **Tabla 4.3:**

RED DE CONTROL			
De:	Con respecto a:	Vector de prioridades	
Agentes (AG)	MISIÓN (MI)	$WS_{AG_g}^{MI}$	$g = 1, \dots, G$
Criterios estratégicos (BCOR)	MISIÓN (MI)	$WS_{CE_n}^{MI} (WS_B^{MI}, WS_C^{MI}, WS_O^{MI}, WS_R^{MI})$	$n = 1, \dots, N$
SUBRED DE BENEFICIOS			
Agentes (AG)	Beneficios (B)	$WS_{AG_g}^B$	$g = 1, \dots, G$
Criterios económicos(CE)	Beneficios (B)	$WS_{CE_j}^B$	$j = 1, \dots, J$
Criterios técnicos (CT)	Beneficios (B)	$WS_{CT_k}^B$	$k = 1, \dots, K$
Criterios sociales (CS)	Beneficios (B)	$WS_{CS_p}^B$	$p = 1, \dots, P$
Criterios ambientales (CA)	Beneficios (B)	$WS_{CA_q}^B$	$q = 1, \dots, Q$
Objetivos estratégicos (OE)	Beneficios (B)	$WS_{OE_m}^B$	$m = 1, \dots, M$
SUBRED DE COSTES			
Agentes (AG)	Costes (C)	$WS_{AG_g}^C$	$g = 1, \dots, G$
Criterios económicos(CE)	Costes (C)	$WS_{CE_j}^C$	$j = 1, \dots, J$
Criterios técnicos (CT)	Costes (C)	$WS_{CT_k}^C$	$k = 1, \dots, K$
Criterios sociales (CS)	Costes (C)	$WS_{CS_p}^C$	$p = 1, \dots, P$
Criterios ambientales (CA)	Costes (C)	$WS_{CA_q}^C$	$q = 1, \dots, Q$
Objetivos estratégicos (OE)	Costes (C)	$WS_{OE_m}^C$	$m = 1, \dots, M$
SUBRED DE OPORTUNIDADES			
Agentes (AG)	Oportunidades (O)	$WS_{AG_g}^O$	$g = 1, \dots, G$
Criterios económicos(CE)	Oportunidades (O)	$WS_{CE_j}^O$	$j = 1, \dots, J$
Criterios técnicos (CT)	Oportunidades (O)	$WS_{CT_k}^O$	$k = 1, \dots, K$
Criterios sociales (CS)	Oportunidades (O)	$WS_{CS_p}^O$	$p = 1, \dots, P$
Criterios ambientales (CA)	Oportunidades (O)	$WS_{CA_q}^O$	$q = 1, \dots, Q$
Objetivos estratégicos (OE)	Oportunidades (O)	$WS_{OE_m}^O$	$m = 1, \dots, M$
SUBRED DE RIESGOS			
Agentes (AG)	Riesgos (R)	$WS_{AG_g}^R$	$g = 1, \dots, G$
Criterios económicos(CE)	Riesgos (R)	$WS_{CE_j}^R$	$j = 1, \dots, J$
Criterios técnicos (CT)	Riesgos (R)	$WS_{CT_k}^R$	$k = 1, \dots, K$
Criterios sociales (CS)	Riesgos (R)	$WS_{CS_p}^R$	$p = 1, \dots, P$
Criterios ambientales (CA)	Riesgos (R)	$WS_{CA_q}^R$	$q = 1, \dots, Q$
Objetivos estratégicos (OE)	Riesgos (R)	$WS_{OE_m}^R$	$m = 1, \dots, M$

Tabla 4.3. Vectores de prioridad obtenidos en el modelo de análisis

Por lo tanto, es posible utilizar los resultados de las matrices límite para obtener la influencia de los objetivos estratégicos con respecto a la misión ($WS_{OE_m}^{MI}$) según la **expresión 4.1**:

$$WS_{OE_m}^{MI} = \frac{(WS_{OE_m}^B \cdot WS_B^{MI}) \cdot (WS_{OE_m}^O \cdot WS_O^{MI})}{(WS_{OE_m}^C \cdot WS_C^{MI}) \cdot (WS_{OE_m}^R \cdot WS_R^{MI})} \quad [4.1]$$

Dicha expresión consiste en la síntesis de los resultados siguiendo la lógica de maximizar los beneficios y las oportunidades y minimizar los costes y los riesgos.

Por último, es preciso recordar las dos formas en las que se puede presentar cualquiera de los vectores de prioridades. Tal y como se obtienen los resultados en las matrices límites, el vector de prioridades W_X^Z mide la prioridad de los elementos del clúster X con respecto al elemento Z de forma ideal o global, esto es, define la prioridad global de los elementos del clúster X al tener en cuenta la influencia de todos los elementos del resto de los clústeres. Por ello, en forma ideal o global, tomando como ejemplo la matriz límite de la subred de beneficios, se cumple lo expuesto en la **expresión 4.2**:

$$\sum_{g=1}^G WS_{AG_g}^B + \sum_{j=1}^J WS_{CE_j}^B + \sum_{k=1}^K WS_{CT_k}^B + \sum_{p=1}^P WS_{CS_p}^B + \sum_{q=1}^Q WS_{CA_q}^B + \sum_{m=1}^M WS_{OE_m}^B = 1 \quad [4.2]$$

Sin embargo, en la forma normal del vector de prioridades W_X^Z , que se va a representar como \overline{W}_X^Z para diferenciarlo de la forma ideal o global, lo que se representa es la prioridad ideal del elemento Z normalizada dentro del clúster X . Por ello, en forma normal, tomando como ejemplo la matriz límite de la subred de beneficios, se cumple lo expuesto en la **expresión 4.3**. Por supuesto, pasar de forma ideal a forma normal es un proceso inmediato, sin embargo, pasar de forma normal a forma ideal implica tener en cuenta los valores de la matriz de clústeres.

$$\sum_{g=1}^G \overline{WS}_{AG_g}^B = 1; \sum_{j=1}^J \overline{WS}_{CE_j}^B = 1; \sum_{k=1}^K \overline{WS}_{CT_k}^B = 1; \sum_{p=1}^P \overline{WS}_{CS_p}^B = 1; \sum_{q=1}^Q \overline{WS}_{CA_q}^B = 1; \sum_{m=1}^M \overline{WS}_{OE_m}^B = 1 \quad [4.3]$$

Por lo tanto, una vez sintetizados los resultados se obtiene tanto la prioridad de los objetivos estratégicos con respecto a la Misión del sistema, que era el objetivo para el que se construía el modelo de análisis, como la prioridad de todos los elementos del sistema dentro de la red de control y las subredes $BCOR$. Por ello, ANP permite conocer cuál es la influencia de sus elementos y el porqué de dicha influencia, ya que establece cuál es el camino que se ha recorrido para que un elemento determinado adquiera un nivel de influencia al poner en relevancia qué elementos lo influyen y el peso de cada una de dichas influencias. En síntesis, el modelo de análisis define los aspectos relevantes del sistema de estudio y permite establecer la importancia de cada uno de ellos en determinada situación para que el actor decisor pueda realizar su toma de decisiones de manera lógica y justificada.

4.5. VALIDEZ DE LOS RESULTADOS

La validez de los resultados obtenidos del modelo de análisis depende de la precisión con la que se lleven a cabo las distintas fases anteriormente descritas. En este sentido, el ANP es una técnica de análisis que, por un lado, guía la recopilación de conocimiento a través de grupos de expertos y, por otro lado, pone a disposición una metodología matemática para sintetizar los resultados.

Por lo tanto, el primer punto que hay que tener en cuenta a la hora de valorar la validez de los resultados es la representatividad de los expertos del sistema dentro de los actores decisor y evaluador. Asimismo, es muy importante la capacidad del actor facilitador a la hora de guiar a los anteriores en el proceso de definición de los aspectos relevantes. Sin duda alguna, uno de los principales problemas que afectan a la validez de los resultados, es la ausencia de un elemento relevante dentro del modelo de análisis. En principio, una correcta composición de los actores decisor y evaluador debe evitar la ausencia de elementos relevantes, sin embargo, es preciso que las dos primeras fases del planteamiento del problema y de definición de los elementos estén enfocadas a que los actores debatan sobre todas las áreas importantes del sistema.

En definitiva, la adecuada representatividad de expertos en los actores y foros de debate bien dimensionados son los principios que van a asegurar que el modelo de análisis tenga en cuenta todos los aspectos relevantes.

A partir de aquí, es ANP el que se encarga de que las relaciones entre elementos sean correctamente definidas, a través de las matrices de relaciones, y que sus juicios tengan consistencia a partir de la medida de consistencia que también aporta.

Por último, es preciso tener en cuenta la estabilidad de los resultados, esto es, cómo influyen en los pesos de las influencias pequeñas variaciones en los pesos de determinados elementos. En este sentido, ANP también aporta un método para medir dicha estabilidad. Este método, siguiendo la lógica que en ningún momento abandona ANP, consiste en modificar los valores de los elementos más influyentes del sistema y ver cómo influyen en la valoración final de las alternativas (objetivos estratégicos).

En síntesis, el modelo de análisis se basa en ANP que a su vez se basa en la estructuración lógica e intuitiva del problema de toma de decisiones. Por lo tanto, la validez de los resultados está asociada con la calidad del trabajo llevado a cabo por los actores dentro del marco ofrecido por el ANP.

CAPÍTULO 5. EFECTIVIDAD DEL TRANSPORTE AÉREO DE MERCANCÍAS

En el presente capítulo se aplica el modelo de análisis desarrollado en el **Capítulo 4** para realizar una medida de la efectividad del transporte aéreo de mercancías.

Para ello, lo primero que se hace es exponer con claridad en qué consiste la medida de la efectividad y cómo se utiliza el modelo de análisis para llevarla a cabo.

A continuación, se enumeran todas las consideraciones que se han tenido en cuenta a la hora de realizar dicha medida de la efectividad sobre el transporte aéreo de mercancías. En este sentido, se justifica las simplificaciones que se han realizado con el objetivo de obtener resultados bajo las restricciones de tiempo y recursos existentes.

Por último, se analizan los resultados obtenidos tanto de la propia medida de la efectividad como del análisis de la logística del transporte aéreo de mercancías

A lo largo de los capítulos anteriores, se ha ido introduciendo en qué consiste la efectividad y su relación con la planificación a largo plazo de los sistemas. Sin embargo, no se ha tratado en profundidad cómo se puede llevar a cabo la medida de dicha efectividad.

Sí que es cierto, que ya se ha expuesto que va a consistir en comparar la Situación Actual (lo que se está haciendo) con respecto a la Situación Ideal (lo que se debería estar haciendo) del sistema. Asimismo, que la comparación se hará a través de la influencia que tiene el conjunto de objetivos estratégicos en cada una de dichas situaciones y que, para obtener dicha influencia, se utiliza el modelo de análisis expuesto en el **Capítulo 4**.

Por lo tanto, a continuación es necesario definir con exactitud la medida de la efectividad a partir de los resultados que se obtienen del modelo de análisis y aplicarla para el caso particular de la logística del transporte aéreo de mercancías.

Para ello, el primer apartado del capítulo define una medida para la distancia entre dos situaciones del sistema y las consideraciones que hay que tener en cuenta para que dichas situaciones sean la Situación Actual y la Situación Ideal. Asimismo, establece el proceso que se va a seguir para realizar la medida de la efectividad del transporte aéreo de mercancías justificando el porqué de las simplificaciones que se hacen en la aplicación del modelo de análisis.

En consecuencia, el resto de los apartados se encargan de obtener la medida de la efectividad del transporte aéreo de mercancías y analizar los resultados obtenidos. En este sentido, el segundo apartado establece los elementos que hay que tener en cuenta del transporte aéreo de mercancías que serán comunes para ambas situaciones. A continuación, el apartado tercero y cuarto aplican el modelo de análisis a la Situación Actual y la Situación Ideal respectivamente.

Por último, en el quinto apartado se analizan los resultados que se obtienen a través de la medida de la efectividad. Este análisis establece tanto el potencial que tiene dicha medida para definir las líneas de acción como la información que se obtiene sobre el sistema por la aplicación del modelo de análisis.

Asimismo, los resultados del presente capítulo se utilizarán en el **Capítulo 6** para establecer una medida de la efectividad de un determinado agente del sistema dentro del transporte aéreo de mercancías.

5.1. MEDIDA DE LA EFECTIVIDAD

Tal y como se ha repetido a lo largo de esta monografía, la medida de la efectividad que se persigue se consigue a partir de los valores de la influencia de los objetivos estratégicos del sistema en la Situación Actual ($WA_{OE_m}^{MI}, m = 1, \dots, M$) y en la Situación Ideal ($WI_{OE_m}^{MI}, m = 1, \dots, M$). Para obtener dicha influencia se utiliza el modelo de análisis expuesto en el **Capítulo 4**. Para ello, se definen los elementos influyentes del sistema y, posteriormente, se especifica cómo se relacionan y el peso de dicha influencia en cada una de las situaciones. En este sentido, los siguientes tres apartados se encargan de llevar a cabo dichas fases para la logística del transporte aéreo de mercancías.

Sin embargo, una vez obtenidos los vectores de prioridad $WA_{OE_m}^{MI}$ y $WI_{OE_m}^{MI}$, es necesario conocer cómo se va a medir la efectividad. Para ello, parece lógico comenzar dando una medida de la distancia existente entre los valores de ambos vectores. En este sentido, una medida extendida de la distancia entre dos puntos (Ullah, 1996) consiste en la distancia Euclídea (**expresión 5.1**), que resulta de la particularización para $p = 2$ de la distancia de Minkowski (**expresión 5.2**), que establece una distancia total resultante de la suma de cada una de las distancias entre los distintos puntos de cada vector.

$$d_{(2)}(x, y) = \left[\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right]^{(1/2)} \quad [5.1]$$

$$d_{(p)}(x, y) = \left[\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^p \right]^{(1/p)} \quad [5.2]$$

Por lo tanto, la medida Euclídea representa la agregación de los distantes que están los objetivos estratégicos en la Situación Actual con respecto a la Situación Ideal, **expresión 5.3**:

$$d_{(2)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) = \left[\sum_{m=1}^M \left(\overline{WI}_{OE_m}^{MI} - \overline{WA}_{OE_m}^{MI} \right)^2 \right]^{(1/2)} \quad [5.3]$$

Uno de los problemas de la medida Euclídea, es que se le da la misma importancia a la distanciata entre ambas situaciones a cualquier objetivo estratégico, independientemente de la influencia del objetivo estratégica en la Situación Ideal. Para solucionar este problema, es posible ponderar la distancia de cada objetivo estratégico teniendo en cuenta la influencia que tiene el objetivo estratégico en la Situación Ideal, **expresión 5.4**. De esta forma, se está dando mayor importancia a la diferencia de los objetivos que más influyen en la Situación Ideal:

$$D_{(2)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) = \left[\sum_{m=1}^M \left(\left(\frac{\overline{WI}_{OE_m}^{MI}}{\max_{1 \leq m \leq M} \overline{WI}_{OE_m}^{MI}} \right) \cdot \left(\overline{WI}_{OE_m}^{MI} - \overline{WA}_{OE_m}^{MI} \right) \right)^2 \right]^{(1/2)} \quad [5.4]$$

A partir de las distancias expuestas en las **expresiones 5.3 y 5.4**, ambas con los vectores de prioridad en forma normal, se pueden definir sendas medidas de la efectividad según las **expresiones 5.5 y 5.6**:

$$E(W_{OE}^{MI})_1 = 1 - d_{(2)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) \quad [5.5]$$

$$E(W_{OE}^{MI})_2 = 1 - D_{(2)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) \quad [5.6]$$

En el mismo sentido de la distancia Euclídea, es posible establecer una distancia cuando $p \rightarrow \infty$ que, en definitiva, da un valor de la máxima distancia existente entre los objetivos estratégicos en ambas situaciones, **expresión 5.7**:

$$d_{(\infty)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) = \left[\sum_{m=1}^M \left(\overline{WI}_{OE_m}^{MI} - \overline{WA}_{OE_m}^{MI} \right)^{\infty} \right]^{(\infty)} = \max_{1 \leq m \leq M} (\overline{WI}_{OE_m}^{MI} - \overline{WA}_{OE_m}^{MI}) \quad [5.7]$$

Como ocurría para la distancia Euclídea, la medida de la **expresión 5.7** no tiene en cuenta la influencia del objetivo estratégico en la Situación Ideal. De nuevo, es posible tener en cuenta esta influencia usando la **expresión 5.8** que en síntesis se resume según la **expresión 5.9**:

$$D_{(\infty)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) = \left[\sum_{m=1}^M \left(\left(\frac{\overline{WI}_{OE_m}^{MI}}{\overline{WI}_{OE_{MAX}}^{MI}} \right) \cdot \left(\overline{WI}_{OE_m}^{MI} - \overline{WA}_{OE_m}^{MI} \right) \right)^{\infty} \right]^{(1/\infty)} \quad [5.8]$$

$$D_{(\infty)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) = \max_{1 \leq m \leq M} \left(\left(\frac{\overline{WI}_{OE_m}^{MI}}{\overline{WI}_{OE_{MAX}}^{MI}} \right) \cdot \left(\overline{WI}_{OE_m}^{MI} - \overline{WA}_{OE_m}^{MI} \right) \right) \quad [5.9]$$

Por lo tanto, según estas dos medidas es posible definir dos nuevas medidas de la efectividad de manera análoga a las anteriores, **expresiones 5.10 y 5.11**:

$$E(W_{OE}^{MI})_3 = 1 - d_{(\infty)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) \quad [5.10]$$

$$E(W_{OE}^{MI})_4 = 1 - D_{(\infty)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) \quad [5.11]$$

Sin embargo, las medidas basadas en la medida de Minkowski no tienen por qué ser las que mejor reflejen la variación entre un valor (Situación Actual) y la estimación del mismo (Situación Ideal), Zhang (1995). En este sentido, el propio Saaty (1993) expone que para medir la divergencia de la priorización de un conjunto de alternativas bajo distintas perspectivas, es más preciso utilizar la métrica proyectiva de Hilbert, **expresión 5.12**. En principio, basándose en observaciones empíricas, se establece que la función de distancia de Hilbert tiene un mejor potencial discriminador que la tradicional medida Euclídea.

$$d_{(1)}(x, y) = \ln \left(\frac{\max_{1 \leq m \leq M} \left(\frac{x_m}{y_m} \right)}{\min_{1 \leq m \leq M} \left(\frac{x_m}{y_m} \right)} \right) \quad [5.12]$$

En definitiva, para el caso que nos ocupa, se obtiene una nueva medida según la **expresión 5.13**:

$$d_{(1)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI}) = \ln \left(\frac{\max_{1 \leq m \leq M} \left(\frac{WI_{OE_m}^{MI}}{WA_{OE_m}^{MI}} \right)}{\min_{1 \leq m \leq M} \left(\frac{WI_{OE_m}^{MI}}{WA_{OE_m}^{MI}} \right)} \right) \quad [5.13]$$

En este caso, la medida de la efectividad ha de tener en cuenta que los resultados obtenidos de la **expresión 5.13** provienen de la aplicación del logaritmo neperiano a un cociente de valores entre 0 y 1, y no de la suma de valores entre 0 y 1 como las anteriores. Por ello, es preciso establecer cómo se han de ponderar los valores de la **expresión 5.13** para obtener una medida de la efectividad análoga a las anteriores. Para ello, es preciso definir el máximo valor que puede tener el cociente de la **expresión 5.13**. Este valor máximo se dará cuando el numerador sea máximo, la influencia de uno de los objetivos estratégicos en la Situación Ideal sea la máxima que puede tener y en la Situación Actual sea la mínima posible, y el denominador sea mínimo, cuando la influencia de un objetivo estratégico en la Situación Ideal sea la mínima posible y en la Situación Actual sea la máxima posible. Estos valores dependerán del número de objetivos que se estén valorando, ya que el valor mínimo de influencia para que el objetivo estratégico sea relevante dependerá de con cuantos otros se esté comparando. Para el caso específico de $M = 5$, se establece que para que un objetivo estratégico sea relevante requiere tener una influencia igual o superior a 0,05 (5%). Por ello, este será el valor mínimo de la influencia de un objetivo estratégico en cualquiera de las dos situaciones y, por consiguiente, el valor máximo será de 0,80 (80%) que es el que permite que los otros cinco objetivos estratégicos tengan el valor mínimo. En definitiva, la medida de la efectividad utilizando la medida de la **expresión 5.13** se obtiene gracias a la **expresión 5.14**:

$$E(W_{OE}^{MI})_5 = 1 - \frac{d_{(1)}(WI_{OE}^{MI}, WA_{OE}^{MI})}{\ln(256)} \quad [5.14]$$

Por último, para establecer cuál de las cinco medidas de la efectividad es la idónea, se van a aplicar todas las medidas anteriores de efectividad a distintas combinaciones de distribución de influencia, para $M = 5$, partiendo de un sistema completamente efectivo, esto es, los mismos valores para los objetivos estratégicos en la Situación Ideal que en la Situación Actual, hasta llegar a un sistema lo menos efectivo posible. Donde el objetivo estratégico más influyente en la Situación Ideal tenga la mayor influencia posible y, sin embargo, tenga la mínima posible en la Situación Actual. La **Tabla 5.1** resume los distintos escenarios hipotéticos de situaciones que se van a

analizar y la **Tabla 5.2** ilustra los resultados obtenidos para cada una de las cinco medidas de efectividad.

	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		S8		S9	
	SI	SA	SI	SA	SI	SA	SI	SA	SI	SA	SI	SA	SI	SA	SI	SA	SI	SA
OE1	0,35	0,35	0,35	0,36	0,30	0,33	0,45	0,25	0,40	0,40	0,70	0,70	0,45	0,25	0,40	0,05	0,80	0,05
OE2	0,30	0,30	0,30	0,31	0,25	0,28	0,20	0,40	0,30	0,30	0,15	0,05	0,20	0,20	0,40	0,05	0,05	0,24
OE3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,10	0,20	0,05	0,10	0,15	0,15	0,10	0,30	0,05	0,24	
OE4	0,10	0,10	0,10	0,08	0,15	0,12	0,15	0,15	0,10	0,05	0,05	0,10	0,15	0,15	0,05	0,30	0,05	0,24
OE5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,07	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,30	0,05	0,23	

Tabla 5.1. Escenarios de prueba para la elección de la medida de la efectividad

Por lo tanto, la **Tabla 5.1** recoge nueve escenarios que representan distintas distribuciones de influencia para los cinco objetivos tanto en la Situación Ideal como en la Situación Actual. El primer escenario (S1) coincide con un sistema efectivo y el último (S9) es el escenario de un sistema muy poco efectivo. El resto de los escenarios son, en principio, situaciones intermedias. No obstante, es importante recordar que la construcción de escenarios proviene de una estimación lógica de la que se considera una distribución efectiva y de la que no.

	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		S8		S9	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
E1	100,00%	97,55%	94,00%	71,72%	87,75%	87,75%	71,72%	35,97%	16,14%									
E2	100,00%	98,00%	96,96%	79,86%	90,00%	90,00%	79,86%	64,76%	25,00%									
E3	100,00%	98,56%	95,47%	78,11%	96,25%	97,80%	78,92%	49,38%	24,84%									
E4	100,00%	99,00%	96,99%	80,00%	95,07%	97,86%	79,98%	64,76%	25,00%									
E5	100,00%	95,38%	91,52%	76,90%	75,00%	67,69%	60,38%	30,19%	21,71%									

Tabla 5.2. Valores de las medidas de la efectividad aplicadas a los escenarios de prueba

Por lo que se puede observar en la **Tabla 5.2**, como se esperaba por lo expuesto por Saaty, es la utilización de la distancia de Hilbert la que permite representar de una manera más diferenciada distintas comparaciones entre dos distribuciones de prioridad. Asimismo, establece un ranking más progresivo y permite tener en cuenta que los objetivos estratégicos más desalineados no sean los de mayor o menor prioridad.

Por lo tanto, se utilizará la medida de efectividad de la **expresión 5.14** para establecer la efectividad de la logística de transporte aéreo de mercancías que se va a realizar a continuación. Sin embargo, es importante tener en cuenta la posibilidad de utilizar las otras medidas de efectividad como contra punto a la medida elegida.

5.2. ELEMENTOS DEL TRANSPORTE ÁEREO DE MERCANCÍAS

Por lo tanto, la medida de la efectividad, expuesta en el apartado anterior, no es otra cosa que una manera de comparar los resultados obtenidos del análisis del sistema en la Situación Ideal y en la Situación Actual. Para llevar a cabo dicho análisis es preciso la construcción y aplicación del modelo de análisis definido en el **Capítulo 4**. La primera fase, planteamiento del problema, es común para cualquier sistema a estudio, ya que lo que se modeliza es la planificación estratégica como un proceso de toma de decisión. Sin embargo, la segunda fase, definición de los elementos, es específica para cada sistema y común para cualquier situación en la que se quiera valorar el sistema a análisis.

Tal y como se ha expuesto, la definición de los elementos comienza con un análisis de la logística del transporte aéreo de mercancías (LTAM) por parte del actor facilitador, en este caso el actor facilitador está compuesto, principalmente, por el autor de la presente monografía junto a la colaboración de los dos directores de la misma. A partir de dicho análisis, se define la composición del actor decisor y del actor evaluador y se guía a ambos actores a la definición de los distintos elementos.

En principio, este es el procedimiento que se ha de seguir para la síntesis de los elementos del modelo de análisis para la LTAM, sin embargo, implica una dedicación muy elevada por parte de los integrantes del actor decisor y evaluador que, debido a la necesidad de que formen parte de las áreas de gestión y dirección de sus entidades, es en muchas ocasiones complicado de conseguir. Por ello, para el caso específico de esta monografía, el actor facilitador ha optado por llevar a cabo un análisis más profundo que permitiese a los otros actores realizar su aporte al modelo de manera sencilla y rápida. En este sentido, la **Figura 5.1** ilustra los distintos pasos que el actor facilitador da, previamente, para permitir la definición de los elementos de la LTAM por parte del actor evaluador y decisor (que tal como se ha adelantado en el capítulo anterior, por las características de la planificación estratégica, puede estar formado por los mismos componentes).

Figura 5.1. Esquema de la definición de los elementos de la LTAM

Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza.

En síntesis, es un análisis previo, recogido en el **Capítulo 3**, que comienza definiendo el concepto de logística de transporte aéreo de mercancías y los agentes que la componen. Posteriormente, a través del análisis de las agendas de investigación del ACARE, las actividades englobadas en el Séptimo Programa Marco y la revisión de la literatura científica relacionadas se establecen los aspectos relevantes de la LTAM.

A partir de estos aspectos relevantes, se elabora un cuestionario **ANEXO A1** que se envía a un grupo amplio de agentes de la LTAM para que expongan la relevancia real de dichos aspectos y obtener, por lo tanto, una primer definición de los elementos de la LTAM. Por último, se forma un grupo reducido de expertos que es representativo de todos los agentes de la LTAM para que definan, en una jornada de debate y por consenso, los elementos de la LTAM. Dicha jornada de debate, fue dirigida por el actor facilitador y reunió tanto a expertos del sector como a expertos en análisis de determinadas áreas del sector, **Tabla 3**, que serán los componentes del actor evaluador y decisor.

Agente	Institución	Cargo
Legislación	Gobierno de Aragón	Director General de Transportes
Legislación	Gobierno de Aragón	Director General de Economía
Industria	Asociación aeroespacial Aragonesa (AERA)	Directora general
Gestión	Centro Logísticos Aeroportuarios (CLASA)	Director General
Gestión	Aeropuertos y Navegación Aérea (AENA)	Directora del Aeropuerto de Zaragoza
Demanda	CALADERO	Director Logística
Oferta	AIR FRANCE – KLM CARGO	Director de Operaciones
Intermediarios	Asociación empresarial PLAZA (AEPLA)	Director
Consultor	ROBALTON	Director
Investigador	Universidad Politécnica de Madrid (UPM)	Profesor titular de transportes de la escuela de ingeniería aeronáutica
Investigador	Universidad de Zaragoza (UZ)	Catedrático de transportes
Investigador	Universidad de Zaragoza (UZ)	Catedrático de Economía Aplicada

Tabla 5.3. Grupo de expertos que componen el actor evaluador y decisor

A lo largo de la jornada se debatió sobre la inclusión o no de los aspectos relevantes dentro del modelo de análisis y sobre la necesidad de incorporar alguno nuevo que no hubiera sido detectado en los pasos anteriores.

En definitiva, como resultado se obtuvo la definición de los elementos del modelo de análisis para la LTAM que se expondrá a continuación.

5.2.1. Clúster de objetivos estratégicos

Por lo tanto, el modelo de análisis valora la influencia de un conjunto de objetivos estratégicos con respecto a la misión que persigue la LTAM. Por ello, es preciso definir con precisión dicha misión y dichos objetivos estratégicos.

Para la misión, es preciso tener en cuenta tanto el papel que tiene la LTAM para el tejido productivo e industrial como el impacto que se espera que tenga en la sociedad y en el medio ambiente. Por ello, la definición de la misión es la siguiente:

Misión: Articular cadenas de suministro flexibles y fiables que sean de calidad, asequibles para los usuarios, seguras, respetuosas con el medio ambiente y que contribuyan al desarrollo sostenible de la sociedad.

En cuanto a los objetivos estratégicos, se observa que la definición de los mismos consiste en desglosar las acciones principales que permiten alcanzar la misión de la LTAM anteriormente establecida.

OE₁.- Aumentar la factibilidad del sistema: En principio, consiste en incidir en el entorno productivo para que sea posible articular cadenas logísticas basadas en el transporte aéreo. Para ello, hay que facilitar el retorno en las rutas, fijar la demanda de servicios de transporte aéreo y avanzar en la reducción del efecto de las externalidades en el sistema.

OE₂.- Reducir el impacto medioambiental: Hace referencia a disminuir los efectos que el sistema de transporte aéreo de mercancías produce tanto a nivel global como a nivel local. Por ello, implica valorar aspectos como la internalización de los costes medioambientales, el control del ciclo de los servicios y elementos relacionados con la carga aérea, disminución de emisiones o limitar la generación de ruido.

OE₃.- Aumentar la seguridad del sistema: Está asociado tanto a la reducción del número de accidentes como a la protección del sistema con respecto a acciones exteriores. En este sentido, se incidirá en aspectos referidos a la disminución del error humano, mejora de los sistemas de aproximación y guiado, aumento del control en vuelo y en tierra, mejora de los sistemas de protección y control y formación del personal.

OE₄.- Aumentar el aporte al desarrollo del sistema: Implica en tener que impulsar a que el sistema se convierta en un vector de creación de empleo, cohesión social, incremento de la competitividad y desarrollo tecnológico de los territorios.

OE₅.- Aumentar la asequibilidad y la calidad del sistema: Está relacionado con la necesidad de aumentar el número de usuarios que pueden acceder al sistema y el valor añadido que estos perciben del mismo. Por ello, afecta a aspectos relacionados con la reducción del coste de transporte, la idoneidad de los servicios, la capacidad del sistema, la reducción de retrasos y, en definitiva, en la fiabilidad de recibir el servicio adecuado.

5.2.2. Clúster de agentes

Una vez establecido qué se quiere alcanzar y cómo se va a alcanzar, es preciso definir quiénes interactúan dentro de la LTAM para conseguir satisfacer los objetivos estratégicos. En este sentido, son los representantes de las distintas aéreas, que permiten tanto la articulación de la logística de transporte como que dicha logística se lleve en las mejores condiciones posibles, relacionadas con el transporte aéreo de mercancías los que compondrán el conjunto clúster de agentes.

AG₁ .- Legislación (Servicios administrativos): Establece el conjunto de normas que regulan la actividad. Por lo tanto, no hace referencia únicamente a los estados o asociaciones gubernamentales de ámbito internacional, sino que incluye a otras asociaciones de agentes del sistema que influyen en el marco normativo y regulador del mismo. En este sentido, les influye la necesidad de avanzar en temas como los cielos abiertos, estandarización y uniformidad, seguridad ante acciones ilícitas o protección al medio ambiente.

AG₂ .- Industria: Se refiere al conjunto de empresas que suministran el material móvil y aeronaves, instalaciones e infraestructuras, y sistemas y equipos necesarios para que se pueda realizar el transporte aéreo de mercancías. En síntesis, la industria aeronáutica, la industria de la construcción y la industria auxiliar. Está influida por temas como el coste de fabricación de aeronaves, los plazos de entrega, el ciclo de vida de las aeronaves, las restricciones ambientales o la modernización de las infraestructuras.

AG₃ .- Gestión: Se entiende como gestión tanto al organismo encargado de que los servicios aeroportuarios, los servicios de navegación aérea y los servicios comerciales tengan unos estándares de calidad y seguridad, como al organismo nacional o regional, público o privado encargado de obtener el mayor rendimiento del aeropuerto para el área de influencia a la que da servicio.

AG₄ .- Demanda (Usuarios): Se concibe como todo aquel que requiera transportar una mercancía por vía aérea. Por ello, se entiende que los usuarios definen la demanda del transporte aéreo de mercancías. En este sentido, le influye el coste del transporte, el valor añadido, la calidad del transporte o la existencia de mercancías especiales.

AG₅ .- Oferta (Compañías aéreas): Hace referencia a los transportistas del modo aéreo y, por lo tanto, a la oferta de servicios de carga aérea. Tienen en cuenta aspectos como el coste de operación, el tiempo de escala, la seguridad del servicio o la internalización de costes.

AG₆ - Intermediarios (Transitarios): Implica a la tipología de actores encargados de unir la oferta con la demanda y, por lo tanto, responsables en gran medida de la factibilidad del sistema. Tienen en cuenta aspectos como las componentes geográficas y temporales de la oferta y las necesidades de la demanda.

5.2.3. Clúster de criterios económicos

A continuación, partiendo de la base que los agentes van a guiar su toma de decisión considerando la relación entre los beneficios, costes, oportunidades y riesgos del sistema, es preciso definir los criterios que controlan o influyen sobre estos últimos. En este sentido, se establecen los elementos del clúster de criterios económicos que, en síntesis, reflejan la actividad económica de cada uno de los agentes.

CE₁.- Aeronaves: Tiene en cuenta todos los aspectos relacionados con todo el proceso que va desde la concepción y diseño de las aeronaves hasta su distribución. Por lo tanto, tendrá en cuenta factores que intervengan en dicho proceso como son la fabricación, simulación, evaluación y validación de las aeronaves, que están estrechamente relacionados con la introducción de la innovación en las aeronaves lo antes posible.

CE₂.- Infraestructuras: Tiene en cuenta todos los aspectos que hacen referencia al acondicionamiento de las infraestructuras principales que intervienen en el transporte aéreo de mercancías como son: los aeropuertos, las vías de acceso o las terminales de carga. Por ello, recoge factores como los procesos de construcción y las necesidades de equipamiento y de mantenimiento.

CE₃.- Material móvil y herramientas de ayuda: Implica todos los aspectos relacionados con el diseño y adecuación de los vehículos y los sistemas que permiten el cambio modal óptimo dentro del transporte aéreo de mercancías. En este sentido, son tenidos en cuenta factores como los vehículos destinados a las operaciones de carga, las instalaciones especializadas y los sistemas de gestión de flujos, comunicación e información y de seguridad e inspección.

CE₄.- Operativa: Recopila los costes principales asociados al funcionamiento de las compañías aéreas que incluyen su interacción con otros agentes de la cadena logística. Por lo tanto, se distinguen factores como la amortización y mantenimientos de las aeronaves, el combustible, el coste de vuelo y la internalización de los costes repercutidos por los impactos negativos del transporte aéreo de mercancías. Asimismo, tiene en cuenta los aspectos relacionados con la puesta en valor de los servicios que se prestan dentro de un aeropuerto al transporte de carga aérea.

CE₅.- Servicio al usuario: Establece los aspectos económicos que los usuarios de carga aérea tienen en cuenta a la hora de utilizar el transporte aéreo. Por ello, reúne factores como es el coste del transporte aéreo y el coste del trayecto intermodal.

CE₆.- Generación demanda: Se refiere a los aspectos que permiten que aumente el valor añadido asociado al uso del modo aéreo

CE₇.- Generación oferta: Establece los aspectos relevantes de la competitividad a través del transporte aéreo de mercancías. Para ello, los factores que se tienen en cuenta son los cielos libres, el mercado de slots y la protección contra monopolios.

5.2.4. Clúster de criterios técnicos

De manera análoga a los criterios económicos, la definición del clúster de criterios técnicos recorre las necesidades técnicas de los agentes de la LTAM. Por ello, los criterios describen aspectos parecidos a los descritos en el apartado anterior pero desde una perspectiva técnica.

CT₁.- Aeronaves: Hace referencia a los principales aspectos relacionados con las características técnicas de las aeronaves tanto para su diseño como para su utilización. En este sentido, se incluyen factores como la propulsión, la aerodinámica, la sustentación y la capacidad de las aeronaves.

CT₂.- Aeropuertos e infraestructuras: Se establecen los principales elementos a tener en cuenta dentro de un aeropuerto para el transporte aéreo de mercancías. En definitiva, tienen en cuenta factores como los accesos a los aeropuertos, las pistas de aterrizaje, la terminal de carga y la torre de control.

CT₃.- Material móvil y sistemas: Agrupa los elementos necesarios para que el tránsito de la mercancía del modo carretero al aéreo sea óptimo dentro de lo estándares de calidad y seguridad. Por lo tanto, tiene como factores los vehículos de carga y descarga, las instalaciones especializadas, la comunicación e información y la seguridad.

CT₄.- Operativa: Sintetiza los aspectos relevantes relacionados con las operaciones habituales en el transporte aéreo de mercancías. Por ello, los factores a tener en cuenta son la carga y descarga, el aterrizaje y el despegue, la aproximación, facilitar la participación humana y los procesos documentales.

5.2.5. Clúster de criterios sociales

En cuanto al clúster de criterios sociales, es preciso tener en cuenta la influencia que tiene la LTAM tanto a nivel global, dentro de la denominada nueva economía caracterizada por el comercio electrónico y la globalización, como a nivel local, en aspectos principalmente relacionados con el impacto en el área circundante a las infraestructuras de transporte aéreo.

CS₁.- Impacto global: Tiene en cuenta el impacto social a nivel global que tiene el transporte aéreo de mercancías. En este sentido, recopila factores como la cohesión territorial y la internacionalización de los territorios.

CS₂.- Impacto local: Tiene en cuenta el impacto social a nivel local que tiene el transporte aéreo de mercancías. En este sentido, recopila factores como el aporte a la tercera línea, la congestión de las vías de acceso, la tecnificación del área de influencia y el aporte a las cadenas logísticas.

5.2.6. Clúster de criterios ambientales

Por último, igual que ocurre con el clúster de criterios sociales, es preciso definir los criterios para tener en cuenta el impacto que la LTAM tiene a nivel global, a nivel de emisiones, y a nivel local, en cuanto a perturbaciones en la zona circundante a las infraestructuras de transporte aéreo de mercancías.

CA₁.- Emisiones globales: Principales efectos que el transporte aéreo de mercancías tiene en el medio ambiente a nivel global. Por ello, principalmente, los factores son las emisiones de dióxido de carbono y de óxidos de nitrógeno.

CA₂.- Perturbaciones locales: Principales efectos que el transporte aéreo de mercancías tiene en el medio ambiente a nivel local. En este sentido, los factores son el ruido, la contaminación del aire y del agua.

CA₃.- Buenas prácticas: Nuevos procedimientos a tener en cuenta para mejorar el rendimiento ambiental del transporte aéreo de mercancías. Por ello, los factores hacen referencia al ciclo del producto, a las mercancías peligrosas y a la eficiencia energética.

En síntesis, gracias al trabajo previo llevado a cabo por el actor facilitador, que ha sido validado y completado por el actor evaluador y decisor, se han obtenido los elementos del modelo de análisis para la LTAM.

A continuación, es preciso aplicar dicho modelo de análisis a la Situación Actual y a la Situación Ideal del sistema. Para ello, se espera que el actor evaluador y decisor establezcan las relaciones entre elementos y el peso de cada una de ellas en cada situación según los procedimientos expuestos en el **Capítulo 4**. Sin embargo, es una actividad que requiere mucho tiempo al actor evaluador y decisor, ya que implica la valoración de un número elevado de elementos. Por ello, a lo largo de la síntesis de la situación Actual y la Situación Ideal, se han tenido en cuenta una serie de consideraciones que disminuye el tiempo que se requiere a cada componente del actor decisor y evaluador.

Por lo tanto, los siguientes apartados están destinados a exponer dichas consideraciones y los resultados obtenidos. En este sentido, el **ANEXO A2** recopila todos los datos intermedios obtenidos durante la aplicación de ANP, esto es, matrices de relaciones, matrices de clústeres, supermatrices y resumen de las prioridades finales tanto para la red de control y subredes BCOR en ambas situaciones. De esta forma, los siguientes dos apartados, se centran en exponer las peculiaridades de la aplicación del modelo de análisis a la LTAM.

5.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA LTAM

La Situación Actual de la logística del transporte aéreo de mercancías depende de cómo los elementos relevantes del sistema, definidos en el apartado anterior, estén relacionados en la actualidad y de la intensidad de dicha influencia. Como paso previo a sintetizar dichas relaciones y pesos, es interesante dar un esbozo de cuál es la percepción del comportamiento de la Situación Actual.

En este sentido, se entiende que la Situación Actual se caracteriza por una comunicación débil entre los agentes que interaccionan en el sistema y una mayor preocupación por el corto y medio plazo, esto es, priman más los beneficios y los costes que las oportunidades y los riesgos. Asimismo, existe una preponderancia en la influencia de los criterios de ámbito económico, fomentada por la crisis financiera, en la que criterios como los ambientales, que hasta hace pocos años estaban en la primera línea de la preocupación de los estados, han perdido relevancia.

Por lo tanto, se espera que el modelo de análisis sea capaz de reflejar dichas características de la Situación Actual. A continuación, se exponen los principales resultados y consideraciones en la definición de las matrices de relaciones y posterior construcción de las supermatrices sin ponderar. Se recuerda que el **ANEXO A2** recopila todos los resultados intermedios de la aplicación del modelo de análisis basado en ANP.

5.3.1. Matrices de relaciones para la SA de la LTAM

Teniendo en cuenta el proceso metodológico expuesto en el **Capítulo 4**, para cada situación es preciso completar cinco matrices de relaciones.

La primera de ellas, la matriz de relaciones para la red de control (**Tabla 5.4**), recoge cómo influyen los elementos del clúster de agentes y del clúster de criterios estratégicos a la misión de la logística del transporte aéreo de mercancías.

En el caso de la Situación Actual, el actor evaluador establece que todos los elementos del clúster de agentes influyen en la misión y, a su vez, todos los elementos del clúster de criterios estratégicos influyen en todos los elementos del clúster de agentes. En principio, esta matriz de relaciones pone de relevancia el hecho de que la toma de decisiones de los agentes está basada, principalmente, en sus intereses sin tener en cuenta la influencia que otros agentes puedan tener sobre ellos.

	MI	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	B	C	O	R
MI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AG3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AG4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
AG5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AG6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
B	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
C	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
O	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
R	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Tabla 5.4. Matriz de relaciones para la red de control en la Situación Actual

David Ponce Pérez. Junio (2012).

Las otras cuatro matrices de relaciones corresponden a cada subred destinada a valorar la influencia con respecto a los criterios estratégicos (*BCOR*). Con el objetivo de facilitar la intervención del actor evaluador, ya que el número de elementos en cada subred *BCOR* es muy elevado, se considera que el comportamiento en cuanto a cómo están relacionados los elementos dentro de cada subred es el mismo, esto es, en la Situación Actual los elementos de las subredes *BCOR* tienen las mismas relaciones y variará el peso que se le dé a cada una de dichas relaciones en cada subred.

El principal problema que tiene este tipo de consideración, partiendo de la base que un elemento que no influya en una subred *BCOR* puede obtener un peso nulo, es que un elemento que se haya definido con influencia nula en la subred utilizada para sintetizar las relaciones sí que tenga influencia, aunque sea mínima, en otra de las subredes. Sin embargo, tal y como han sido definidos los elementos del modelo de análisis se intuye difícil que se dé dicha posibilidad.

Por lo tanto, utilizando como ejemplo la subred de beneficios (*B*), **Tabla 5.5**, se pone de manifiesto que todos los elementos de los clústeres de criterios de control influyen sobre los beneficios. Asimismo, los agentes influyen sobre los criterios de control y los objetivos estratégicos influyen tanto sobre los criterios de control como sobre los agentes. De nuevo, la **Tabla 5.5** pone de relevancia el hecho de que los agentes únicamente tienen en cuenta sus propios intereses a la hora de definir sus acciones y que los elementos de los criterios de control se influyen entre ellos tanto de manera interna (elementos del mismo clúster) como de manera externa (elementos de distintos clústeres).

	B	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AG1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
AG3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
AG4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
AG5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CE1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CE2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CE3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CE4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CE5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
CE6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CE7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CT1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
CT2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
CT3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
CT4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
CS1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
CS2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
CA1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CA2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CA3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
OE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
OE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
OE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Tabla 5.5. Matriz de relaciones para la subred de beneficios en la Situación Actual

5.3.2. Supermatrices sin ponderar y matrices de clústeres para la SA de la LTAM

Cada matriz de relaciones definida en el apartado anterior, sirve de guía para establecer la matriz de clústeres, que recoge la importancia de cada clúster con respecto al resto de clústeres, y la supermatriz sin ponderar que recoge la importancia de cada elemento con respecto al resto de elementos. Por lo tanto, por cada matriz de relaciones es preciso construir dos nuevas matrices.

En el caso de la red de control estas matrices son la **Tabla 5.6** y a la **Tabla 5.7**.

	MI	AG	BCOR
MI	0	0	0
AG	1	0,5	0
BCOR	0	0,5	0

Tabla 5.6. Matriz de clústeres para la red de control en la Situación Actual

La **Tabla 5.6** pone de relevancia que en la Situación Actual, en la toma de decisiones de un agente, influye lo mismo su percepción como la influencia proveniente de los criterios estratégicos.

	MI	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	B	C	O	R
MI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG1	0,34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG2	0,17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AG3	0,186	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AG4	0,086	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
AG5	0,162	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AG6	0,056	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
B	0	0,43	0,33	0,44	0,29	0,34	0,5	0	0	0	0
C	0	0,41	0,36	0,35	0,4	0,31	0,35	0	0	0	0
O	0	0,1	0,13	0,11	0,1	0,17	0,1	0	0	0	0
R	0	0,06	0,18	0,1	0,21	0,18	0,05	0	0	0	0

Tabla 5.7. Supermatriz para la red de control en la Situación Actual

Asimismo, la **Tabla 5.7**, pone de relevancia que la influencia de los beneficios y los costes es mayor que la de las oportunidades y los riesgos.

Para el caso de las subredes(*BCOR*), al igual que ocurre con las matrices de relaciones, la intervención del actor evaluador, especialmente para la supermatriz sin ponderar, tiene que verse reducida con el objetivo de aprovechar al máximo su disponibilidad.

Por ello, se establece que la influencia de los agentes sobre el resto de los elementos y de los criterios de control sobre ellos mismos es siempre la misma y, por lo tanto, lo que se modifica en cada red de control es cómo influyen los criterios de control a cada criterio estratégico y cómo influyen los objetivos estratégicos a los clústeres de agentes y de criterios de control. En este sentido, para que sirva como ejemplo, la **Tabla 5.8** y la **Tabla 5.9** muestran las matrices para la subred de beneficios (*B*). En dichas tablas se resalta con sombreado los valores que varían en cada subred (*BCOR*) y sin sombrear los valores que son fijos.

	B	AG	CE	CT	CS	CA	OE
B	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0
CE	0,33	0	0,35	0,125	0,125	0,1	0
CT	0,17	0	0,075	0,3	0	0,075	0
CS	0,17	0	0,075	0	0,3	0,075	0
CA	0,33	0	0,1	0,125	0,125	0,35	0
OE	0	1	0,2	0,25	0,25	0,2	0

Tabla 5.8. Matriz de clústeres para la subred de beneficios en la Situación Actual

La **Tabla 5.8** muestra cuál es la influencia que cada clúster de la subred de beneficios (*B*) tiene según el actor evaluador tanto para los beneficios como para el resto de clústeres. Tal y como se ha expuesto anteriormente, los valores de dicha influencia dependerá la subred que se esté valorando.

	B	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
AG1	0	1	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,25	0	0	0	0		
AG2	0	0	1	0	0	0	0	0,54	0,3	0,3	0,2	0	0	0	0,55	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0	0		
AG3	0	0	0	1	0	0	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	
AG4	0	0	0	0	1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,15	0,3	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0	0	0	0		
AG5	0	0	0	0	0	1	0	0,16	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0	0	0	0	0	
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0	0	0,1	0,2	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	0	
CE1	0,27	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0
CE2	0,18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	0	0
CE3	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0	0	0	0	0
CE4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0	0	0	0	0
CE5	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0
CE6	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
CE7	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
CT1	0,4	0	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0
CT2	0,35	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0
CT3	0,02	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0
CT4	0,23	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0
CS1	0,35	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	0	0	0
CS2	0,65	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	0	0	0
CA1	0,35	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0	0	0
CA2	0,55	0	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0	0	0
CA3	0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0	0	0
OE1	0	0,25	0,25	0,38	0,33	0,35	0,6	0,2	0,1	0,25	0,2	0,5	0,5	0,4	0	0	0	0,2	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OE2	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,15	0,2	0,25	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OE3	0	0,25	0,25	0,1	0,25	0,15	0,1	0,3	0,25	0,13	0,25	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,15	0,3	0,75	0,75	0,4	0	0	0	0	0	0	0
OE4	0	0,25	0,25	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,2	0,22	0,3	0	0	0	0	0	0	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OE5	0	0,15	0,15	0,12	0,13	0,25	0,1	0,25	0,15	0,21	0,1	0,3	0,25	0,3	0	0	0	0,15	0,1	0,25	0,25	0,6	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 5.9. Supermatriz para la subred de beneficios en la Situación Actual

En un sentido parecido, se comporta la **Tabla 5.9**, sin embargo, se supone que la influencia entre los criterios de control es constante para todas las subredes y que lo mismo pasa para la influencia que tienen los agentes sobre ellos.

A continuación, en el siguiente subapartado, se resumen los resultados que se obtienen a partir de las matrices de clústeres y las supermatrices sin ponderar.

5.3.3. Peso de los elementos del modelo de análisis para la SA de la LTAM

Tal y como se ha expuesto en el **Capítulo 2**, una vez construidas las matrices de clústeres y las supermatrices sin ponderar la intervención del actor evaluador y decisor ha terminado. A partir de ahí, los resultados definitivos se obtienen a través de un proceso matemático.

La **Tabla 5.10** muestra la influencia de los elementos de la red de control con respecto a la misión de la logística del transporte aéreo de mercancías. A partir de ella, se observa que en la Situación Actual influyen más los beneficios y los costes que las oportunidades y los riesgos.

Asimismo, se observa una preponderancia de la influencia de los agentes encargados del entorno (administración, industria y gestión) sobre los agentes encargados de la cadena logística (oferta, demanda e intermediarios). En este sentido, queda de manifiesto que tanto la demanda (cargadores) como intermediarios (transitarios) influyen muy poco en la planificación estratégica de la Situación Actual.

	GLOBAL	NORMAL
AG1	17,0%	34,0%
AG2	8,5%	17,0%
AG3	9,3%	18,6%
AG4	4,3%	8,6%
AG5	8,1%	16,2%
AG6	2,8%	5,6%
B	19,6%	39,2%
C	18,5%	37,0%
O	5,9%	11,8%
R	6,0%	12,0%

Tabla 5.10. Priorización de los elementos de la red de control de la Situación Actual

La **Tabla 5.11** muestra la influencia de los elementos de las subredes *BCOR* con respecto a cada subred en la Situación Actual.

De nuevo, la interpretación de los resultados es análoga a la que se ha llevado en el caso de la **Tabla 5.10**. Por lo tanto, es posible establecer cuáles son los elementos que más influyen para cada subred. Sin embargo, para poder comparar de manera significativa los resultados de los elementos es preciso sintetizar los resultados tal y como se sugiere en la **expresión 4.1**. Como dicha comparación se realizará en el apartado siguiente, únicamente resaltar que la influencia de los elementos de modelo de análisis se mantiene constante a lo largo de las subredes (*BCOR*) excepto para los objetivos estratégicos donde se observa variaciones más fuertes entre las subredes.

	BENEFICIOS		COSTES		OPORTUNIDADES		RIESGOS	
	Normal	Global	Normal	Global	Normal	Global	Normal	Global
AG1	26,28%	4,04%	28,01%	4,12%	26,94%	4,28%	23,68%	4,31%
AG2	21,86%	3,36%	21,41%	3,15%	22,09%	3,51%	21,81%	3,97%
AG3	9,31%	1,43%	8,50%	1,25%	8,68%	1,38%	12,09%	2,20%
AG4	11,40%	1,75%	15,84%	2,33%	11,71%	1,86%	13,74%	2,50%
AG5	20,00%	3,07%	15,16%	2,23%	19,82%	3,15%	17,14%	3,12%
AG6	11,17%	1,72%	11,08%	1,63%	10,76%	1,71%	11,54%	2,10%
CE1	26,72%	4,44%	22,28%	3,16%	32,29%	4,52%	32,26%	4,69%
CE2	15,14%	2,51%	15,16%	2,15%	15,93%	2,23%	15,61%	2,27%
CE3	13,25%	2,20%	15,51%	2,20%	11,21%	1,57%	11,28%	1,64%
CE4	16,71%	2,77%	14,88%	2,11%	8,79%	1,23%	10,18%	1,48%
CE5	11,21%	1,86%	9,94%	1,41%	11,21%	1,57%	8,94%	1,30%
CE6	8,49%	1,41%	9,17%	1,30%	11,64%	1,63%	12,31%	1,79%
CE7	8,49%	1,41%	13,05%	1,85%	8,93%	1,25%	9,42%	1,37%
CT1	37,07%	2,69%	33,87%	2,12%	32,86%	2,32%	33,94%	2,61%
CT2	28,72%	2,08%	34,03%	2,13%	30,03%	2,12%	29,26%	2,25%
CT3	15,50%	1,12%	12,94%	0,81%	17,56%	1,24%	17,69%	1,36%
CT4	18,72%	1,36%	19,17%	1,20%	19,55%	1,38%	19,12%	1,47%
CS1	45,97%	2,00%	47,01%	3,07%	44,47%	1,97%	44,44%	2,12%
CS2	54,03%	2,35%	52,99%	3,46%	55,53%	2,46%	55,56%	2,65%
CA1	26,82%	3,42%	31,91%	4,25%	28,21%	3,56%	26,37%	3,57%
CA2	40,74%	5,19%	39,56%	5,27%	41,68%	5,26%	42,54%	5,76%
CA3	32,44%	4,14%	28,53%	3,80%	30,11%	3,80%	31,09%	4,21%
OE1	25,73%	11,24%	14,25%	6,41%	27,25%	12,54%	19,05%	7,86%
OE2	14,88%	6,50%	20,95%	9,43%	13,15%	6,05%	17,40%	7,18%
OE3	26,30%	11,49%	24,20%	10,89%	21,55%	9,91%	19,35%	7,98%
OE4	15,60%	6,81%	25,55%	11,50%	23,90%	10,99%	21,15%	8,73%
OE5	17,50%	7,65%	15,05%	6,77%	14,15%	6,51%	23,05%	9,51%

Tabla 5.11. Priorización de los elementos de las subredes BCOR de la Situación Actual

A continuación, en el siguiente apartado, se realiza el mismo proceso para la Situación Ideal. En este sentido, ya se adelanta que se repiten las consideraciones realizadas en cuanto a la intervención del actor decisor y evaluador con el objetivo de orientar su participación hacia los aspectos más relevantes para la síntesis de los resultados.

5.4 SITUACIÓN IDEAL DE LA LTAM

La Situación Ideal de la logística del transporte aéreo de mercancías depende de cómo los elementos relevantes del sistema, definidos en el apartado anterior, deberían estar relacionados y con qué pesos, para que el sistema satisfaga completamente la misión para la que ha sido definido. De manera análoga a lo llevado a cabo para la Situación Actual, como paso previo a sintetizar dichas relaciones y pesos, es interesante dar un esbozo de cuál es la percepción del comportamiento que el sistema debería tener en la Situación Ideal.

En este sentido, se entiende que la Situación Ideal se caracteriza por una interlocución fluida entre los agentes que interaccionan en el sistema permitiendo que la toma de decisiones de cada agente dependa de las influencias provenientes del resto de los agentes.

En contraposición a la Situación Actual, se debe equilibrar la importancia entre el medio y largo plazo del sistema, esto es, la influencia de los beneficios, costes, oportunidades y riesgos debe ser parecida. Asimismo, la importancia de los criterios económicos, muy influyentes en la Situación Actual, debe estar matizada por la influencia del resto de los criterios de control.

De nuevo, se espera que el modelo de análisis sea capaz de reflejar dichas características de la Situación Ideal. A continuación, se exponen los principales resultados de las matrices de relaciones y posterior construcción de las supermatrices sin ponderar. Como ya se ha avanzado al final del apartado anterior, las consideraciones llevadas a cabo en cuanto al comportamiento de los elementos en las distintas subredes (*BCOR*) con el objetivo de reducir la intervención de los actores evaluador y decisor son las mismas que las de la Situación Actual. Por ello, a continuación únicamente se pondrá en relevancia las diferencias que se observan en la Situación Ideal.

5.4.1. Matrices de relaciones para la SI de la LTAM

La **Tabla 5.12** muestra la matriz de relaciones para la red de control en la Situación Ideal.

	MI	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	B	C	O	R
MI	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
AG2	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
AG3	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
AG4	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
AG5	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
AG6	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
B	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
C	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
O	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
R	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Tabla 5.12. Matriz de relaciones para la red de control en la Situación Ideal

Al igual que en la Situación Actual, la misión está influida por los agentes y los agentes están influídos por los criterios estratégicos. Sin embargo, en esta matriz de relaciones, se introduce el hecho de que las decisiones de cada agente ya no dependen de él mismo, sino de las influencias del resto de los agentes.

La **Tabla 5.13** expone la matriz de relaciones para la subred de beneficios (*B*) como ejemplo de matriz de relaciones para las subredes (*BCOR*).

	<i>B</i>	<i>AG1</i>	<i>AG2</i>	<i>AG3</i>	<i>AG4</i>	<i>AG5</i>	<i>AG6</i>	<i>CE1</i>	<i>CE2</i>	<i>CE3</i>	<i>CE4</i>	<i>CE5</i>	<i>CE6</i>	<i>CE7</i>	<i>CT1</i>	<i>CT2</i>	<i>CT3</i>	<i>CT4</i>	<i>CS1</i>	<i>CS2</i>	<i>CA1</i>	<i>CA2</i>	<i>CA3</i>	<i>OE1</i>	<i>OE2</i>	<i>OE3</i>	<i>OE4</i>	<i>OE5</i>
<i>B</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>AG1</i>	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>AG2</i>	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>AG3</i>	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>AG4</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>AG5</i>	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>AG6</i>	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>CE1</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>CE2</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>CE3</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>CE4</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
<i>CE5</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	
<i>CE6</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
<i>CE7</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>CT1</i>	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
<i>CT2</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
<i>CT3</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
<i>CT4</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
<i>CS1</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
<i>CS2</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
<i>CA1</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
<i>CA2</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
<i>CA3</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
<i>OE1</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>OE2</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>OE3</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
<i>OE4</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
<i>OE5</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	

Tabla 5.13. Matriz de relaciones para la subred de beneficios en la Situación Ideal

De manera análoga a lo que ocurre con el caso de la subred de control, lo que principalmente diferencia la Situación Ideal con respecto a la Situación Actual es la influencia existente entre agentes.

5.4.2. Supermatrices sin ponderar y matrices de clústeres para la SI de la LTAM

La **Tabla 5.14** muestra la matriz de clústeres para la red de control en la Situación Ideal.

	MI	AG	BCOR
MI	0	0	0
AG	1	0,34	0
BCOR	0	0,66	0

Tabla 5.14. Matriz de clústeres para la red de control en la Situación Ideal

En la **Tabla 5.14**, se observa que aumenta la influencia que el clúster de criterios estratégicos tiene con respecto al clúster de agentes.

La **Tabla 5.15** muestra la supermatriz para la red de control en la Situación Ideal.

	MI	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	B	C	O	R
MI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG1	0,16	0	0,33	0,23	0,18	0,23	0,15	0	0	0	0
AG2	0,119	0,19	0	0,11	0,05	0,16	0,06	0	0	0	0
AG3	0,096	0,1	0,16	0	0,17	0,06	0,18	0	0	0	0
AG4	0,222	0,25	0,1	0,26	0	0,35	0,26	0	0	0	0
AG5	0,252	0,29	0,29	0,28	0,38	0	0,35	0	0	0	0
AG6	0,152	0,17	0,12	0,12	0,22	0,2	0	0	0	0	0
B	0	0,23	0,29	0,30	0,22	0,21	0,40	1	0	0	0
C	0	0,21	0,26	0,28	0,24	0,21	0,23	0	1	0	0
O	0	0,21	0,21	0,23	0,26	0,23	0,17	0	0	1	0
R	0	0,25	0,24	0,19	0,18	0,26	0,20	0	0	0	1

Tabla 5.15. Supermatriz para la red de control en la Situación Ideal

Las principales diferencias de la **Tabla 5.15** con respecto a la de la Situación Actual son el distinto peso que tiene la influencia de los agentes con respecto a la misión y la distribución más uniforme de la influencia de los criterios estratégicos con respecto a los agentes.

De nuevo, para las subredes (*BCOR*) se tiene en cuenta que la matriz de clústeres se definirá por completo para cada una de ellas, pero la supermatriz tendrá una parte fija (zona no sombreada) y otra que dependerá de la subred (*BCOR*) que se esté analizando. En este sentido, se utiliza la subred de beneficios (*B*) como ejemplo.

La **Tabla 5.16** muestra la matriz de clústeres para la subred de beneficios en la Situación Ideal.

	B	AG	CE	CT	CS	CA	OE
B	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0,34	0,05	0,1	0,1	0,05	0
CE	0,25	0	0,35	0,15	0,15	0,15	0
CT	0,25	0	0,15	0,4	0	0,15	0
CS	0,25	0	0,15	0	0,4	0,15	0
CA	0,25	0	0,15	0,15	0,15	0,35	0
OE	0	0,66	0,15	0,2	0,2	0,15	0

Tabla 5.16. Matriz de clústeres para la subred de beneficios en la Situación Ideal

En la **Tabla 5.16**, se observa que el reparto equitativo de los clústeres de criterios de control con respecto a los beneficios. Asimismo, aumenta la importancia de la influencia de los objetivos estratégicos con respecto a las decisiones de los agentes.

También hay que tener en cuenta, que la influencia de los elementos con respecto a los criterios de control varía en pequeña medida con respecto a la influencia que tenían en la Situación Actual.

Por último, la **Tabla 5.17** ilustra la supermatriz para la subred de beneficios en las la Situación Ideal.

	B	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5		
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
AG1	0	0	0,33	0,23	0,18	0,23	0,15	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,1	0,2	0,2	0,2	0,15	0,2	0,2	0,25	0,15	0,15	0	0	0				
AG2	0	0,19	0	0,11	0,05	0,16	0,06	0,45	0,2	0,2	0,15	0,05	0,05	0,05	0,45	0,2	0,2	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0			
AG3	0	0,1	0,16	0	0,17	0,06	0,18	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	0			
AG4	0	0,25	0,1	0,26	0	0,35	0,26	0,05	0,15	0,15	0,2	0,15	0,3	0,15	0,05	0,15	0,15	0,2	0,25	0,2	0,23	0,25	0,2	0	0	0	0	0		
AG5	0	0,29	0,29	0,28	0,38	0	0,35	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,2	0,23	0,2	0,25	0	0	0	0	0		
AG6	0	0,17	0,12	0,12	0,22	0,2	0	0,05	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,35	0,05	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,15	0,2	0	0	0	0	0		
CE1	0,14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0		
CE2	0,14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	0	0		
CE3	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0	0	0	0		
CE4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0	0	0	0	
CE5	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0	0	0	
CE6	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	
CE7	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	
CT1	0,25	0	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	
CT2	0,3	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	
CT3	0,2	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	
CT4	0,25	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	
CS1	0,65	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	0	0	0	
CS2	0,35	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	0	0	0	
CA1	0,65	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0	0	0	
CA2	0,25	0	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0	0	0
CA3	0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0	0	0	0
OE1	0	0,15	0,15	0,28	0,23	0,3	0,3	0,18	0,1	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	0	0	0	0,15	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE2	0	0,05	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,18	0,2	0,15	0,1	0,2	0,25	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,05	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE3	0	0,25	0,25	0,1	0,25	0,1	0,1	0,27	0,2	0,12	0,2	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,15	0,25	0,75	0,75	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
OE4	0	0,4	0,35	0,4	0,35	0,3	0,45	0,14	0,35	0,32	0,4	0	0	0	0	0	0	0,5	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE5	0	0,15	0,15	0,13	0,13	0,2	0,1	0,23	0,15	0,21	0,1	0,3	0,25	0,3	0	0	0	0	0,15	0,1	0,25	0,25	0,6	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 5.17. Supermatriz para la subred de beneficios en la Situación Ideal

Otra vez, la principal diferencia que se observa en la **Tabla 5.17** es que se ha incorporado las interdependencias que se producen en el clúster de agentes.

5.4.3. Peso de los elementos del modelo de análisis para la SA de la LTAM

De manera análoga al apartado anterior y tal y como se ha expuesto en el Capítulo 2, una vez construidas las matrices de clústeres y las supermatrices sin ponderar la intervención del actor evaluador y decisor ha terminado. A partir de ahí, los resultados definitivos se obtienen a través de un proceso matemático.

La **Tabla 5.18** muestra la influencia de los elementos de la red de control con respecto a la misión de la logística del transporte aéreo de mercancías. A partir de ella, se observa que en la Situación Ideal la influencia de los beneficios, costes, oportunidades y riesgos es muy parecida.

Asimismo, se observa un cambio en la tendencia de la importancia en los agentes. En este caso, son los encargados de la cadena logística (oferta, demanda e intermediarios) los que más influyen a la hora de acercar el sistema a conseguir su misión. Sin embargo, lo que sí se mantiene es la preponderancia de la administración sobre la industria y de estos dos sobre la gestión.

	GLOBAL	NORMAL
AG1	5,4%	16,0%
AG2	4,0%	11,9%
AG3	3,3%	9,6%
AG4	7,5%	22,2%
AG5	8,6%	25,2%
AG6	5,2%	15,2%
B	15,5%	23,5%
C	15,1%	22,9%
O	18,0%	27,2%
R	17,4%	26,3%

Tabla 5.18. Priorización de los elementos de la red de control de la Situación Ideal

La **Tabla 5.19** muestra la influencia de los elementos de las subredes *BCOR* con respecto a cada subred en la Situación Ideal.

Al igual que ocurre en el apartado anterior es preciso sintetizar los resultados tal y como se sugiere en la **expresión 4.1**. Como dicha comparación se realizará en el apartado siguiente, únicamente resaltar que la influencia de los elementos de modelo de análisis se mantiene constante a lo largo de las subredes (*BCOR*) excepto para los objetivos estratégicos donde se observa variaciones más fuertes entre las subredes

	BENEFICIOS		COSTES		OPORTUNIDADES		RIESGOS	
	Normal	Global	Normal	Global	Normal	Global	Normal	Global
AG1	18,05%	2,20%	19,34%	2,41%	22,65%	3,16%	20,61%	2,64%
AG2	14,15%	1,72%	14,61%	1,82%	22,22%	3,10%	13,66%	1,75%
AG3	11,32%	1,38%	10,19%	1,27%	7,89%	1,10%	8,74%	1,12%
AG4	18,72%	2,28%	18,86%	2,35%	13,69%	1,91%	18,42%	2,36%
AG5	22,23%	2,71%	21,43%	2,67%	22,37%	3,12%	22,56%	2,89%
AG6	15,52%	1,89%	15,57%	1,94%	11,18%	1,56%	16,00%	2,05%
CE1	21,74%	5,24%	22,21%	5,41%	22,39%	5,30%	18,67%	4,21%
CE2	12,03%	2,90%	11,66%	2,84%	12,13%	2,87%	13,35%	3,01%
CE3	10,13%	2,44%	9,56%	2,33%	11,11%	2,63%	11,35%	2,56%
CE4	12,82%	3,09%	12,93%	3,15%	12,59%	2,98%	12,82%	2,89%
CE5	16,45%	3,97%	16,91%	4,12%	15,80%	3,74%	15,79%	3,56%
CE6	13,42%	3,24%	12,73%	3,10%	13,31%	3,15%	14,19%	3,20%
CE7	13,42%	3,24%	14,00%	3,41%	12,67%	3,00%	13,84%	3,12%
CT1	38,11%	5,27%	36,95%	5,21%	37,34%	5,16%	35,91%	5,06%
CT2	28,40%	3,93%	29,22%	4,12%	30,03%	4,15%	29,24%	4,12%
CT3	15,05%	2,08%	15,04%	2,12%	15,56%	2,15%	15,54%	2,19%
CT4	18,44%	2,55%	18,79%	2,65%	17,08%	2,36%	19,30%	2,72%
CS1	46,25%	3,73%	47,45%	3,81%	41,22%	3,12%	46,09%	3,65%
CS2	53,75%	4,33%	52,55%	4,22%	58,78%	4,45%	53,91%	4,27%
CA1	27,87%	4,12%	28,60%	4,01%	33,82%	4,19%	29,65%	4,16%
CA2	43,53%	6,44%	42,08%	5,90%	41,00%	5,08%	40,34%	5,66%
CA3	28,60%	4,23%	29,32%	4,11%	25,18%	3,12%	30,01%	4,21%
OE1	19,75%	5,34%	16,25%	4,39%	21,25%	6,08%	20,75%	5,93%
OE2	14,25%	3,85%	18,25%	4,93%	14,75%	4,22%	16,50%	4,72%
OE3	29,75%	8,04%	18,00%	4,87%	22,25%	6,36%	16,25%	4,65%
OE4	20,75%	5,61%	27,75%	7,50%	26,50%	7,58%	21,75%	6,22%
OE5	15,50%	4,19%	19,75%	5,34%	15,25%	4,36%	24,75%	7,08%

Tabla 5.19. Priorización de los elementos de las subredes BCOR de la Situación Actual

David Ponce Pérez. Junio (2012).

5.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los pesos de la influencia de los elementos con respecto a los criterios estratégicos (*BCOR*) se recopilan en la **Tabla 5.11** y la **Tabla 5.19** para la Situación Actual y la Situación Ideal respectivamente. A partir de estos datos, junto a la influencia de los criterios estratégicos con respecto a la misión expuesta en la **Tabla 5.10** y la **Tabla 5.18**, es posible obtener la influencia del resto de los elementos con respecto a la misión gracias a la **expresión 4.1**, introducida en el apartado 4.4. En este sentido, la **Tabla 5.20** recopila dicha influencia tanto en la Situación Actual (*SA*) como en la Situación Ideal (*SI*). Con el objetivo de poder comparar los resultados de ambas situaciones, se incluye una columna que refleja la diferencia de influencia del elemento entre ambas situaciones (*SI-SA*). Asimismo, para facilitar la comparación, la influencia global y la influencia normalizada por clústeres se agrupan para las dos situaciones.

	GLOBAL		NORMAL		(SI-SA)	
	SA	SI	SA	SI	GLOBAL	NORMAL
AG1	3,84%	3,93%	17,89%	16,91%	0,09%	-0,97%
AG2	3,72%	6,04%	17,33%	25,98%	2,31%	8,65%
AG3	2,83%	3,84%	13,19%	16,51%	1,00%	3,32%
AG4	2,21%	2,83%	10,28%	12,16%	0,62%	1,89%
AG5	5,49%	3,94%	25,57%	16,96%	-1,55%	-8,61%
AG6	3,39%	2,67%	15,76%	11,49%	-0,72%	-4,27%
CE1	4,32%	4,40%	17,29%	16,86%	0,07%	-0,42%
CE2	3,67%	3,51%	14,67%	13,46%	-0,16%	-1,20%
CE3	3,06%	3,88%	12,23%	14,89%	0,82%	2,66%
CE4	3,49%	3,64%	13,96%	13,98%	0,15%	0,02%
CE5	5,09%	3,64%	20,36%	13,98%	-1,45%	-6,39%
CE6	3,15%	3,70%	12,61%	14,21%	0,55%	1,59%
CE7	2,22%	3,29%	8,88%	12,62%	1,07%	3,74%
CT1	3,82%	3,71%	25,76%	27,21%	-0,10%	1,45%
CT2	3,12%	3,46%	21,06%	25,33%	0,34%	4,28%
CT3	4,28%	3,47%	28,92%	25,43%	-0,81%	-3,48%
CT4	3,60%	3,01%	24,27%	22,02%	-0,59%	-2,24%
CS1	3,52%	3,01%	48,97%	43,87%	-0,51%	-5,10%
CS2	3,67%	3,85%	51,03%	56,13%	0,18%	5,10%
CA1	3,24%	3,73%	29,88%	37,28%	0,49%	7,39%
CA2	3,63%	3,53%	33,52%	35,26%	-0,10%	1,74%
CA3	3,97%	2,75%	36,60%	27,46%	-1,22%	-9,13%
OE1	9,30%	4,49%	45,04%	22,23%	-4,82%	-22,81%
OE2	1,93%	2,51%	9,36%	12,46%	0,58%	3,10%
OE3	4,36%	8,15%	21,11%	40,40%	3,79%	19,29%
OE4	2,49%	3,28%	12,03%	16,27%	0,80%	4,24%
OE5	2,57%	1,74%	12,45%	8,64%	-0,83%	-3,82%

Tabla 5.20. Síntesis de los resultados para los elementos de las subredes BCOR

A continuación, se lleva a cabo la justificación de los resultados obtenidos al aplicar el modelo de análisis a las situaciones definidas como la Actual y la Ideal. Esta justificación proviene del análisis de los resultados por parte del equipo que colabora para la elaboración de esta monografía y determinados expertos que formaron parte

del actor evaluador y decisor. Se comienza analizando los elementos por su agrupación por clústeres, para terminar exponiendo su comportamiento a nivel global.

5.5.1. Clúster de agentes

En el caso del clúster de agentes, que aparece tanto en la red de control como en las subredes *BCOR* del modelo de análisis, es preciso aclarar la diferencia de su influencia con respecto a la misión en la red de control, que es la que corresponde a la **Tabla 5.10** y la **Tabla 5.18**, y su influencia como clúster perteneciente a las subredes *BCOR* (**Tabla 5.11** y la **Tabla 5.19**).

En el primer caso, el peso de la influencia de los agentes hace referencia a la importancia que tiene cada uno de los agentes para establecer el peso de la influencia de los criterios estratégicos con respecto a la misión. En este sentido, como ya se ha adelantado en el apartado anterior, en la Situación Actual los agentes del contorno AG_1 :Legislación (34,0%), AG_2 :Industria (17,0%) y AG_3 :Gestión (18,6%) que junto al AG_5 :Oferta (16,2%) son los que más influyen a la hora de definir la importancia de los criterios estratégicos. Sin embargo, en la Situación Ideal los más influyentes son los agentes relacionados con la cadena logística de mercancías AG_4 :Demanda (22,2%) AG_5 :Oferta (25,2%) y AG_6 :Intermediarios (15,2%), **Tabla 5.21**.

Esta variación del peso de la influencia entre ambas situaciones, no se debe tanto a la modificación de la importancia de los agentes, sino al hecho de tener en cuenta las interrelaciones que se producen entre ellos. Asimismo, el aumento de la influencia del largo plazo, representado por el equilibrio de los criterios estratégicos en la Situación Ideal, también tiene una componente importante que proviene de considerar las interacciones que deberían tener los agentes.

	GLOBAL		NORMAL		(SI-SA)	
	SA	SI	SA	SI	GLOBAL	NORMAL
AG1	17,0%	5,40%	34,0%	16,0%	-11,60%	-18,00%
AG2	8,5%	4,00%	17,0%	11,9%	-4,50%	-5,10%
AG3	9,3%	3,30%	18,6%	9,6%	-6,00%	-9,00%
AG4	4,3%	7,50%	8,6%	22,2%	3,20%	13,60%
AG5	8,1%	8,60%	16,2%	25,2%	0,50%	9,00%
AG6	2,8%	5,20%	5,6%	15,2%	2,40%	9,60%
B	19,6%	15,50%	39,2%	23,5%	-4,10%	-15,70%
C	18,5%	15,10%	37,0%	22,9%	-3,40%	-14,10%
O	5,9%	18,00%	11,8%	27,2%	12,10%	15,40%
R	6,0%	17,40%	12,0%	26,3%	11,40%	14,30%

Tabla 5.21. Síntesis de los resultados para los elementos de las subredes BCOR

En definitiva, lo que se observa es que es necesario incorporar, dentro del nivel superior de la planificación estratégica, las necesidades y puntos de vistas de los agentes que están más relacionados con lo que es el flujo de transporte aéreo de mercancías. Esta conclusión, está en consonancia con la tendencia que se impulsa desde organismos internacionales, como la IATA o el ACARE, de incorporar en los procesos de toma de decisión a todos los agentes del sistema y no únicamente a las

instituciones que representan a las grandes agrupaciones de poder como pueden ser los gobiernos e industrias intersectoriales.

Con respecto al segundo caso, la influencia como clúster perteneciente a las subredes *BCOR*, lo que se representa es la influencia que tienen los agentes a la hora de alcanzar cada uno de los criterios estratégicos y, por extensión, la influencia que tiene su actividad a la hora de alcanzar la misión.

En este sentido, en la Situación Actual se observa una preponderancia del *AG₅*:Oferta (25,57%) con respecto al resto de agentes que, por otro lado, tienen una prioridad muy parecida excepto en el caso del *AG₄*:Demanda (10,28%) que se muestra como el menos influyente.

En cierto modo, el hecho de que una cantidad importante de carga aérea viaje en las bodegas de aviones de pasajeros, implica que la demanda esté subyugada a la oferta de las compañías aéreas y, por ello, esta distribución de la importancia de los agentes.

Sin embargo, en las Situación Ideal, el *AG₂*:Industria (25,98%) muestra una fuerte subida de 8,65 puntos porcentuales (p.p.) acompañada de una subida más leve de 3,32 p.p. del *AG₃*:Gestión (16,51%) procedentes del descenso de 4,27 p.p. del *AG₆*:Intermediarios (11,49%) y, en mayor medida, del descenso del 8,61 p.p. del *AG₅*:Oferta (16,96%).

La justificación de esta variación está íntimamente relacionada con el aumento de 19,29 p.p. que se observa en el *OE₃*:Seguridad (40,40%), que se expondrá más adelante en el subapartado de objetivos estratégicos, y la importancia de estos agentes con respecto a dicho objetivo estratégico.

5.5.2. Clústeres de criterios de control

Lo primero que cabe destacar al observar las variaciones de los pesos de la influencia de los criterios de control en la Situación Ideal y la Situación Actual, es que no existen cambios tan grandes como los que se producen en determinados elementos de los clústeres de agentes y de objetivos estratégicos.

En principio, este hecho puede tener una componente relacionada con las suposiciones que se tomaron para la recolección de los datos. En particular, es preciso recordar que se impuso que la red de relaciones de los criterios de control para la Situación Actual y para la Situación Ideal sea la misma. Asimismo, esta suposición fue justificada y apoyada por el actor evaluador y decisor. Por lo tanto, lo que iba a variar entre ambas situaciones es el valor que se iba a dar a dichas influencias en cada situación.

En este sentido, durante el proceso de valoración, se ha observado que el actor evaluador daba juicios parecidos para los criterios de control en ambas relaciones. Por ello, era de esperar que las variaciones de los resultados en ambas situaciones fuesen pequeñas.

Sin embargo, esto no implica que no se refleje el comportamiento real del sistema, porque es muy plausible que el comportamiento entre los criterios de control no varíe excesivamente con el tiempo, al igual que, según la percepción de los expertos consultados, no ha variado en los últimos años. En este sentido, lo que se considera que si que ha variado es la incidencia que los agentes y los objetivos estratégicos tienen sobre cada uno de los criterios de control. En definitiva, las pequeñas variaciones entre los criterios de control se pueden considerar como una señal significativa de que el comportamiento del sistema ha sido captado de manera correcta. Asimismo, el verdadero valor de los criterios de control dentro del modelo de análisis es el de permitir valorar la influencia de los agentes y, en especial, de los objetivos estratégicos.

No obstante, se van a reseñar las variaciones más significativas y justificar, en la manera de lo posible, el porqué de dichas variaciones dentro de cada clúster. Por ello, la visión global de los resultados se analizará a la vez que se analiza el clúster de objetivos estratégicos.

A. Criterios de control económicos

Para el clúster de criterios de control económicos, el elemento que muestra una mayor variación es el CE_5 : Servicio al usuario con una disminución de su influencia de 6,39 p.p. mientras que el mayor aumento de 3,74 p.p. se produce en el CE_7 : Generación oferta. En principio, parece lógico pensar que parte de la influencia del CE_5 esté dirigida a aumentar la influencia del CE_7 que está relacionado con fomentar la competitividad dentro del sistema del transporte aéreo de mercancías, ya que a la vez de generar oferta se consigue que ésta esté más alineada a los intereses del usuario. Por ejemplo, se observa que aquellos aeropuertos donde mayor es la competitividad entre las compañías aéreas, agentes de handling, etc. ofrecen mejores servicios y más adecuados a las necesidades de los usuarios.

No obstante, y esta consideración es válida para todos los elementos del modelo de análisis, no hay que pensar que la influencia a nivel global perdida o ganada por un elemento vaya o provenga de un elemento del mismo clúster, sin embargo, sí es de esperar que parte de dicho flujo se quede dentro del clúster.

B. Criterios de control técnicos

En cuanto al clúster de criterios técnicos, el elemento que muestra una mayor variación es el CT_2 : Aeropuertos infraestructuras con un aumento de la influencia en la Situación Ideal de 4,28 p.p. Por lo contrario, el elemento que más influencia pierde es el CT_3 : Material móvil y sistemas con una pérdida de 3,48 p.p.

Con respecto a esta variación entre la Situación Actual y la Situación Ideal, se puede considerar que un dimensionamiento adecuado de las infraestructuras tiene asociado una disminución en las necesidades en cuanto a material móvil y sistemas. En este sentido, siguiendo con el ejemplo de los aeropuertos, aquellos que muestran unas condiciones más adecuadas para el transporte aéreo de mercancías tienen un uso más racional y eficiente de la dotación de material móvil y sistemas.

No obstante, la variación de la influencia en los criterios técnicos, al igual que ocurría con determinados elementos del clúster de agentes, puede estar íntimamente relacionada con la variación en la influencia de los objetivos estratégicos e incluso con la variación de la influencia de los elementos del clúster de agentes. En particular, el aumento que se produce en la influencia de la industria y de la gestión parece que tenga una lógica relación con el aumento en las infraestructuras que construyen y gestionan.

C. Criterios de control sociales

En el caso de los criterios sociales, como únicamente hay dos elementos, es obvio que la influencia normal dentro del clúster va a ir de un elemento con respecto al otro. En este sentido, en la Situación Ideal se produce un aumento del 5,10% del CS_2 : Impacto local con respecto a la Situación Actual.

Este aumento puede estar asociado al aumento creciente por parte de las administraciones regionales de utilizar los aeropuertos como un vector de desarrollo para su área circundante. No obstante, no se producen grandes variaciones en cuanto a su peso a nivel global, por lo que se intuye que los aspectos sociales están bien recogidos en la Situación Actual.

D. Criterios de control ambientales

Por último, en los criterios ambientales, se observa una fuerte disminución del CA_3 : Buenas prácticas de 9,13 p.p. y un fuerte incremento de 7,39 p.p. del CA_1 : Impacto Global.

En este sentido, el hecho de que las buenas prácticas estén asociadas con el concepto de control del ciclo de producto que, a su vez, tiene una intensa relación con muchos de los procesos de certificación por los que están pasando los agentes del transporte aéreo, hace pensar que dicho criterio control tenga un peso mayor en la Situación Actual que en la Situación Ideal. Asimismo, en la Situación Ideal se da mayor importancia al largo plazo, lo que impulsa una mayor importancia a las emisiones globales ya que es en el largo plazo cuando se notan sus efectos.

En definitiva, a lo largo de este subapartado se han puesto de relevancia las principales variaciones que se producen en los clústeres de criterios de control. Asimismo, para cada una de esas variaciones, se ha dado una justificación apoyada en el conocimiento adquirido a lo largo de la elaboración de esta tesis doctoral y el conocimiento de determinados expertos que han colaborado en la obtención de los resultados.

A continuación, a partir del análisis de los objetivos estratégicos, se dará una visión global de la efectividad de la logística del transporte aéreo de mercancías incidiendo, principalmente, en aquellos elementos más reseñables y cómo influyen al resto de los elementos del modelo de análisis.

5.5.3. Clúster de objetivos

El clúster de objetivos, debido a cómo han sido definidas las relaciones dentro de las subredes *BCOR* (**Tabla 5.5**), es el que a más elementos influye. Por lo tanto, las variaciones en la importancia de sus elementos tienen un elevado potencial para modificar la importancia del resto de los elementos del modelo de análisis. Por ello, es interesante analizar las variaciones que se producen dentro del clúster y cómo afectan al resto del sistema.

En primer lugar, se van a tener en cuenta los objetivos estratégicos que experimentan pequeñas variaciones entre la Situación Actual y la Situación Ideal. Por ejemplo, el objetivo estratégico *OE₂*: Reducir el impacto medioambiental, experimenta un aumento de importancia de 3,10 p.p. en la Situación Ideal. Este aumento está íntimamente relacionado con los resultados que se han visto en el clúster de los criterios de control ambientales. En este sentido, el objetivo estratégico *OE₂* es, sin duda alguna, el que más relación tiene con los aspectos ambientales que influyen al sistema, por lo tanto, un aumento en su influencia se espera que esté relacionado con un aumento en la influencia en los criterios de control ambientales que mayor relación tengan con el medio ambiente. Por ello, es lógico ese incremento de 7,39 p.p. en el criterio de control ambiental *CA₁* que se refiere al impacto global del medio ambiente, en especial, a las emisiones de dióxido de carbono y de óxidos de nitrógeno.

Asimismo, debido a que el principal generador de este tipo de emisiones en el transporte aéreo de mercancías proviene de las aeronaves, parte del aumento de la influencia del agente *AG₂*: Industria se puede deber a su influencia a la hora de disminuir las emisiones producidas por las aeronaves.

En un sentido parecido, se comporta el objetivo estratégico *OE₄*: Aumentar el aporte al desarrollo del sistema, pero en relación con el clúster de criterios de control sociales. Este objetivo estratégico, que experimenta un aumento de su influencia con respecto a la Situación Actual de 4,24 p.p., es el que más influencia tiene en cuanto a los aspectos sociales asociados al transporte aéreo de mercancías. Por ello, su incremento debe implicar un aumento en el criterio de control social que tenga una incidencia más clara en los aspectos sociales del sistema. En este sentido, se observa el incremento en el criterio de control social *CS₂*: Impacto local, que hace referencia a la influencia que tiene un aeropuerto sobre su área de influencia. A diferencia a lo ocurrido con el clúster de criterios de control ambientales donde lo que aumenta es la influencia a nivel global, se está aumentando la influencia a nivel local. Esto se puede justificar porque, en el caso de los criterios de control sociales, la influencia a nivel global es más subjetiva que a nivel local por lo que es más difícil valorar su influencia a la hora de desarrollar el sistema.

Asimismo, el aumento de la influencia que tiene el impacto local de las infraestructuras de transporte aéreo conlleva, a priori, un aumento en la importancia del agente encargado de la gestión de las mismas, esto es, un aumento del agente *AG₃*: Gestión.

Para concluir con los objetivos estratégicos que experimentan cambios pocos pronunciados, se observa la disminución de influencia en la Situación Ideal de 3,82 p.p. del objetivo estratégico OE_5 :Aumentar la asequibilidad y la calidad del sistema. La justificación de esta disminución de importancia, se espera que esté relacionada al aumento inherente de la calidad que se produce del sistema al mejorar determinados aspectos que están relacionados con el resto de los objetivos estratégicos. Por ejemplo, la mejora en algunos aspectos relacionados con la seguridad del sistema en la Situación Ideal, puede conllevar que sean menores los esfuerzos, con los esfuerzos que se llevan a cabo en la Situación Actual, para prestar un determinado servicio.

Una vez analizadas las pequeñas variaciones dentro del clúster de los objetivos estratégicos, hay que tener en cuenta los objetivos estratégicos más desalineados.

En este sentido, el objetivo estratégico OE_1 :Aumentar la factibilidad del sistema, experimenta la máxima variación con una disminución de su influencia en la Situación Ideal de 22,81 p.p. pasando, de ser el objetivo estratégico más influyente en la Situación Actual, a ser el segundo objetivo más influyente en la Situación Ideal. Esta pérdida de influencia se debe a dos circunstancias. Por un lado, la disminución de la influencia de las compañías aéreas (AG_5) en la Situación Ideal y, por otro lado, a la comprensión por parte de los agentes que el primer paso para que una operación de carga aérea sea factible es que esta no influya en la seguridad del sistema. La primera circunstancia, disminución de influencia de las compañías aéreas, está en sintonía con la forma de actuar de los agentes en la Situación Ideal donde su toma de decisiones tiene en cuenta las necesidades del resto de los agentes.

Sin embargo, la segunda circunstancia, que está relacionada con la seguridad del sistema, se debe al cambio de enfoque que se le da a la seguridad en la Situación Ideal con respecto a la Situación Actual. En este sentido, dicho cambio de actitud se ve reflejado en el aumento de 19,29 p.p. del objetivo estratégico OE_3 :Aumentar la seguridad del sistema, en la Situación Ideal donde pasa a ser el objetivo estratégico más influyente. Por lo tanto, dicho cambio de enfoque consiste en que en la Situación Actual se considera que los requisitos de seguridad son inherentes al sistema y únicamente hay que cumplirlos con el detrimiento que ello conlleva al rendimiento de los agentes, mientras que en la situación Ideal se puede actuar para que el sistema cumpla por sí mismo, de forma continua y eficiente, los requisitos de seguridad y, por lo tanto, los agentes tengan que dedicar menor parte de sus esfuerzos a cumplir con las necesidades de seguridad.

En este sentido, se justifica el aumento de los agentes relacionados con la industria y la gestión (AG_2, AG_3), ya que ellos son los que pueden actuar de manera más eficiente para hacer que los requisitos de seguridad disminuyan sustancialmente para el resto de los agentes. Asimismo, se observa que la influencia de la legislación (AG_1) prácticamente no varía entre la Situación Actual y la Situación Ideal, ya que su función que es establecer el marco normativo y regulador del sistema tiene la misma importancia en ambas situaciones. Por ejemplo, los requisitos de seguridad han de ser igual de estrictos tanto en la Situación Actual como en la Situación Ideal.

5.5.4. Medida de la efectividad

Por lo tanto, el modelo de análisis ha permitido capturar el comportamiento actual del sistema y el comportamiento deseado del mismo. También, ha obtenido valores cuantitativos de los aspectos relevantes que permiten la comparación entre ambas situaciones. A partir de esta interpretación es posible analizar y justificar las diferencias entre ambas situaciones y, en consecuencia, sería posible establecer una primera aproximación de cuáles podrían ser las líneas de acción.

Sin embargo, el objetivo final de esta tesis todavía no está completo. En este sentido, se estableció el interés de obtener una medida de la efectividad del sistema y para ello se definió la **expresión 5.14** en el **apartado 5.1** de este capítulo. En la **Tabla 5.12** se recopilan los pesos de las influencias de los objetivos estratégicos en ambas situaciones que, en definitiva, son los valores que se necesitan para obtener la medida de la efectividad.

	SA	SI	(SI - SA)
(Factibilidad del sistema) OE1	45,04%	22,23%	-22,81%
(Impacto medioambiental) OE2	9,36%	12,46%	3,10%
(Seguridad del sistema) OE3	21,11%	40,40%	19,29%
(Aporte al desarrollo del sistema) OE4	12,03%	16,27%	4,24%
(Asequibilidad y calidad del sistema) OE5	12,45%	8,64%	-3,82%

Tabla 5.22. Pesos de los objetivos estratégicos para la medida de la efectividad

Por ello, gracias a la **expresión 5.14** se obtiene que la logística del transporte aéreo de mercancías tiene una efectividad del 75,95 %. A continuación, la pregunta es obvia, aparte de que el sistema no está alineado, esto es, no es 100 % efectivo, ¿qué implica dicho valor de la efectividad?

En principio, dicho valor de la efectividad permitirá comparar la Situación Actual del sistema con respecto a otras situaciones intermedias entre las que se puede optar. De esta forma, se puede acercar la Situación Actual a la Situación Ideal alcanzando situaciones intermedias que sean más efectivas. Por lo tanto, la medida de la efectividad se convierte en una herramienta que permite comparar distintas situaciones del sistema con respecto a la Situación Ideal y así poder elegir la que sea más efectiva.

Asimismo, sería interesante utilizar el amplio conocimiento obtenido del sistema que durante el proceso para conseguir la medida de su efectividad. Para ello, se analiza si es posible utilizar los resultados obtenidos sobre el comportamiento general del sistema para valorar partes específicas del mismo. En este sentido, se observa que el modelo de análisis comprende una parte que recopila el comportamiento del sistema (misión, criterios estratégicos, clúster de agentes y criterios de control) y otra parte que es la que se está valorando que son las alternativas (objetivos estratégicos). Para la efectividad del sistema en general, estos objetivos estratégicos se definen de manera consensuada por todos los agentes del sistema. Sin embargo, cada uno de estos agentes tiene para su actividad objetivos estratégicos propios. Por lo tanto, lo que se pretende es, a partir de los resultados obtenidos para el comportamiento del

sistema, valorar la efectividad de los objetivos estratégicos de un único agente del sistema.

Para ello, únicamente, habrá que modificar la composición del actor decisor por la de un agente de la logística del transporte aéreo de mercancías. A continuación, este nuevo agente decisor definirá sus nuevas alternativas (objetivos estratégicos), establecerá cómo se relacionan dichos objetivos estratégicos en ambas situaciones y, por último, valorará el peso de dichas influencias. En síntesis, tendrá que completar la parte sombreada de las matrices de relaciones y supermatrices sin ponderar tal y como se indica en la **Tabla 5.23**.

	B	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	...	OEm	...	OEM
B																												
AG1																												
AG2																												
AG3																												
AG4																												
AG5																												
AG6																												
CE1																												
CE2																												
CE3																												
CE4																												
CE5																												
CE6																												
CE7																												
CT1																												
CT2																												
CT3																												
CT4																												
CS1																												
CS2																												
CA1																												
CA2																												
CA3																												
OE1																												
...																												
OEm																												
...																												
OEM																												

Tabla 5.23. Valoraciones del nuevo actor decisor

Por supuesto, las redes de control no se verían modificadas y el resto de los valores serán los obtenidos para la medida de la efectividad del sistema.

De esta forma, se podrá comparar la efectividad de un agente con respecto a la efectividad del sistema, la efectividad de un agente con respecto a otros agentes del sistema e, incluso, distintas tipologías de actuación dentro de un mismo agente.

A continuación, el **Capítulo 6** ilustra cómo se puede utilizar la aplicación del modelo de análisis para la obtención de la medida de la efectividad de la logística del transporte aéreo de mercancías, para medir la efectividad de un agente específico como el agente gestor del aeropuerto de Zaragoza.

CAPÍTULO 6. APLICACIÓN AL AEROPUERTO DE ZARAGOZA

El presente capítulo tiene como finalidad la de ilustrar cómo se pueden utilizar los resultados obtenidos en el Capítulo 5 para medir la efectividad de los distintos agentes de la logística del transporte aéreo de mercancías.

Por lo tanto, lo primero que se hace es introducir el agente sobre el cual se quiere conocer su efectividad con respecto a la logística del transporte aéreo de mercancías. Para ello, se da una visión general del aeropuerto de Zaragoza, se define el nuevo actor decisor y se establecen sus objetivos estratégicos.

A continuación, como pasos previos a la medida de la efectividad, se sigue el proceso metodológico propio del modelo de análisis para sintetizar las nuevas influencias procedentes del nuevo clúster de objetivos estratégicos y se cuantifica el peso de cada una de ellas.

Por último, se analizan los resultados obtenidos y se justifica el potencial que tiene la medida de la efectividad de un sistema para ser utilizada como herramienta de comparación entre los agentes que interactúan en el propio sistema.

En principio, el **Capítulo 5** concluye con el objetivo final de la presente monografía que es el de presentar y aplicar una medida de la efectividad para la logística del transporte aéreo de mercancías. Para ello, se aplica el modelo de análisis, expuesto en el **Capítulo 4**, tanto a la Situación Actual como a la Situación Ideal del Sistema. A partir de ahí, se ha podido obtener una información muy interesante sobre las variaciones de la influencia de los elementos del modelo de análisis entre ambas situaciones. En este sentido, se ha obtenido un valor cualitativo de lo efectivo que es el sistema y se pueden esbozar las líneas de acción que hay que seguir para conseguir que lo sea más.

Sin embargo, el valor cuantitativo de la medida de la efectividad (75,95%) no aporta demasiada información de manera aislada. Esto es, decir que el sistema tiene una efectividad del 75,95% no permite realizar ningún juicio de valor si no se tiene algún valor de referencia. Por ello, se ha expuesto que el valor cuantitativo de la efectividad permitirá comparar la Situación Actual del sistema con posibles situaciones intermedias, que se obtendrían al llevarse a cabo determinadas líneas de acción, para valorar si se está acercando el sistema a la Situación Ideal o no.

En el mismo sentido de herramienta de comparación, se propone utilizar todo el conocimiento extraído del comportamiento del sistema para poder valorar la efectividad de un agente determinado dentro del sistema. De esta forma, todo el trabajo llevado a cabo para analizar la totalidad del sistema sirve de base para medir la efectividad de sus distintas partes.

Para ello, se parte de la idea que un agente determinado del sistema tiene un conjunto de objetivos estratégicos propio, en principio distinto al conjunto de objetivos estratégicos del sistema, que tendrá unos determinados niveles de influencia dentro de la Situación Actual y la Situación Ideal.

Por lo tanto, en el presente capítulo se pretende utilizar los resultados obtenidos de la medida de la efectividad del sistema para establecer dichos niveles de influencia del nuevo conjunto de objetivos. De esta forma, se espera poder obtener una medida de la efectividad de los distintos agentes que interactúan en el sistema.

En consecuencia, lo primero que se hace es introducir el agente sobre el cual se quiere conocer su efectividad con respecto a la logística del transporte aéreo de mercancías. En ese sentido, en la primera parte del presente capítulo, se da una visión general del aeropuerto de Zaragoza, se define el nuevo actor decisor y se establecen sus objetivos estratégicos.

A continuación, como pasos previos a la medida de la efectividad, se sigue el proceso metodológico propio del modelo de análisis para sintetizar las nuevas influencias procedentes del nuevo clúster de objetivos estratégicos y se cuantifica el peso de cada una de ellas.

Por último, se analizan los resultados obtenidos y se justifica el potencial que tiene la medida de la efectividad de un sistema para ser utilizada como herramienta de comparación entre los agentes que interactúan en el propio sistema.

6.1. LA GESTIÓN DEL AEROPUERTO DE ZARAGOZA

En primer lugar, es preciso aclarar donde se puede ubicar el aeropuerto de Zaragoza dentro del modelo de análisis. En este sentido, el aeropuerto de Zaragoza pertenece a la tipología de agentes asociados a la gestión de las infraestructuras que intervienen en el transporte aéreo, esto es, se incluiría en el agente AG_3 : Gestión, del clúster de agentes. Asimismo, para conocer cómo se establecen los objetivos estratégicos que persigue el aeropuerto de Zaragoza, es necesario exponer que forma parte de la red de aeropuertos gestionados por AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea).

Por lo tanto, antes de meterse a medir la efectividad del aeropuerto de Zaragoza, es interesante aclarar en qué consiste AENA y cómo define los objetivos estratégicos para cada uno de los aeropuertos que gestiona.

AENA es una entidad pública empresarial adscrita al Ministerio de Fomento del Gobierno de España que tiene como misión, en el ámbito de sus competencias, contribuir al desarrollo del transporte aéreo en España y garantizar el tránsito aéreo con seguridad, fluidez, eficacia y economía, ofreciendo una calidad de servicio acorde con la demanda de clientes y usuarios, en el marco de la política general de los transportes del Gobierno Español, sin perjuicio de las competencias que, en actividades relacionadas con el ejercicio de funciones soberanas, puedan corresponder a otros Departamentos ministeriales.

Con la finalidad de alcanzar dicha misión, AENA establece los 5 objetivos estratégicos siguientes:

OEZ₁ .- Seguridad:

Está relacionado con el hecho de mantener los más altos niveles de seguridad integral en aeropuertos y navegación aérea. Por ello, se tienen en cuenta factores tales como los niveles de seguridad en las operaciones aeronáuticas, de seguridad de personas y bienes, y la prevención de riesgos laborales.

OEZ₂ .- Calidad y Medio Ambiente:

Está enfocado a satisfacer las necesidades y las expectativas de los clientes y de la sociedad haciéndolas compatibles con un desarrollo sostenible con el medio ambiente. En este sentido, se tienen en cuenta factores relacionados con la mejora de la calidad de los servicios e infraestructuras, el aumento de las sostenibilidad ambiental y la eficiencia energética, y la mejora de la imagen percibida por la sociedad.

OEZ₃ .- Infraestructuras y Servicios:

Está orientado a desarrollar la capacidad de las infraestructuras y mejorar la operatividad de los servicios, potenciando la innovación tecnológica y la intermodalidad. Para lo cual, se pretende adaptar la capacidad de las infraestructuras a la demanda de tráfico aéreo, aumentar la operatividad de los servicios y mejorar la intermodalidad, y potenciar la innovación tecnológica y optimizar los procesos.

OEZ₄ .- Eficiencia Económica y Viabilidad Financiera:

Su finalidad es la de mejorar la eficacia y eficiencia económica de la gestión de AENA generando recursos suficientes para mantener su viabilidad financiera. Por lo tanto, se intenta aumentar los ingresos, reducir los costes y controlar la deuda.

OEZ₅ .- Personas:

Tiene el ánimo de desarrollar y motivar a las personas de AENA. En consecuencia, pretende mejorar la formación y el desarrollo de las personas y aumentar su motivación e implicación.

Por lo tanto, AENA establece los objetivos estratégicos que tienen que tener en cuenta los distintos aeropuertos para perseguir la misión para la cual fue constituida. Sin embargo, AENA no define la importancia que cada aeropuerto tiene que dar a cada uno de dichos objetivos estratégicos. Para ello, permite al gestor de cada una de estas infraestructuras (Directores de aeropuertos) definir la planificación de cada uno de sus aeropuertos de forma que esté alineada a los objetivos estratégicos y recoja las características específicas de cada uno de ellos. Por lo tanto, estos cinco objetivos estratégicos son los que caracterizan el comportamiento a largo plazo que AENA.

En síntesis, la influencia de los objetivos estratégicos definidos de AENA en cada aeropuerto depende de la planificación que el equipo gestor haga del mismo dentro del marco general establecido por AENA. Por ello, para medir la efectividad del aeropuerto de Zaragoza, se ha elegido como actor decisor a la Directora del aeropuerto de Zaragoza.

Antes de pasar a medir la efectividad del aeropuerto de Zaragoza, se considera de interés ubicar el aeropuerto de Zaragoza dentro de la red de aeropuertos de AENA. En este sentido, la **Tabla 6.1** compara los datos de funcionamiento del aeropuerto de Zaragoza con los datos totales provenientes de toda la red de aeropuertos de AENA.

Como se puede observar, el aeropuerto de Zaragoza muestra unos niveles de pasajeros y operaciones no muy elevados colocándose en el puesto 28 y 31, respectivamente, con respecto a los 47 aeropuertos que componen la red de aeropuertos de AENA. Sin embargo, el nivel de carga es muy elevado llegando a ser el tercer aeropuerto carguero de España.

En definitiva, lo que se pretende ubicando el aeropuerto de Zaragoza dentro de la red de aeropuertos de AENA es mostrar la preponderancia de la carga en la actividad del aeropuerto y, en consecuencia, el interés de poder medir la efectividad con la que se comporta con respecto a la logística del transporte aéreo de mercancías.

	Pasajeros	Carga (Toneladas)	Operaciones
Aena	193.000.000	605.900	2.100.000
A. Zaragoza	605.900	42.600	17.700
% Aena (Puesto)	0,31% (28º)	7,3% (3º)	0,84% (31º)

Tabla 6.1. Datos del aeropuerto de Zaragoza con respecto a la red de aeropuertos de AENA

6.2. EFECTIVIDAD DEL AEROPUERTO DE ZARAGOZA EN EL TAM

Tal y como se ha introducido al final del **Capítulo 5**, los únicos valores que hay que modificar en las matrices de aplicación del modelo de análisis a la Situación Actual y la Situación Ideal de la logística del transporte aéreo de mercancías, matrices que se pueden encontrar en el **ANEXO A2**, son los correspondientes a las influencias provenientes del nuevo clúster de objetivos estratégicos OEZ_m .

Asimismo, al igual que se ha hecho en el capítulo anterior, se considera que el comportamiento en cuenta a qué influyen los elementos en la Situación Actual y la Situación Ideal es el mismo. Por lo tanto, lo que se modificará es el peso de dichos elementos en cada una de las situaciones. También, para ajustar la recopilación de datos al tiempo disponible por parte del actor decisor, se estima constantes el peso de los objetivos estratégicos en las distintas subredes $BCOR$

En definitiva, para obtener resultados sobre la efectividad del aeropuerto de Zaragoza únicamente es necesario definir los elementos influidos por el clúster de objetivos estratégicos (**Tabla 6.2**) y cuál es el peso de dichas influencias en la Situación Actual (**Tabla 6.3**) y en la Situación Ideal (**Tabla 6.4**). Este trabajo es llevado a cabo por el actor decisor que está compuesto exclusivamente por la Directora del aeropuerto de Zaragoza.

	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3
OEZ1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
OEZ2	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
OEZ3	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
OEZ4	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
OEZ5	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1

Tabla 6.2. Red de influencias del clúster de OEZ tanto para ambas situaciones

	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3
OEZ1	0	0,4	0,3	0	0	0,3	0	0,32	0	0,2	0,27	0	0	0	0,2	0	0,4	0,33	0,2	0	0	0
OEZ2	0	0,4	0,18	0	0	0,1	1	0,15	1	0	0	0	0,13	0	0,2	0,25	0,2	0,33	0,3	1	0,6	0,5
OEZ3	0	0	0,3	0,4	0,3	0,35	0	0,28	0	0,37	0,36	0,6	0,37	0	0,2	0,25	0,4	0,34	0,3	0	0,4	0,1
OEZ4	0	0,2	0,04	0,4	0,7	0,15	0	0,1	0	0,45	0,41	0,4	0,33	0	0,2	0,25	0	0	0	0	0	0,2
OEZ5	0	0	0,18	0,2	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0,15	0	0,2	0,25	0	0	0,2	0	0	0,2

Tabla 6.3. Peso de las influencias del clúster de OEZ en la Situación Actual

	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3
OEZ1	0	0,5	0,15	0	0	0,2	0	0,4	0	0,12	0,21	0	0	0	0,2	0	0,4	0,2	0,2	0	0	0
OEZ2	0	0,3	0,25	0	0	0,12	1	0,15	1	0	0	0	0,2	0	0,2	0,25	0,2	0,3	0,3	1	0,6	0,4
OEZ3	0	0	0,35	0,6	0,3	0,26	0	0,18	0	0,43	0,24	0,3	0,15	0	0,2	0,25	0,4	0,5	0,4	0	0,4	0,2
OEZ4	0	0,2	0,07	0,3	0,7	0,17	0	0,17	0	0,45	0,5	0,7	0,25	0	0,2	0,25	0	0	0	0	0	0,2
OEZ5	0	0	0,18	0,1	0	0,2	0	0,08	0	0	0	0	0,35	0	0,2	0,25	0	0	0,1	0	0	0,2

Tabla 6.4. Peso de las influencias del clúster de OEZ en la Situación Ideal

David Ponce Pérez. Junio (2012).

6.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Por lo tanto, a partir de los datos recopilados en el apartado anterior, se obtienen los resultados que se indican en la **Tabla 6.5** para las influencias de los objetivos estratégicos en la Situación Actual (SA) y en la Situación Ideal (SI)

	SA	SI	(SI - SA)
(Seguridad) OEZ1	17,19%	20,81%	3,62%
(Calidad y Medio Ambiente) OEZ2	19,66%	16,76%	-2,90%
(Infraestructuras y Servicios) OEZ3	31,31%	32,37%	1,06%
(Eficiencia Económica y Viabilidad Financiera) OEZ4	22,54%	20,23%	-2,31%
(Personas) OEZ5	9,30%	8,64%	-0,66

Tabla 6.5. Pesos de los OEZ para la medida de la efectividad

Lo primero que se observa es que las variaciones entre las influencias en la Situación Actual y la Situación Ideal son mucho menores que las obtenidas para el caso del conjunto de objetivos para la totalidad del sistema. Por lo tanto, se espera obtener un valor de la efectividad bastante mayor. En este sentido, aplicando la **expresión 5.14** del **apartado 5.1** se obtiene un valor para la efectividad del aeropuerto de Zaragoza con respecto a la logística del transporte aéreo de mercancías de 93,677%.

En principio, debido a la preponderancia que el transporte aéreo de mercancías tiene en el aeropuerto de Zaragoza, era de esperar que el gestor del aeropuerto transmitiese dicha preponderancia al peso de las influencias de sus objetivos estratégicos. Asimismo, es muy probable que otros aeropuertos donde predomine la parte de pasajeros tengan un valor menor de efectividad con respecto a la logística del transporte aéreo de mercancías.

Para concluir con los resultados obtenidos al medir la efectividad del aeropuerto de Zaragoza, se observa que las variaciones, aunque sean pequeñas, siguen la misma tendencia que el conjunto del sistema. En este sentido, se produce un aumento en la influencia de la seguridad del sistema y una disminución en los aspectos de calidad y medio ambiente, y eficiencia económica y viabilidad financiera que, en cierto modo, están muy relacionados con la factibilidad definida en el conjunto de objetivos del sistema.

Asimismo, el objetivo estratégico más influyente tanto en la Situación Actual como en la Situación Ideal es el de Infraestructuras y Servicios. De nuevo, este resultado era de esperar ya que un aeropuerto es una infraestructura de transporte donde la calidad de su servicio depende en gran medida del estado idóneo de sus infraestructuras.

En definitiva, con la presente aplicación al aeropuerto de Zaragoza, se ha pretendido demostrar el potencial que tiene la medida de la efectividad de la logística del transporte aéreo de mercancías como herramienta para comparar la efectividad de los distintos agentes que interacción entre sí (industria, gestión, intermediarios, etc.) y dentro de cada agente sus distintas tipologías, esto es, se podría hacer un ranking con los aeropuertos de la red de AENA según su efectividad con respecto a la logística del transporte aéreo de mercancías.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y FUTURAS VÍAS DE INVESTIGACIÓN

Se citan en este último capítulo las conclusiones obtenidas de la realización de la tesis, tanto a nivel teórico como en términos cuantitativos como cualitativos.

Finalmente, se señalan las futuras líneas de investigación originadas en esta tesis y con continuación en los campos de transporte aéreo y herramientas para la toma de decisiones.

7.1. CONCLUSIONES

7.1.1. Principales contribuciones

Esta monografía ha presentado un nuevo modelo de análisis para la planificación estratégica en sistemas complejos aplicado a la medida de la efectividad de la logística del transporte aéreo de mercancías. Las contribuciones propias a la planificación en el sector del transporte, en especial el de mercancías por vía aérea, y a la disciplina de la Teoría de la Decisión son las siguientes:

1. Se ha avanzado en la utilización de técnicas englobadas en la Teoría de la Decisión para la modelización de sistemas complejos. En particular, se ha expuesto un nuevo enfoque de utilización del ANP que permite tener en cuenta la influencia de los agentes que interactúan en el sistema tanto por su función planificadora (red de control) como por su función ejecutora (subredes BCOR).
2. Se ha clarificado el significado que los términos efectividad, eficacia y eficiencia deben tener en su relación con el análisis del comportamiento de los sistemas.
3. Se ha definido el nuevo concepto de medida de efectividad, $E(W_{OE}^{MI})_M$, como la medida del alineamiento de la influencia de un conjunto de objetivos estratégicos ($OE_m, m = 1, \dots, M$) en la Situación Actual con respecto a la que deberían tener en la Situación Ideal del sistema. En consecuencia, se consigue articular una herramienta para obtener y comparar la efectividad de los agentes que interactúan en un sistema.
4. Se ha definido el nuevo concepto de logística del transporte aéreo de mercancías (LTAM), para referirse tanto al conjunto de agentes característicos del transporte aéreo de mercancías como al resto de agentes del entorno que interactúan con los primeros. De esta manera, se permite el análisis de un sistema y su entorno de una forma unificada y teniendo en cuenta las relaciones que se establecen entre ellos.
5. Se ha llevado a cabo un análisis en profundidad del transporte aéreo de mercancías bajo una perspectiva estratégica. En este sentido, se ha ilustrado cómo utilizar el marco europeo de investigación, tanto por los proyectos realizados o en marcha como por las agendas estratégicas, para establecer las áreas de relevancia y orientar la revisión de la literatura científica a nivel internacional.
6. Se ha constituido un foro de debate para los agentes representantes de las distintas áreas que conforman la LTAM y la comunidad científica, que permite acercar las necesidades individuales de cada agente con los retos que debe afrontar el transporte aéreo del futuro. Asimismo, se ha puesto de relevancia la utilidad de las herramientas análisis para la ayuda a la toma de decisiones.
7. Se ha medido la efectividad de la LTAM y se ha demostrado cómo se pueden definir las líneas de acción necesarias para hacer que el sistema sea más efectivo. Asimismo, se ha establecido cómo convertir la medida de efectividad del sistema en una herramienta para medir la efectividad de los agentes que interactúan en él y, en consecuencia, poder compararlos.

7.1.2. Conclusiones generales

El objetivo principal que se ha pretendido conseguir a través de los esfuerzos investigadores llevados a cabo durante la tesis doctoral expuesta en esta monografía, es el de avanzar en el análisis del transporte aéreo de mercancías. Entre otras cosas, por la importancia que éste modo de transporte ha ido adquiriendo en el territorio que alberga al grupo de investigación donde se ha desarrollado la tesis doctoral y, especialmente, por el aumento de la influencia de este modo de transporte a nivel global.

- En este sentido, se observa que la literatura referida exclusivamente al transporte aéreo de mercancías es todavía escasa. También es cierto, que existen aspectos que se pueden considerar comunes con la literatura propia de la modalidad de pasajeros que es algo más extensa. Sin embargo, existen muchos otros que no han sido tratados en profundidad, posiblemente, esto se deba a que el transporte aéreo es un modo de transporte joven con un crecimiento concentrado en los últimos 50 años.

De entre todos estos aspectos que requerían un estudio más profundo, se decidió enfocar los esfuerzos investigadores a analizar el comportamiento del sistema a largo plazo con la finalidad de facilitar su planificación estratégica. Por ello, se propuso avanzar en la medida de la efectividad del sistema explorando técnicas de análisis que permitiesen obtenerla. En este sentido, se presentó una oportunidad única de profundizar en la Teoría de la Decisión y, en especial, en el Proceso Analítico Sistémico o en Red (ANP) como técnica para articular el análisis del transporte aéreo de mercancías.

- Si es cierto que el uso del ANP está ampliamente extendido para dar solución a problemas complejos de toma de decisión, son pocos los trabajos que avanzan en la utilización de esta técnica de análisis para sistemas tan amplios como los sistemas de transporte y menos los que enfocan el análisis del sistema desde la perspectiva de los agentes que interactúan entre sí como se hace en esta tesis

Por lo tanto, durante el desarrollo de la tesis doctoral se han obtenido conclusiones principalmente relacionadas con la utilización de métodos multicriterio discretos, como el ANP, para la planificación estratégica de sistemas complejos, como el transporte aéreo de mercancías, y los aspectos relevantes de dicho sistema y su influencia en la planificación estratégica del mismo.

- Sin embargo, una de las primeras conclusiones que se ha obtenido no está englobada en ninguna de las dos temáticas anteriores, sino que hace referencia a la importancia de verbalizar y contextualizar de manera adecuada los aspectos abstractos cuyo uso está ampliamente extendido. En este sentido, se ha observado que en el acervo técnico y coloquial los términos eficiencia, eficacia y efectividad son intuidos de manera correcta, como referentes del buen hacer dentro de cualquier actividad, pero normalmente se carece de una comprensión exacta sobre lo que implica cada uno de ellos.

En especial, referido al comportamiento de los sistemas complejos, tema del que trata la presente monografía al referirse al transporte aéreo de mercancías, era preciso relacionar cada uno de estos términos con respecto a la perspectiva temporal a la que hace referencia y los criterios que se han de tener en cuenta. A partir de ahí, la elección de la medida de la efectividad, que se relaciona con la planificación a largo plazo y que tiene en cuenta los criterios relevantes del sistema, aúna tanto el análisis completo del sistema como la posibilidad de articular herramientas para facilitar la planificación estratégica.

- Dicha medida de la efectividad, se ha de estructurar a través de la comparación del comportamiento del sistema en la Situación Actual (lo que se está haciendo) con respecto a la Situación Ideal (lo que se debería estar haciendo). Por lo tanto, es preciso avanzar en la utilización de herramientas de análisis que permitan establecer el comportamiento de distintas situaciones del sistema con respecto a la planificación estratégica del mismo.

Para ello, se plantea la planificación estratégica como un proceso de toma de decisión donde hay que elegir un conjunto de objetivos estratégicos y definir la importancia que tiene cada uno de ellos en relación con la misión que ha de satisfacer el sistema. En este sentido, un sistema no efectivo tendrá una distribución de importancias de sus objetivos estratégicos en la Situación Actual distinta a la que debería tener en la Situación Ideal.

- Por lo tanto, una vez establecida la planificación estratégica como un proceso de toma de decisión, se concluye que es dentro de la Teoría de la Decisión donde se encuentran las técnicas idóneas para analizar problemas relacionados con la planificación a largo plazo. En particular, por las características generales del problema (múltiples criterios contrapuestos y un conjunto finito de alternativas), estas técnicas se engloban dentro de lo Métodos Multicriterio Discretos. Asimismo, como lo que se pretende es obtener una cuantificación de la influencia de los objetivos estratégicos (alternativas) con respecto a la misión del sistema, se establece que la técnica de análisis idónea para obtener la medida de la efectividad de un sistema complejo es el Proceso Analítico Sistémico o en Red (ANP).

A través del ANP es posible afrontar el problema de obtener el valor de la influencia de un conjunto de alternativas con respecto a la misión de un sistema estableciendo una red con los criterios relevantes que hay que tener en cuenta.

- En este sentido, para el análisis estratégico de un sistema complejo como los sistemas de transporte, es preciso tener en cuenta la influencia que tienen los agentes que interactúan en el sistema a dos distintos niveles. Un primer nivel puramente estratégico, reflejado en esta monografía como la red de control, donde se establece la influencia de los agentes y los criterios estratégicos (que para un sistema de transporte se resumen en beneficios, costes, oportunidades y riesgos) con respecto a la misión. Y otro nivel, representado en esta monografía a través de las subredes BCOR, que permite tener en cuenta la influencia de los agentes y los objetivos estratégicos con respecto a los criterios estratégicos utilizando como

pasos intermedios los clústeres de criterios de control (que para un sistema de transporte se resumen en económico, técnico, social y ambiental).

Por lo tanto, es posible construir un modelo de análisis basado en el ANP que permita obtener el peso de la influencia de los objetivos estratégicos del sistema en la Situación Actual ($WA_{OE_m}^{MI}$) y en la Situación Ideal ($WI_{OE_m}^{MI}$).

- Asimismo, a partir de estos vectores de prioridad se puede establecer una medida de la efectividad del sistema, $E(W_{OE}^{MI})_M$, basándose en la distancia de Hilbert que refleja el nivel de alineamiento del conjunto de objetivos estratégicos del sistema entre ambas situaciones.

Para aplicar el modelo de análisis al transporte aéreo de mercancías es preciso darle un tratamiento sistémico basado en las distintas funciones de las que se encargan los agentes que interactúan entre sí en el sistema.

- En ese sentido, se desarrolla el concepto de logística del transporte aéreo de mercancías (LTAM) que tiene en cuenta las características de los principales agentes que componen la cadena logística (oferta, intermediarios y demanda) y los agentes que pertenecen al entorno (legislación, industria y gestión).

Esta definición, aparte de modelizar el transporte aéreo de mercancías como sistema, da un primer esbozo de las áreas de donde se extraen los aspectos relevantes. Sin embargo, sigue siendo difícil orientar la revisión de la literatura referida al carecer de una definición más específica de dichas áreas.

- Por ello, es posible utilizar los proyectos e iniciativas de investigación englobados en iniciativas internacionales, como el séptimo programa marco o las agendas estratégicas del ACARE, para obtener una definición más precisa de las principales áreas de interés relacionadas con el transporte aéreo y, por lo tanto, que sirva de guía para sintetizar los aspectos relevantes del sistema a partir de la revisión de la literatura científica.

En definitiva, se observa que es posible llevar a cabo un análisis del transporte aéreo de mercancías a partir de los esfuerzos investigadores existentes, sin embargo, para dar una definición detallada y completa de sus aspectos relevantes es preciso tener en cuenta el conocimiento adquirido por las distintas tipologías de los agentes.

- En este sentido, para analizar con precisión un sistema es necesario la colaboración de un grupo de expertos que represente a los distintos agentes que interaccionan entre sí. En consecuencia, es preciso crear un conjunto reducido de expertos para que colaboren de manera puntual valorando los distintos resultados obtenidos del análisis.

Este hecho es importante para el análisis de cualquier problema, especialmente, si la técnica de análisis es el ANP donde se necesita un actor decisor y un actor evaluador para llevar a cabo los distintos pasos que componen su metodología.

- Por lo tanto, el actor evaluador y el actor decisor estarán compuestos por integrantes del grupo reducido de expertos que representa a los distintos agentes del sistema. En particular, al tratarse de la planificación estratégica del sistema global, donde las alternativas (objetivos estratégicos) son comunes para todos los agentes, la composición del actor evaluador y el actor decisor es la misma y tiene que haber como mínimo un experto representante de cada agente del sistema.

Sin duda alguna, el hecho de tener que trabajar con el consenso de un grupo de expertos, que además suelen cubrir puestos de responsabilidad en sus instituciones o empresas por lo que su disponibilidad es muy limitada, conlleva tener que facilitar, en la medida de lo posible, la aportación de su conocimiento.

- En este sentido, se observa que las características de ANP permiten trabajar en distintas fases y adaptar el proceso de recopilación de datos a los recursos disponibles. Por ello, es posible definir consideraciones previas que relajen el trabajo que debe llevar a cabo el actor decisor y el actor evaluador. Asimismo, se observa que el modelo de análisis es por sí mismo una herramienta muy potente para poder definir distintas situaciones del sistema, no únicamente para plantear la Situación Actual y la Situación Ideal del mismo. Por lo tanto, la valoración de la Situación Actual y la Situación Ideal que se plantea en esta monografía consiste en la perspectiva dada por el grupo de expertos bajo las consideraciones previas establecidas por el actor facilitador (representado principalmente por el autor de esta tesis).

Como resultado se obtiene una efectividad del sistema de transporte aéreo de mercancías del 75,95 %. En principio, al no poder comparar este valor con valores previos de la efectividad del sistema es difícil extraer mucha información útil de él.

- Sin embargo, el proceso de medida de la efectividad sí que pone muchas cosas de manifiesto: i) la importancia que tiene el hecho de tener en cuenta la influencia existente entre los agentes del sistema, ii) que la influencia entre los criterios de control está bien identificada en la situación actual, iii) y que existe un desalineamiento importante entre los objetivos estratégicos de factibilidad y de seguridad.
- En este sentido, tras el análisis de los resultados junto al grupo de expertos, se llega a la conclusión que en la actualidad se da por hecho que la seguridad en el sistema es imprescindible y que es obligación de los agentes gastar los recursos necesarios para conseguirla. Asimismo, se observa que actualmente lo más difícil es conseguir cadena logísticas basadas en el modo aéreo que sean factibles en el tiempo y es necesario trabajar para aumentar dicha factibilidad. Sin embargo, en la Situación Ideal se piensa que se pueda trabajar para conseguir que la seguridad sea inherente al comportamiento del sistema y que los recursos que los agentes tengan que destinar a ella sean cada vez menores en el tiempo.

Por lo tanto, a partir de estos resultados es posible definir líneas de acción cuyo objetivo sea la de acercar la Situación Actual a la Situación Ideal.

- También se observa, al poder utilizar de nuevo el modelo de análisis para definir la situación esperada tras la aplicación de las líneas de acción, que la medida de la efectividad puede utilizarse para comparar las distintas situaciones intermedias entre la Situación Actual y la Situación Ideal para poder valorar si el sistema se está haciendo cada vez más efectivo.

Por último, a lo largo de la medida de la efectividad ha quedado patente que el comportamiento del sistema queda reflejado a través de los criterios estratégicos, criterios de control y los agentes.

- Por ello, es posible utilizar el conocimiento adquirido del análisis del sistema al medir su efectividad para poder medir el comportamiento de cada una de sus partes.

En este sentido, se pretende sustituir el conjunto de objetivos estratégicos establecido de forma consensuada para la totalidad del sistema por los objetivos particulares de cada agente. Como ejemplo, se utilizan los objetivos estratégicos y el conocimiento del agente gestor del aeropuerto de Zaragoza.

- Se observa, que la efectividad del aeropuerto de Zaragoza es del 93,67% lo que implica que sus objetivos estratégicos están muy alineados. En principio, este resultado es lógico ya que el gestor de un aeropuerto es un agente principalmente influenciado por el transporte aéreo y en este aeropuerto, en concreto, tiene especial preponderancia las mercancías.

Como última conclusión, se quiere hacer hincapié en la importancia de la evolución de los enfoques a lo largo del trabajo investigador. En este sentido, se observa que para obtener el objetivo principal, que consistía en el análisis del transporte aéreo de mercancías desde una perspectiva estratégica, ha sido necesario desarrollar un modelo de análisis basado en técnicas multicriterio. Asimismo, que conforme se profundizaba en el modelo de análisis se ha visto la posibilidad de presentarlo de una manera más general para que fuese válido para otros sistemas complejos. Y, por último, al aplicar el modelo de análisis al sistema de transporte aéreo de mercancías ha sido posible utilizar sus resultados para construir una herramienta que mida el comportamiento de los agentes que interactúan en el sistema.

7.2. FUTURAS VÍAS DE INVESTIGACIÓN

El análisis que se ha hecho del transporte aéreo de mercancías bajo distintas perspectivas, que incluyen tanto lo que se está haciendo como lo que se debería estar haciendo, ha sido considerado, por los agentes que han colaborado a lo largo de la construcción y aplicación del modelo de análisis, como un ejercicio excelente para establecer la verdadera influencia de los aspectos relevantes del sistema. En este sentido, les ha permitido tomar conciencia de que, en muchas ocasiones, su planificación estratégica está influida por la percepción que la Situación Actual les deja tener sobre el futuro, y no por la obligación de tener que alcanzar la Situación Ideal. Asimismo, han ratificado la influencia que tiene el entorno, que a su vez está influido por otros sistemas con intereses distintos al transporte aéreo de mercancías, sobre su propio sistema.

En definitiva, los enfoques utilizados en la presente tesis doctoral y los resultados obtenidos se consideran de gran ayuda a la hora de definir las líneas de acción que permitan al transporte aéreo de mercancías acercarse a su Situación Ideal. En este sentido, queda abierta la línea de investigación relacionada con evaluar otros planteamientos del problema de toma de decisiones distintos al que se ha hecho en esta monografía.

Por otro lado, también queda de manifiesto que sería necesario avanzar en el desarrollo de herramientas que permitiesen definir cómo articular dichas líneas de acción de manera eficaz y eficiente sin que se perjudique la efectividad del sistema. En este sentido, es preciso llegar a relacionar los resultados que se obtienen de la planificación estratégica, en cuanto a la priorización de los objetivos estratégicos, con los siguientes pasos para la definición de la planificación táctica y la planificación operativa. Por ello, sería interesante englobar en un único proceso de toma de decisiones las distintas perspectivas temporales, que permitiese establecer el comportamiento deseado del sistema a largo plazo y, a partir de ahí, definir las metas a medio plazo y los indicadores de rendimiento para la operativa a corto plazo.

Por lo tanto, sería preciso poder contestar a las siguientes preguntas:

- Una vez definidas las líneas de acción que permiten acercar la influencia actual del conjunto de objetivos estratégicos a la influencia ideal de los mismos, ¿cuál es el conjunto de objetivos tácticos o metas que mejor permite llevar a cabo dichas líneas de acción en el horizonte temporal deseado?
- Una vez definido el conjunto de objetivos tácticos o metas, ¿cuál es el conjunto de objetivos operativos u operaciones que permite satisfacer dicho conjunto de objetivos tácticos con la menor utilización de recursos posibles?

En definitiva, para dar respuesta a estas preguntas habrá que avanzar en la definición de indicadores de satisfacción de metas y de rendimiento de operaciones, y en modelos de análisis que permita medir la influencia que tienen los primeros sobre los objetivos estratégicos y los segundos sobre los objetivos tácticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberts, S. et al. (2009). *Will the EU-ETS instigate airline network reconfigurations?* Journal of Air Transport Management, Vol. 15. pp. 1-6.
- Abdelghany, K.F. et al. (2004). *A model for projecting flight delays during irregular operation conditions.* Journal of Air Transport Management, Vol. 10. pp.385-394.
- Aktas, E., Ulegin, F. (2005). *Outsourcing logistics activities in Turkey.* The Journal of Enterprise Information Management, Vol. 18. pp. 316-329.
- Amaruchkul, K., Lorchirachoonkul, V. (2011). *Air-cargo capacity allocation for multiple freight forwarders.* Transportation Research Part E, Vol. 47. pp. 30-40.
- Allan, S.S. et al. (2001). *Delay Casualty and Reduction at the New York City Airports using Terminal Weather Information.* Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Lexington.
- Aracil, J. (1990). *Dinámica de Sistemas.* Madrid: Alianza Editorial.
- Aragonés, P. y Gómez-Senent, M.E. (1997). *Técnicas de Ayuda a la Decisión Multicriterio.* Cuaderno de Apuntes, Departamento de la Construcción y de Proyectos de Ingeniería Civil, Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Aragonés, P. (1995). *Aproximación a la Toma de Decisiones Multicriterio en Proyectos. Implementación de una Metodología Multicriterio y Multiexperto: Press II.* Universidad Politécnica de Valencia.
- Asimov, M. (1968). *Introducción al Proyecto.* México D.F.: Herrero Hnos., sucs., S.A.
- Barba-Romero, S., Pomerol, J.C. (1997). *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica.* (1ed.) Servicio de Publicaciones Universidad de Alcalá.
- Bard, J. (2008). *Reallocating arrival slots during a ground delay program.* Transportation Research Part B, Vol. 42. pp. 113-134.
- Bauzá, A. (1955). *Principios de Derecho Aéreo: doctrina, legislación, jurisprudencia.* 1^a Edición, Montevideo: Prensas Universitarias.
- Belton, V., Stewart, T.J. (2000). *Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach.* Kluwer Academic Publishers.
- Beses, R. y Beses, M.D. (2005). *Transporte, Compraventa y Responsabilidades (Aspectos Nacionales e Internacionales).* Madrid: Edisofer. pp. 411-421.
- Bhushan, N., Rai, K. (2004). *Strategic Decision Making. Applying the Analytic Hierarchy Process.* London: Springer.
- Blake, D., Anttila, J.S. (2008). *Aircraft cargo compartment fire detection and smoke transport modeling.* Fire Safety journal, Vol. 43. pp. 576-582.

Brown, K.A. (1996). *Workplace safety: a call for research*. Journal of Operations Management, Vol. 14. pp. 157-171.

Button, K. (2009). *The impact of US-EU Open Skies agreement on airline market structures and airline networks*. Journal of Air Transport Management, Vol. 15. pp. 59-71.

Calisto, I., Pérez, P. (2005). *Utilización del ANP en el proceso de decisión de alternativas de política medioambiental*. Toma de Decisiones en Escenarios Complejos, pp. 161-185).

Cao, J.M., Kanafani, A. (2000). *The value of runway time slots for airlines*. European Journal of Operational Research, Vol 126. pp. 491-500.

Chan, F.T. et al. (2006). *Development of a decision support system for air-cargo pallets loading problem: A case study*. Expert Systems with Applications, Vol. 31. pp. 472-485.

Chang, Y.H. et al. (2004). *A new airline safety index*. Transportation Research Part B, Vol. 38. pp. 369-383.

Chang, Y.H. et al. (2006). *Prioritizing management issues of moving dangerous goods by air transport*. Air Transport Management, Vol. 12. pp. 191-196.

Chang, Y. H., Wey, W. M., Tseng, H. Y. (2009). *Using ANP priorities with goal programming for revitalization strategies in historic transport: A case study of the Alishan Forest Railway*. Expert Systems with Applications, Vol. 36. pp. 8682-8690.

Chang, Y.S., Son, M. G., Oh, C.H. (2010). *Design and implementation of RFID based air-cargo monitoring system*. Advanced Engineering Informatics, Artículo en prensa.

Charnes, A., Cooper, W.W (1961). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. John Wiley and Sons.

Chi-Lok, A.Y., Zhang, A. (2009). *Effects of competition and policy changes on Chinese airport productivity: An empirical investigation*. Journal of Air Transport Management, Vol. 15. Pp. 166-174.

Chow, K.W., Fung, K.Y. (2009). *Efficiencies and scope economies of Chinese airports in moving passengers and cargo*. Journal of Air Transport Management, Vol. 15. pp. 324-329.

Cook, A. et al. (2009). *Dynamic cost indexing – Managing airline delay costs*. Journal of Air Transport Management, Vol. 15. pp. 26-35.

Courtney, H., Kirkland, J., Viguerie, P. (1999). *Estrategia en tiempos de incertidumbre*. In Harvard Business Review (Ed.), La Gestión en la Incertidumbre (pp. 1-36). Bilbao: Deusto.

Coyle, J.J. et al. (2003). *The management of business logistics, seventh ed.* Thomas Learning, Canada.

Dema, C. (1995). *La estabilidad y la Sensibilidad de la clasificación MICMAC de las variables en el Análisis Estructural. Una aproximación al tema*. Universidad Politécnica de Valencia.

Dieter, G. (1983). *Engineering design. A Materials and Processing Approach*. Tokyo: McGraw-Hill.

Díez de Castro, J., Redondo, C., Barreiro, B., López, A. (2002). *Administración de Empresas. Dirigir en la Sociedad del Conocimiento*. Piramide.

Dillingham, G.L. (2005). *Initiatives to reduce flight delays and enhance capacity are ongoing but challenges remain*. United States Government Accountability Office.

Drucker, P.F. (2002). La decisión eficaz. La toma de decisiones (pp.22). Bilbao: Deusto.

Eberhardt, J.E. et al. (2005). *Fast neutron radiography scanner for the detection of contraband in air cargo containers*. Applied Radiation and Isotopes, Vol. 63. pp. 179-188.

Erdoğan, S. Et al. (2005). *Evaluating high-tech alternatives by using analytic network process with BCOR and multiactors*. Evaluation and Program Planning, Vol. 28. pp. 391-399.

Escobar, M.T., Moreno-Jiménez, J.M. (2003). *El peso en la toma de decisiones en grupo con AHP*. In 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa.

Etzioni, A. (2002). *La adopción de decisiones humildes en la Toma de Decisiones*. Bilbao: Deusto, pp. 49-63.

Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys*. Springer.

Filippone, A. (2008). *Comprehensive analysis of transport aircraft flight performance*. Progress in Aerospace Sciences, Vol. 44. pp. 192-236.

Foreman, S.E. (1993). *An application of Box-Jenkins ARIMA techniques to airline safety data*. Logistics and Transportation Review, Vol.29. pp. 221–240.

Garrido, S. (2003). *Dirección Estratégica*. Madrid: McGraw-Hill.

Garuti, C., Escudey, M. (2005). *Toma de Decisiones en Escenarios Complejos*. Santiago de Chile: Ed. Universidad de Santiago.

Girvin, R. (2009). *Aircraft noise-abatement and mitigation strategies*. Journal of Air Transport Management, Vol. 15. pp. 14-22.

Godet, M. (1993). *De la Anticipación a la Acción. Manual de prospectiva y estrategia*. (1 ed.) Barcelona: marcombo.

Golaszewski, R. (2002). *Reforming air traffic control: an assessment from the American perspective*. Journal of Air Transport Management Vol.8. pp. 3-11.

Goodwin, P., Wright, G. (2004). *Decision Analysis for Management Judgment*. John Wiley & Sons.

Haghani, A., Chen, M.C. (1998). *Optimizing Gate Assignments at airport terminals*. Transportation Research, Vol. 32. pp. 437-454.

Hammond, J.S., Keeney, R.L., Raiffa, H. (2002a). *Las Trampas Ocultas de la adopción de decisiones*. La Toma de Decisiones (pp. 159-187). Bilbao: Deusto.

Hammond, J.S., Keeney, R.L., Raiffa, H. (2002b). *Decisiones Inteligentes. Guía práctica para tomar mejores decisiones*. (2 ed.) Barcelona: Gestión 2000.

Hanaoka, S., Phoosanabhongs, E. (2010). *Estimation of occurrence of "short-shipping" of air cargo*. Journal of Air Transport Management, Vol. 16. pp. 315-319.

Harker, P.T., Vargas, L.G. (1987). *The theory of ratio scale estimation: Saaty's analytic hierarchy process*. Management Sciences, Vol. 33, pp.1383-1403.

Haynie, R.C., (2002). *An investigation of capacity and safety in near terminal airspace for guiding information technology adoption*. George Mason University.

Hill, A.V. (2005). *The Encyclopedia of Operations Management Terms*. POMS.

Hsu, C.I. et al. (2005). *High technology firms' perception and demand for air cargo logistics services*. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6. pp. 2868-2880.

Hsu, C.I. et al. (2009). *Responses of air cargo carriers to industrial changes*. Journal of Air Transport Management, Vol. 15. pp. 330-336.

Huang, K., Chang, K.C. (2010). *An approximate algorithm for the two-dimensional air cargo revenue management problem*. Transportation Research Part E, Vol. 46. pp. 426-435.

Ignizio, J. P. (1976) *Goal Programming and Extensions*. Lexington Books.

Inglada, V., Rey, B., Coto, P. (2007). *Transporte aéreo de mercancías: Incidencia en el comercio internacional*. Comercio Internacional y Costes de Transporte, Nº 834.

Janic, M. (2008). *Modelling the capacity of closely-spaced parallel runways using innovative approach procedures*. Transportation Research Part C, Vol.16. pp. 704-730.

Juran, J.M., Gryna, F.M. (1993). *Manual de Control de Calidad. (vols. I)*. Aravaca (Madrid): McGraw-Hill.

Keeney, R.L. y Raiffa, H. (1976). *Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs*. New York: John Wiley and Sons.

- Lee, S. M. (1972) *Goal Programming for Decision Analysis*. Auerbach Publishers.
- Lee, E. et al. (2001). *Supplier Selection and Management System Considering Relationships in Supply Chain Management*. IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 48. pp. 307-318.
- Lee, C. (2006). *Development of timed Colour Petri net simulation models for air cargo terminal operations*. Computer & Industrial Engineering, Vol. 52. pp. 102-110.
- Lee, J.J. (2010). *Can we accelerate the improvement of energy efficiency in aircraft systems?* Energy Conversion and Management, Vol. 51. pp. 189-196.
- León, O.G. (2001). *Tomar decisiones difíciles*. (2 ed.) Madrid: McGraw-Hill.
- Leone, K., Liu, R. (2005). *The key design parameters of checked baggage security screening systems in airports*. Journal of Air Transport Management, Vol. 11. pp. 69-78.
- Li, Y., Tao, Y., Wang, F. (2009). *A compromised large-scale neighborhood search heuristic for capacitated air cargo loading planning*. European Journal of Operational research, Vol. 199. pp. 553-560.
- Liang, C., Li, Q. (2008). *Enterprise information system project selection with regard to BCOR*. International Journal of Project Management, Vol. 26, pp. 810-820.
- Linares, P. (2002). *Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis as Risk Management Tools for Power Systems Planning*. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 17. pp. 895-900.
- Lin, C., Hsu, P. (2003). *Selection of Internet Advertising Networks Using an Analytic Hierarchy Process and Grey Relational Analysis*. Information and Management Science, Vol. 14.
- Liu, Y. et al. (2008). *Comparison of neutron and high-energy X-ray dual-beam radiography for air cargo inspection*. Applied Radiation and Isotopes, Vol. 66. pp. 463-473.
- Lu, C., Morrell, P. (2006). *Determination and applications of environmental costs at different sized airports – aircraft noise and engine emissions*. Transportation, Vol. 33. pp. 45-61.
- Lu, H.A, Chen, C.Y. (2010). *A time-space network model for unit load device stock planning in international airline services*. Journal of Air Transport Management, Artículo en prensa.
- Macintosh, A., Wallace, L. (2009). *International aviation emissions to 2025: Can emissions be stabilized without restricting demand?* Energy Policy, Vol. 37. pp. 264-273.
- Mahashabde, A. et al. (2010). *Assesing the environmental impacts of aircraft noise and emissions*. Progress in Aerospace Sciences, Artículo en prensa.

- Mamaqui, X., Moreno-Jiménez, J.M. (2009). *The effectiveness of e-cognocracy. II World Summit on the Knowledge Society WSKS'09*. Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 5736, 417-426. Springer-Verlag.
- Mandel, B.N., Schnell O. (2001). *An Open Sky scenario for Hamburg airport and Germany*. Journal of Air Transport Management, Vol. 7. pp. 9-24.
- Marais, K. et al. (2008). *Assessing the impact of aviation on climate*. Meteorol. Z. Vol. 17. pp. 157-172.
- Margin, J.A. (1967). *Public Investment Criteria*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Martín, J.C, Román, C. (2004). *Analyzing competition for hub location in intercontinental aviation markets*. Transportation Research Part E, Vol. 40. pp. 135-150.
- Martínez, E. (1998). *Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflecciones y Experiencias*. Editorial Universidad de Santiago.
- McFadden, K.L. (1996). *Comparing pilot-error accident rates of male and female airline pilots*. Omega, Vol. 24. pp. 443–450.
- McFadden, K.L. (1998). *Driving while intoxicated (DWI) convictions and job-related flying performance: a study of commercial air safety*. Journal of the Operational Research Society , Vol. 49. pp. 28–32.
- Meng, S.M. et al. (2010). *Criteria for services of air cargo logistics provider: How do they relate to client satisfaction?* Journal of Air Transport Management, Vol. 16. pp. 284-286.
- Mintzberg, H., Westley, F. (2002). *Tres modelos para mejorar la toma de decisiones*. Harvard Deusto Business Review, Vol. 111. pp. 46-52.
- Morrell, P. (2007). *An evaluation of possible EU air transport emissions trading scheme allocation methods*. Energy Policy, Vol. 35. pp. 5562-5570.
- Moreno-Jiménez, J.M., Aguarón J., Cano F.J., Escobar M.T. (1998): *Validez, Robustez y Estabilidad en Decisión Multicriterio. Análisis de Sensibilidad en el Proceso Analítico Jerárquico*. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. 92. Pp. 387-397.
- Moreno-Jiménez, J.M. (2001). *Metodología Científica en Valoración y Selección Ambiental*. Pesquisa Operacional, Vol. 21. pp. 1-16.
- Moreno-Jiménez, J.M, Polasek, W. (2003). *E-Democracy and Knowledge a Multicriteria Framework for the New Democratic Era*. Viena: Institute for Advanced Studies.
- Mueller, E.R., Chatterji, G.B. (2002). *Analysis of Aircraft Arrival and Departure Delay Characteristics*. AIAA's Aircraft Technology, Integration, and Operations Technical. Los Angeles.

- Neiberger, C. (2008). *The effects of deregulation, changed customer requirements and new technology on the organization and spatial patterns of the air freight sector in Europe*. Journal of Transport Geography, Vol. 16. pp. 247-256.
- Netjasov, F., Janic, M. (2008). *A review of research on risk and safety modeling in civil aviation*. Journal of Air transport Management, Vol. 14. pp. 213-220.
- Nero, G., Black, J.A. (1998). *Hub-and-spoke networks and the inclusion of environmental cost on airport pricing*. Transportation Research Part D, Vol.3. pp. 275-296.
- Nero, G., Black, J.A. (2000). *A critical examination of an airport noise mitigation scheme and aircraft noise charge: the case of capacity expansion and externalities at Sydney (Kingsford smith) airport*. Transportation Research Part E, Vol.5. pp. 433-461.
- Ngai, E. (2002). *Selection of the Web Sites for online advertising using AFP*. Information Management.
- Nygren , E. et al (2009). *Aviation fuel and future oil production scenarios*. Energy Policy, Vol. 37. pp. 4003-4010.
- Olapiriyakul, S., Das, S. (2007). *Design and analysis of a two-stage security screening and inspection system*. Journal of Air Transport Management, Vol. 13. pp. 67-74.
- Oum, T.H., Fu. X. (2007). *Air transport security user charge pricing: An investigation of flat per-passenger charge vs. Ad valorem user charge schemes*. Transportation Research Part E, Vol. 43, pp. 283-293.
- Pejovic, T. et al. (2009). *A tentative analysis of the impacts of an airport closure*. Journal of Air Transport Management, Vol. 15. pp. 241-248.
- Ponce, D., Larrodé, E., Susana, V. (2008). *Sensitive Analysis of influence factors in air freight growing*. XV Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, Colombia.
- Price, M. et al. (2006). *An integrated systems engineering approach to aircraft design*. Progress in Aerospace Sciences, Vol. 42. pp. 331-376.
- Reynolds, A.J., Button, K.J. (1999). *An assessment of the capacity and congestion levels at European airports*. Journal of Airport Management, Vol. 5. pp. 113–134.
- Ríos Insúa, D. (1990). *Sensitivity análisis in multiobjective decisión making*. Springer Verlag. Berlin.
- Rios, S., Bielza, C. Mateos, A. (2002). *Fundamentos de los Sistemas de Ayuda a la Decisión*. Madrid: Ra-Ma.
- Romero, C. (1993). *Teoría de la Decisión Multicriterio: Conceptos, Técnicas y Aplicaciones*. Alianza Universidad.

Rong, A., Grunow, M. (2009). *Shift designs for freight handling personnel at air cargo terminals*. Transportation Research Part E, Vol. 45. pp. 725-739.

Rose, N.L. (1992). *Fear of flying: economic analyses of airline safety*. Journal of Economic Perspectives, Vol. 6. pp. 75-94.

Roy, B. (1968). *Classement et choix an presence de points de vue multiples: la method Electre*. Revue Francaise d'Informatique et de Recherche Operationnelle, Vol. 8. pp. 57-75.

Roy, B. (1971). *Problems and methods with multiple objective functions*. Mathematical Programming, Vol.1. pp. 239-266.

Roy, B. y Bernier, P. (1973). *Le méthode Electre II: une application au media planning*. Operational Research, Vol. 72. pp. 291-302.

Roy, B. (1974). *Critères multiples et modélisation des preferences: l'apport des relations de surclassement*. Revue d'Economie Politique, Vol. 1. pp. 1-44.

Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academis Publishers, Dordrecht.

Runkle, R.C. et al. (2009). *Photon and neutron interrogation techniques for chemical explosives detection in air cargo: A critical review*. Nuclear Instruments and methods in Physics Research A, Vol.603. pp. 510-528.

Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill International.

Saaty, T.L. (1984). *The legitimacy of rank reversal*. Omega, Vol. 12. pp. 513-516.

Saaty, T.L. (1987). *Rank generation, preservation and reversal in the Analytic Hierarchy Process*. Decision Sciences, Vol. 18. pp. 157-177.

Saaty, T.L. (1993). *What is relative measurement? The ratio scale phantom*, *Mathl. Comput. Modelling* 17 (4/5), 1-12 (1993)

Saaty, T.L. (1996). *The Analytic Network Process. Decision Making With Dependence and Feedback*. Pittsburgh: RWS Publications.

Saaty, T.L. (1997). *Toma de decisiones para líderes*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.

Saaty, T.L. (1999). *Fundamentals of Analytic Network Process*. In ISAHP 1999.

Saaty, T.L. (1996). *The Analytic Network Process. Decision Making With Dependence and Feedback*. Pittsburgh: RWS Publications.

Saaty, T.L. (2002a). *A new methodology in multiple criteria decision-making systems: Analytic Network Process (ANP) and an application*.

Saaty, T.L. (2002b). AHP Matemáticas avanzadas.

- Saaty, T.L. (2002c). *The Analytic Hierarchy Process (AHP) for Decision Making*.
- Saaty, T.L. (2002d). *The SUPER DECISIONS Software*. The Analytic Network Process for decision making with dependence and feedback.
- Saaty, T.L. (2005a). *Cómo tomar y justificar una decisión: El Proceso Jerárquico Analítico (AHP), ejemplos y aplicaciones*. Toma de Decisiones en Escenarios Complejos, pp. 15-31.
- Saaty, T.L. (2005b). *El Proceso Analítico de Redes (ANP)*. Toma de Decisiones en Escenarios Complejos, pp. 139 - 160.
- Saaty, T.L. (2005c). *Superdecisiones (Version 1.6.0)*. Computer software.
- Saaty, T.L. (2005d). *Teoría del Proceso Jerárquico Analítico*. Toma de Decisiones en Escenarios Complejos, pp. 33-60.
- Saaty, T.L. (2005e). *Teoría y Ejemplos del Proceso Analítico de Redes (ANP)*. Toma de decisiones en Escenarios Complejos, pp. 61-93.
- Saaty, T. L. (2005f). *Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, cost, and risk*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Salter, M.B. (2007). *SeMS and sensibility: Security management systems and the management of risk in the Canadian Air Transport Security Authority*. Journal of Air Transport Management, Vol.13. pp. 389-398.
- Schaefer, L., Millner, D. (2001). *Flight delay propagation analysis with the detailed policy assessment tool*. In: Proceedings of the Annual IEEE Systems, Man, and Cybernetics Conference, Tucson.
- Scheelhaase, J., Grimme, W., Schaefer, M. (2010). *The inclusion of aviation into the EU emission trading scheme – Impacts on competition between European and non-European network airlines*. Transportation Research Part D, Vol.15. pp. 14-25.
- Schmidberger, S. et al. (2009). *Ground handling services at European hub airports: Development of a performance measurement system for benchmarking*. Int. J. Production Economics, Vol. 117. pp. 104-116.
- Seppälä, J. et al. (2002). *Decision analysis framework for life-cycle impact assessment*. Journal of Industrial Ecology Vol.5. pp.45-68.
- Shang, J., Tjader, Y., Ding, Y. (2004). *A unified Framework for Multicriteria Evaluation of Transportation Projects*. IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 51.
- Shang, W. (2005). *A Practical Web. Bassed NSS Framework for E-Business Negotiation*. In 38th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Shyur, H.J. (2008). *A quantitative model for aviation safety risk assessment*. Computer & Industrial Engineering, Vol. 54. pp. 34-44.

Simon, H. A. (1955) *A Behavioral Model of Rational Choice*. Quarterly Journal of Economics, Vol. 69 pp. 99-118.

Stojkovic, G. (2008). *An optimization model for real time flight scheduling problem*. Transportation Research Part A, Vol. 36. pp. 779-788.

Take, M. (2010). *The runway capacity constraint and airline' behavior: Choice of aircraft size and network design*. Transportation Research Part E, Artículo en Prensa.

Tang, C.H. (2008). *An integrated model and solution algorithms for passenger, cargo, and combi flight scheduling*. Transportation Research Part E, Vol. 44. pp.1004-1024.

Tarrats, E. (2006). *Anàlisi de l'eficiencia de l'empresa aeroportuària en l'actual marc desregulador*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, España.

Tavana, M. (2003). *CROSS: A Multicriteria Group Decision Making Model for Evaluating and Prioritizing Advanced-Technology Projects at NASA*. Interfaces, 33, 40-56.

Tilanus, B. (1997). *Information Systems in Logistics and Transportation*. Elsevier Science Ltd., Uk.

Tjosvold, D. (1990). *Flight crew collaboration to manage safety risks*. Group and Organization Management, Vol. 15. 177-190.

Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods: a comparative study*. Baton Rouge: Kluwer Academic Publishers.

Tsai, M.C. et al. (2007). *Demand choices of high technology industry for logistics service providers*. Industrial Marketing Management, Vol. 36. pp. 617-626.

Turgut, E.T., Rosen, M.A. (2010). *Partial substitution of hydrogen for conventional fuel in an aircraft by utilizing unused cargo compartment space*. International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 35. pp. 1463-1473.

Ullah, A. (1996). *Entropy, divergence and distance measures with econometric applications*. Journal of Statistical Planning and Inference, Vol. 49. pp. 137-162.

Ustun, O., & Demirtas, E. A. 2008. *An integrated multi-objective decision-making process for multi-period lot-sizing with supplier selection*. Omega, Vol.36. pp. 509-521.

Vitoriano, B. (2007). *Teoría de la decisión: Decisión con incertidumbre, Decisión Multicriterio y Teoría de Juegos*. Universidad Complutense de Madrid (UCM).

Wang, R.T. (2007). *Improving service quality using quality function deployment: the air cargo sector of China airlines*. Journal of Air Transport Management, Vol. 13. pp. 221-228.

Wen, C.H. et al. (2010). *Classification and competition analysis of air cargo logistics providers: The case of Taiwan's high technology industry*. Journal of Air Transport Management, Artículo en prensa.

- Vincke, P. (1992). *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Vincke, P. (1999). *Outranking approach*. In Gal et al., 1999, capítulo 11.
- Wong, J. et al. (2002). *An optimization model for assessing flight technical delay*. Transportation Planning and Technology Vol.25. pp. 121–153.
- Wu, C. et al. (2005). *Inherent delays and operational reliability of airline schedules*. Journal of Air Transport Management Vol.11. pp. 273–282.
- Wu, Y. (2010). *A dual-response forwarding approach for containerizing air cargoes under uncertainty, based on stochastic mixed 0-1 programming*. European Journal of Operational Research, Vol. 207. pp. 152-164.
- Yan, S. et al. (2001). *Optimization of multiple objective gate assignments*. Transportation Research Part A, Vol. 35. pp. 413-432.
- Yan, S. et al. (2002). *A simulation framework for evaluating airport gate assignments*. Transportation Research Part A, Vol. 36. pp. 885-898.
- Yan, S. et al. (2004). *Air cargo fleet routing and timetable setting with multiple on-time demands*. Transportation Research Part E, Vol. 42. pp. 409-430.
- Yan, S. et al. (2006). *Air cargo fleet routing and timetable setting with multiple on-time demands*. Journal of Air Transport Management, Vol. 12. pp. 175-181.
- Yan, S. et al. (2008). *Optimal cargo container loading plans under stochastic demands for air express carriers*. Transportation Research Part E, Vol. 44. pp. 555-575.
- Yoo, K.E., Choi, Y.C. (2006). *Analytic hierarchy process approach for identifying relative importance of factors to improve passenger security checks at airports*. Journal of Air Transport Management, Vol.12. pp. 135-142.
- Yuan, X.M. et al. (2010). *Roles of the airport and logistics services in the economic outcomes of an air cargo supply chain*. Int. J. Production economics, Vol. 127. pp. 215-225.
- Yu, P.L. (1973). *A Class of Solutions for Group Decision Problems*. Management Science, Vol. 19, pp. 936-946.
- Zadeh, L.A. (1963). *Optimality and Non-Scalar-Valued Performance Criteria*. IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 8. pp. 59-60.
- Zeleny, M. (1973). *Compromise Programming, in Multiple Criteria Decision Making* (Cochrane, J.L. and Zeleny, M. ed.). University of South Carolina Press, pp. 262-301.
- Zeleny, M. (1974). *A Concept of Compromise Solutions and the Method of the Displaced Ideal*. Computers and Operations Research, Vol.1. pp. 479-496.

Zhang, S.S., Genest. G. (1995). *Hibert's Metric and the Analytic Hierarchy Process*.
Mathl. Comput. Modelling, Vol.23, No. 10. pp. 71-86.

OTRAS REFERENCIAS

Aena, 2010. Memoria anual, report 2010. <http://www.aena.es/csee/ccurl/278/189/AENA_memoriaAnual2010_i.pdf>

Airbus, 2007. Flying by Nature: Global Market Forecast 2007-2026. Airbus France

Boeing, 2007. Current market Outlook 2007. Boenig, USA.

Commission of the European Communities, 2008. Noise Operation restrictions at EU Airports, Bruselas.

Council of Logistics Management, 1991. <<http://www.cscmp.org/>>.

Eurocontrol, 2007. Climate Change, <http://www.eurocontrol.be/environment/public/standard_page/climate_change.html>

Eurocontrol, 2008. Evaluation of Functional Airspace Block (FAB) Initiatives and Their Contribution to Performance Improvement. Eurocontrol Performance Review Unit, Bruselas.

Eurocontrol, 2009. An Assessment of Air Traffic Management in Europe during the Calendar Year 2008, Bruselas.

GITEL (2009). *Análisis de las cadenas logísticas comprendidas en los procesos de transferencia intermodales al y del modeo aéreo. Prognosis cuantitativa y cualitativa de movilidad país/productos. Modelo de comportamiento, condicionantes, ventajas comparativas y elementos decisionales en la utilización del modo aéreo para el transporte de mercancías*. Proyecto T85/2006 (MFOM).

International Civil Aviation Organization (ICAO), 2007. Annual Report of the Council 2006. ICAO, Canada.

International Air Transport Association (IATA), 2008. World Transport Statistics 52nd ed. The Union, Geneva

United Nations Statistics Dividision (UNSD), 2008. National Accounts Main Aggregates Database, <<http://unstats.un.org/unsd/snaama/introduction.asp>> (7 April 2008).

ANEXO A1 – CUESTIONARIO

CUESTIONARIO 1

ENUMERACIÓN DE LOS ASPECTOS RELEVANTES

Este cuestionario tiene como objetivo el de conocer la opinión del experto sobre los aspectos relevantes para **valorar la efectividad del transporte aéreo en la modalidad de mercancías**. Para ello se pide al experto que:

- Exprese su opinión sobre la relevancia (marcar la opción que crea correcta, relevante o no) de los criterios y factores de la situación actual (páginas de la 2 a la 5) y de la situación ideal (página 6).
- Complete la definición de los aspectos relevantes enumerando los criterios y factores que cree que están ausentes.

La última hoja (página 7) del cuestionario permite al experto incorporar cualquier otro tipo de recomendación que no haya podido reflejar en los apartados anteriores.

El documento "Introducción" incluye un breve resumen (5 páginas) que ayudará al experto a entender cómo han sido definidos los criterios y subcriterios que aparecen en este cuestionario.

El documento "Anexo 1" define brevemente cada uno de los criterios y subcriterios, que tiene que valorar el experto, con el objetivo de favorecer la comprensión de aquellos cuyo significado pueda ser ambiguo.

Para cualquier tipo de duda contacte con Emilio Larrode o con el autor de la tesis:

David Ponce Pérez

davpon@unizar.es

Tlfno: 976 76 1888

Muchas gracias por su colaboración.

El cuestionario está preparado para ser rellenado de manera interactiva en el propio documento pdf. No obstante, también puede imprimirlo, rellenarlo a mano y hacernoslo llegar de la manera que le sea más cómoda (escaneado, fax, correo,?)

SITUACIÓN ACTUAL: CRITERIO DE CONTROL ECONÓMICO							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{11} : Cielos abiertos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{111} :Mercado slots	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{112} :Protección contra monopolios	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{113} :Cohexión territorial	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{12} : Coste fabricación	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{121} :Optimización procesos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{122} :Financiación introducción	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{123} :Desarrollo nuevos materiales	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{13} : Tasas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{131} :Prestaciones patrimoniales publicas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{132} :Servicios prestados gestor	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{133} :Servicios concedidos proveedor	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{14} : Coste operación	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{141} :Mano obra	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{142} :Servicios aeroportuarios	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{143} :Mantenimiento y amortización	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{15} : Coste transporte	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{151} :Transporte terrestre	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{152} :Intercambio modal	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{153} :Transporte aéreo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{16} : Valor añadido	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{161} :Reforzar cadena transporte	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{162} :Fabricación justo a tiempo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{163} :Acceso a nuevos mercados	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
Criterios de evaluación, junto a sus factores de evaluación, que se deban añadir:							
<input type="text"/>							

SITUACIÓN ACTUAL: CRITERIO DE CONTROL TÉCNICO							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C ₂₁ : Cielos abiertos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F ₂₁₁ :Integración información	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₁₂ :Regulación mercancías singulares	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₁₃ :Definición unidades de carga	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C ₂₂ : Plazo de entrega	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F ₂₂₁ :Esterilización	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₂₂ :Simulación y validación	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₂₃ :Nuevas tecnologías de evaluación	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C ₂₃ : Nivel de servicio	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F ₂₃₁ :Infraestructuras	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₃₂ :Instalaciones	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₃₃ :Material móvil	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C ₂₄ : Tiempo de escala	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F ₂₄₁ :Aproximación, aterrizaje y despegue	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₄₂ :Operaciones aeroportuarias	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₄₃ :Dimensionamiento de slots	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C ₂₅ : Calidad transporte	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F ₂₅₁ :Orientación de la demanda	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₅₂ :Frecuencia ruta	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₅₃ :Puntualidad	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C ₂₆ : Mercancías especiales	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F ₂₆₁ :Velocidad	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₆₂ :Manejo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₂₆₃ :Seguridad	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
Criterios de evaluación, junto a sus factores de evaluación, que se deban añadir:							
<input type="text"/>							

SITUACIÓN ACTUAL: CRITERIO DE CONTROL SOCIAL							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
<i>C₃₁: Seguridad acciones ilícitas</i>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F ₃₁₁ :Definición requisitos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
			F ₃₁₂ :Adecuación personal relacionado	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₃₁₃ :Adopción medidas preventivas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
<i>C₃₂: Ciclo vida aeronave</i>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F ₃₂₁ :Aumento vida útil	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
			F ₃₂₂ :Revisiones de mantenimiento	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₃₂₃ :Reciclaje componentes	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
<i>C₃₃: Área de influencia social</i>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F ₃₃₁ :Puestos de trabajo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
			F ₃₃₂ :Aporte a la tercera línea	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F ₃₃₃ :Producto interior bruto	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
Criterios de evaluación, junto a sus factores de evaluación, que se deban añadir:							
<input type="text"/>							

SITUACIÓN ACTUAL: CRITERIO DE CONTROL AMBIENTAL							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{41} : Protección medio ambiente	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{411} :Personas afectadas ruido	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{412} :Impacto local emisiones	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{413} :Impacto global emisiones	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{42} : Restricciones ambientales	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{421} :Consumo combustible	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{422} :Combustibles alternativos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{423} :Aeroacústica	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{43} : Área de influencia ambiental	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{431} :Mapa de ruidos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{432} :Contaminación del agua	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{433} :Contaminación del aire	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
Criterios de evaluación, junto a sus factores de evaluación, que se deban añadir:							
<input type="text"/>							

SITUACIÓN ACTUAL: CRITERIO DE CONTROL AMBIENTAL							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{41} : Protección medio ambiente	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{411} :Personas afectadas ruido	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	F_{412} :Impacto local emisiones	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{413} :Impacto global emisiones	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{42} : Restricciones ambientales	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{421} :Consumo combustible	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	F_{422} :Combustibles alternativos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{423} :Aeroacústica	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
¿Criterio de evaluación relevante?	Sí	No	¿Factor de evaluación relevante?	Sí	No		
C_{43} : Área de influencia ambiental	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F_{431} :Mapa de ruidos	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	F_{432} :Contaminación del agua	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{433} :Contaminación del aire	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores de evaluación que consideré que se deban añadir:							
<input type="text"/>							
Criterios de evaluación, junto a sus factores de evaluación, que se deban añadir:							
<input type="text"/>							

CRITERIOS DE LA SITUACIÓN IDEAL							
¿Criterio estratégico relevante?	Sí	No	¿Factor estratégico relevante?	Sí	No		
C_1 : Asequibilidad y calidad	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	F_{11} :Reducción de los costes de transporte	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{12} :Servicios adaptados a los usuarios	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{13} :Aumento de servicios disponibles	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{14} :Servicios de carga integrados	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores estratégicos que consideré que se deban añadir:							
¿Criterio estratégico relevante?	Sí	No	¿Factor estratégico relevante?	Sí	No		
C_2 : Sistema eficiente	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	F_{21} :Mejora de la gestión del tráfico aéreo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{22} :Optimización operaciones en tierra	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{23} :Integración flujos de información	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{24} :Aumento capacidad aeropuerto	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores estratégicos que consideré que se deban añadir:							
¿Criterio estratégico relevante?	Sí	No	¿Factor estratégico relevante?	Sí	No		
C_3 : Seguridad ante accidentes	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	F_{31} :Disminución del error humano	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{32} :Mejora sistemas aproximación y guiado	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{33} :Aumento control en vuelo	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{34} :Aumento control en tierra	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores estratégicos que consideré que se deban añadir:							
¿Criterio estratégico relevante?	Sí	No	¿Factor estratégico relevante?	Sí	No		
C_4 : Seguridad ante acciones exteriores	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	F_{41} :Protección sistemas de navegación	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{42} :Aumento control de acceso y detección	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{43} :Desarrollo formación del personal	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			Factores estratégicos que consideré que se deban añadir:				
¿Criterio estratégico relevante?	Sí	No	¿Factor estratégico relevante?	Sí	No		
C_5 : Impacto medio ambiental	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	F_{51} :Disminución de emisiones de CO_2	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{52} :Disminución de emisiones de NO_x	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{53} :Limitación generación de ruido	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
			F_{54} :Mejora control ciclo vida producto	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		
Factores estratégicos que consideré que se deban añadir:							
Criterios estratégicos, junto a sus factores estratégicos que se deban añadir:							

OTRAS RECOMENDACIONES

ANEXO A2 – RECOPILACIÓN DE DATOS DE LA MEDIDA DE LA EFECTIVIDAD

1. Matrices de relaciones para la Situación Actual

	MI	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	B	C	O	R
MI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AG3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AG4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
AG5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AG6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
B	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
C	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
O	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
R	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Tabla A7.1: Matriz de relaciones para la red de control en la Situación Actual

	B	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AG1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
CE4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
CE5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	
CE6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
CE7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
CT1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
CT2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
CT3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
CT4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
CS1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
CS2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
CA1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
CA2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
CA3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
OE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
OE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
OE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
OE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
OE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	

Tabla A7.2: Matriz de relaciones para la subred de beneficios en la Situación Actual

C	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AG1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG2	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG3	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
CE1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
CE2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
CE3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0		
CE4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0		
CE5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0		
CE6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0		
CE7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0		
CT1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0		
CT2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0		
CT3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0		
CT4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0		
CS1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
CS2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
CA1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
CA2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
CA3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
OE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0		
OE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0		
OE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0		
OE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0		
OE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0		

Tabla A7.3: Matriz de relaciones para la subred de costes en la Situación Actual

O	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AG1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG2	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG3	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG4	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
CE1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
CE2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
CE3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0		
CE4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0		
CE5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0		
CE6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
CE7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0		
CT1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0		
CT2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0		
CT3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0		
CT4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0		
CS1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
CS2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
CA1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
CA2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
CA3	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0		
OE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0		
OE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0		
OE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0		
OE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0		
OE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0		

Tabla A7.4: Matriz de relaciones para la subred de oportunidades en la Situación Actual

R	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AG1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG2	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG3	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
CE1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	
CE2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	
CE3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
CE4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
CE5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
CE6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
CE7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
CT1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
CT2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	
CT3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
CT4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
CS1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
CS2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	
CA1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
CA2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
CA3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
OE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
OE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
OE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
OE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
OE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	

Tabla A7.5: Matriz de relaciones para la subred de riesgos en la Situación Actual

2. Matrices de clústeres y supermatrices para la Situación Actual

	MI	AG	BCOR
MI	0	0	0
AG	1	0,5	0
BCOR	0	0,5	0

Tabla A7.6: Matriz de clústeres para la red de control en la Situación Actual

	MI	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	B	C	O	R
MI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG1	0,34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG2	0,17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AG3	0,186	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AG4	0,086	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
AG5	0,162	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
AG6	0,056	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
B	0	0,43	0,33	0,44	0,29	0,34	0,5	0	0	0	0
C	0	0,41	0,36	0,35	0,4	0,31	0,35	0	0	0	0
O	0	0,1	0,13	0,11	0,1	0,17	0,1	0	0	0	0
R	0	0,06	0,18	0,1	0,21	0,18	0,05	0	0	0	0

Tabla A7.7: Supermatriz para la red de control en la Situación Actual

	B	AG	CE	CT	CS	CA	OE
B	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0
CE	0,33	0	0,35	0,125	0,125	0,1	0
CT	0,17	0	0,075	0,3	0	0,075	0
CS	0,17	0	0,075	0	0,3	0,075	0
CA	0,33	0	0,1	0,125	0,125	0,35	0
OE	0	1	0,2	0,25	0,25	0,2	0

Tabla A7.8: Matriz de clústeres para la subred de beneficios en la Situación Actual

B	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AG1	0	1	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,25	0	0	0	0	
AG2	0	0	1	0	0	0	0,54	0,3	0,3	0,2	0	0	0	0,55	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0	
AG3	0	0	0	1	0	0	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	
AG4	0	0	0	0	1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,15	0,3	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0	0	0	
AG5	0	0	0	0	0	1	0	0,16	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,25	0	0	0	0	
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0	0	0,1	0,2	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0	
CE1 0,27	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0	0	0	0	
CE2 0,18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	
CE3 0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0		
CE4 0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0		
CE5 0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0		
CE6 0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0		
CE7 0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0		
CT1 0,4	0	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	
CT2 0,35	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	
CT3 0,02	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	
CT4 0,23	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	
CS1 0,35	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	
CS2 0,65	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	
CA1 0,35	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0	
CA2 0,55	0	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0	
CA3 0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0	
OE1 0	0,25	0,25	0,38	0,33	0,35	0,6	0,2	0,1	0,25	0,2	0,5	0,5	0,4	0	0	0	0,2	0,15	0	0	0	0	0	0	0		
OE2 0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,15	0,2	0,25	0,3	0,5	0,5	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0	0	0		
OE3 0	0,25	0,25	0,1	0,25	0,15	0,1	0,3	0,25	0,13	0,25	0	0	0,5	0,5	0,5	0,15	0,3	0,75	0,75	0,4	0	0	0	0	0		
OE4 0	0,25	0,25	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,2	0,22	0,3	0	0	0	0	0	0	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0	0		
OE5 0	0,15	0,15	0,12	0,13	0,25	0,1	0,25	0,15	0,21	0,1	0,3	0,25	0,3	0	0	0	0,15	0,1	0,25	0,25	0,6	0	0	0	0		

Tabla A7.9: Supermatriz para la subred de beneficios en la Situación Actual

	C	AG	CE	CT	CS	CA	OE
C	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0
CE	0,33	0	0,35	0,125	0,125	0,1	0
CT	0,17	0	0,075	0,3	0	0,075	0
CS	0,17	0	0,075	0	0,3	0,075	0
CA	0,33	0	0,1	0,125	0,125	0,35	0
OE	0	1	0,2	0,25	0,25	0,2	0

Tabla A7.10: Matriz de clústeres para la subred de costes en la Situación Actual

	C	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5		
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
AG1	0	1	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,25	0	0	0			
AG2	0	0	1	0	0	0	0	0,55	0,3	0,3	0,2	0	0	0	0,55	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0			
AG3	0	0	0	1	0	0	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0			
AG4	0	0	0	0	1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,15	0,3	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0	0	0			
AG5	0	0	0	0	0	1	0	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,25	0	0	0	0	0			
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0	0	0,1	0,2	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	0		
CE1 0,21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0		
CE2 0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	0	0	
CE3 0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0	0	0	0	
CE4 0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0	0	0	0	
CE5 0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0	0	0	
CE6 0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	
CE7 0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	
CT1 0,28	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	
CT2 0,32	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	
CT3 0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	
CT4 0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0
CS1 0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	0	0	0	
CS2 0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	0	0	0	
CA1 0,4	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0	0	0	
CA2 0,42	0	0	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0
CA3 0,18	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0	0	0	0
OE1 0	0,24	0,22	0,34	0,325	0,4	0,6	0,2	0,1	0,25	0,2	0,5	0,5	0,4	0	0	0	0,2	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE2 0	0,13	0,18	0,17	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,15	0,2	0,25	0,3	0,5	0,5	0,5	0,1	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE3 0	0,19	0,25	0,12	0,25	0,15	0,1	0,3	0,25	0,125	0,25	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,15	0,27	0,7	0,7	0,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OE4 0	0,27	0,2	0,23	0,2	0,15	0,1	0,05	0,2	0,215	0,3	0	0	0	0	0	0	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE5 0	0,17	0,15	0,14	0,125	0,2	0,1	0,25	0,15	0,21	0,1	0,3	0,25	0,3	0	0	0	0	0,15	0,1	0,3	0,3	0,65	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla A7.11: Supermatriz para la subred de costes en la Situación Actual

	O	AG	CE	CT	CS	CA	OE
O	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0	0,22	0,22	0,22	0,22	0
CE	0,29	0	0,3	0,11	0,11	0,1	0
CT	0,17	0	0,07	0,3	0	0,07	0
CS	0,14	0	0,07	0	0,3	0,07	0
CA	0,4	0	0,09	0,13	0,13	0,3	0
OE	0	1	0,25	0,25	0,25	0,24	0

Tabla A7.12: Matriz de clústeres para la subred de oportunidades en la Situación Actual

	O	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
AG1	0	1	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,25	0	0	0		
AG2	0	0	1	0	0	0	0	0,55	0,3	0,3	0,2	0	0	0	0,55	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0		
AG3	0	0	0	1	0	0	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	
AG4	0	0	0	0	1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,15	0,3	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0	0	0		
AG5	0	0	0	0	0	1	0	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0	0	0	0		
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0	0	0,1	0,2	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0		
CE1	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	
CE2	0,21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	0		
CE3	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0	0	0	
CE4	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0	0	0	
CE5	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0	0	
CE6	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	
CE7	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	
CT1	0,32	0	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	
CT2	0,28	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	
CT3	0,18	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	
CT4	0,22	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	
CS1	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	0	0	
CS2	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	0	0	
CA1	0,4	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0	0	
CA2	0,5	0	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0	0	0
CA3	0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0	0	
OE1	0	0,31	0,24	0,21	0,32	0,32	0,54	0,12	0,15	0,24	0,11	0,5	0,4	0,4	0	0	0	0,21	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE2	0	0,12	0,15	0,23	0,12	0,12	0,1	0,2	0,25	0,25	0,16	0,3	0,35	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE3	0	0,2	0,2	0,23	0,2	0,17	0,16	0,23	0,2	0,13	0,23	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,14	0,22	0,68	0,61	0,35	0	0	0	0	0	0	
OE4	0	0,23	0,23	0,21	0,24	0,18	0,08	0,15	0,25	0,22	0,33	0	0	0	0	0	0	0,4	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE5	0	0,14	0,18	0,12	0,12	0,21	0,12	0,3	0,15	0,17	0,17	0,2	0,25	0,35	0	0	0	0,15	0,13	0,32	0,39	0,65	0	0	0	0	0	0	

Tabla A7.13: Supermatriz para la subred de oportunidades en la Situación Actual

	R	AG	CE	CT	CS	CA	OE
R	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0	0,22	0,22	0,22	0,22	0
CE	0,29	0	0,3	0,11	0,11	0,1	0
CT	0,17	0	0,07	0,3	0	0,07	0
CS	0,14	0	0,07	0	0,3	0,07	0
CA	0,4	0	0,09	0,13	0,13	0,3	0
OE	0	1	0,25	0,25	0,25	0,24	0

Tabla A7.14: Matriz de clústeres para la subred de riesgos en la Situación Actual

	R	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5			
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
AG1	0	1	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,25	0	0	0	0			
AG2	0	0	1	0	0	0	0	0,55	0,3	0,3	0,2	0	0	0	0,55	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0	0			
AG3	0	0	0	1	0	0	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	0		
AG4	0	0	0	0	1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,15	0,3	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0	0	0	0			
AG5	0	0	0	0	0	1	0	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0	0	0	0	0			
AG6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0	0	0,1	0,2	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	0			
CE1,0,16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0			
CE2,0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	0		
CE3,0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0	0	0	0		
CE4,0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0	0	0	0		
CE5,0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0	0		
CE6,0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0		
CE7,0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0		
CT1,0,22	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0		
CT2,0,35	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0		
CT3,0,23	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0		
CT4,0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	
CS1,0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	0	0	0	0	
CS2,0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	0	0	0	0	
CA1,0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	
CA2,0,35	0	0	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	
CA3,0,15	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0	0	0	0	
OE1,0	0,19	0,22	0,34	0,33	0,35	0,42	0,18	0,18	0,25	0,2	0,5	0,42	0,37	0	0	0	0	0,21	0,19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OE2,0	0,24	0,12	0,17	0,1	0,12	0,12	0,21	0,21	0,23	0,1	0,24	0,28	0,28	0,5	0,5	0,5	0,5	0,09	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OE3,0	0,13	0,3	0,12	0,25	0,17	0,13	0,31	0,23	0,15	0,27	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,26	0,65	0,6	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE4,0	0,16	0,21	0,23	0,2	0,16	0,18	0,06	0,23	0,18	0,31	0	0	0	0	0	0	0,3	0,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE5,0	0,28	0,15	0,14	0,13	0,2	0,15	0,24	0,15	0,2	0,12	0,26	0,3	0,35	0	0	0	0	0,15	0,12	0,35	0,4	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla A7.15: Supermatriz para la subred de riesgos en la Situación Actual

3. Matrices de relaciones para la Situación Ideal

	MI	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	B	C	O	R
MI	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
AG2	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
AG3	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
AG4	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
AG5	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
AG6	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
B	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
C	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
O	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
R	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Tabla A7.16: Matriz de relaciones para la red de control en la Situación Ideal

	B	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
AG1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
AG3	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
AG4	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
AG5	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
AG6	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CE1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CE2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
CE3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
CE4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
CE5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CE6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CE7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CT1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
CT2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
CT3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
CT4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
CS1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
CS2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
CA1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
CA2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
CA3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
OE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
OE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
OE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
OE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
OE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Tabla A7.17: Matriz de relaciones para la subred de beneficios en la Situación Ideal

C	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AG1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG3	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG4	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG5	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG6	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
CE4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	
CE5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	
CE6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
CE7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
CT1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	
CT2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	
CT3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	
CT4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	
CS1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
CS2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
CA1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
CA2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
CA3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
OE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
OE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
OE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
OE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
OE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	

Tabla A7.18: Matriz de relaciones para la subred de costes en la Situación Ideal

O	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AG1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG3	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG4	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG5	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
AG6	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
CE4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
CE5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	
CE6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
CE7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
CT1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	
CT2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
CT3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	
CT4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	
CS1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
CS2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
CA1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
CA2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
CA3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
OE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
OE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
OE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
OE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
OE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	

Tabla A7.19: Matriz de relaciones para la subred de oportunidades en la Situación Ideal

R	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AG1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG3	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG4	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG5	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
AG6	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
CE1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	
CE2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
CE3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	
CE4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
CE5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
CE6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
CE7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
CT1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
CT2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
CT3	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
CT4	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
CS1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
CS2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	
CA1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
CA2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
CA3	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
OE1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
OE2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
OE3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
OE4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
OE5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	

Tabla A7.20: Matriz de relaciones para la subred de riesgos en la Situación Ideal

4. Matrices de clústeres y supermatrices para la Situación Ideal

	MI	AG	BCOR
MI	0	0	0
AG	1	0,34	0
BCOR	0	0,66	0

Tabla A7.21: Matriz de clústeres para la red de control en la Situación Ideal

	MI	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	B	C	O	R
MI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AG1	0,16	0	0,33	0,23	0,18	0,23	0,15	0	0	0	0
AG2	0,119	0,19	0	0,11	0,05	0,16	0,06	0	0	0	0
AG3	0,096	0,1	0,16	0	0,17	0,06	0,18	0	0	0	0
AG4	0,222	0,25	0,1	0,26	0	0,35	0,26	0	0	0	0
AG5	0,252	0,29	0,29	0,28	0,38	0	0,35	0	0	0	0
AG6	0,152	0,17	0,12	0,12	0,22	0,2	0	0	0	0	0
B	0	0,23	0,29	0,30	0,22	0,21	0,40	1	0	0	0
C	0	0,21	0,26	0,28	0,24	0,21	0,23	0	1	0	0
O	0	0,21	0,21	0,23	0,26	0,23	0,17	0	0	1	0
R	0	0,25	0,24	0,19	0,18	0,26	0,20	0	0	0	1

Tabla A7.22: Supermatriz para la red de control en la Situación Ideal

	B	AG	CE	CT	CS	CA	OE
B	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0,34	0,05	0,1	0,1	0,05	0
CE	0,25	0	0,35	0,15	0,15	0,15	0
CT	0,25	0	0,15	0,4	0	0,15	0
CS	0,25	0	0,15	0	0,4	0,15	0
CA	0,25	0	0,15	0,15	0,15	0,35	0
OE	0	0,66	0,15	0,2	0,2	0,15	0

Tabla A7.23: Matriz de clústeres para la subred de beneficios en la Situación Ideal

	B	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5						
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
AG1	0	0	0,33	0,23	0,18	0,23	0,15	0,2	0,2	0,15	0,15	0,1	0,2	0,2	0,2	0,15	0,2	0,2	0,25	0,15	0,15	0	0	0	0	0								
AG2	0	0,19	0	0,11	0,05	0,16	0,06	0,45	0,2	0,2	0,15	0,05	0,05	0,05	0,45	0,2	0,2	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0							
AG3	0	0,1	0,16	0	0,17	0,06	0,18	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	0							
AG4	0	0,25	0,1	0,26	0	0,35	0,26	0,05	0,15	0,15	0,2	0,15	0,3	0,15	0,05	0,15	0,15	0,2	0,25	0,2	0,23	0,25	0,2	0	0	0	0	0						
AG5	0	0,29	0,29	0,28	0,38	0	0,35	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,2	0,23	0,2	0,25	0	0	0	0	0						
AG6	0	0,17	0,12	0,12	0,22	0,2	0	0,05	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,35	0,05	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,15	0,2	0	0	0	0	0						
CE1,0,14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0	0	0	0	0							
CE2,0,14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	0	0						
CE3,0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0	0	0						
CE4,0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0	0	0						
CE5,0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0	0	0						
CE6,0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0					
CE7,0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0					
CT1,0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0	0					
CT2,0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0					
CT3,0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0					
CT4,0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0				
CS1,0,65	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	0	0	0	0				
CS2,0,35	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	0	0	0	0				
CA1,0,65	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
CA2,0,25	0	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
CA3,0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
OE1,0	0,15	0,15	0,28	0,23	0,3	0,3	0,18	0,1	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	0	0	0	0,15	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
OE2,0	0,05	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,18	0,2	0,15	0,1	0,2	0,25	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,05	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
OE3,0	0,25	0,25	0,1	0,25	0,1	0,1	0,27	0,2	0,12	0,2	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,15	0,25	0,75	0,75	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OE4,0	0,4	0,35	0,4	0,35	0,3	0,45	0,14	0,35	0,32	0,4	0	0	0	0	0	0	0,5	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE5,0	0,15	0,15	0,13	0,13	0,2	0,1	0,23	0,15	0,21	0,1	0,3	0,25	0,3	0	0	0	0	0,15	0,1	0,25	0,25	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla A7.24: Supermatriz para la subred de beneficios en la Situación Ideal

	C	AG	CE	CT	CS	CA	OE
C	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0,34	0,05	0,1	0,1	0,05	0
CE	0,25	0	0,35	0,15	0,15	0,15	0
CT	0,25	0	0,15	0,4	0	0,15	0
CS	0,25	0	0,15	0	0,4	0,15	0
CA	0,25	0	0,15	0,15	0,15	0,35	0
OE	0	0,66	0,15	0,2	0,2	0,15	0

Tabla A7.25: Matriz de clústeres para la subred de costes en la Situación Ideal

C	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5					
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
AG1	0	0	0,33	0,23	0,18	0,23	0,15	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,1	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,15	0,15	0	0	0	0	0						
AG2	0	0,19	0	0,11	0,05	0,16	0,06	0,45	0,2	0,2	0,15	0,05	0,05	0,05	0,45	0,2	0,2	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0					
AG3	0	0,1	0,16	0	0,17	0,06	0,18	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	0					
AG4	0	0,25	0,1	0,26	0	0,35	0,26	0,05	0,15	0,15	0,2	0,15	0,3	0,15	0,05	0,15	0,15	0,2	0,25	0,2	0,225	0,25	0,2	0	0	0	0	0				
AG5	0	0,29	0,29	0,28	0,38	0	0,35	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,2	0,225	0,2	0,25	0	0	0	0	0				
AG6	0	0,17	0,12	0,12	0,22	0,2	0	0,05	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,35	0,05	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,15	0,2	0	0	0	0	0				
CE1	0,18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0				
CE2	0,11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	0	0			
CE3	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0	0	0	0	0				
CE4	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0	0	0	0	0			
CE5	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0			
CE6	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
CE7	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
CT1	0,24	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0			
CT2	0,28	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0			
CT3	0,16	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0			
CT4	0,32	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0			
CS1	0,6	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	0	0	0	0		
CS2	0,4	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	0	0	0	0		
CA1	0,6	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0			
CA2	0,3	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CA3	0,1	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
OE1	0	0,13	0,16	0,275	0,26	0,3	0,28	0,12	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	0	0	0	0,15	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OE2	0	0,02	0,13	0,15	0,05	0,1	0,05	0,18	0,1	0,15	0,1	0,2	0,25	0,3	0,5	0,5	0,5	0,05	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OE3	0	0,21	0,2	0,15	0,24	0,15	0,11	0,25	0,2	0,12	0,2	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,15	0,25	0,65	0,65	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OE4	0	0,43	0,36	0,3	0,28	0,25	0,4	0,19	0,35	0,32	0,4	0	0	0	0	0	0,5	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE5	0	0,21	0,15	0,125	0,17	0,2	0,16	0,26	0,15	0,21	0,1	0,3	0,25	0,3	0	0	0	0	0,15	0,1	0,35	0,35	0,62	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla A7.26: Supermatriz para la subred de costes en la Situación Ideal

O	AG	CE	CT	CS	CA	OE
O	0	0	0	0	0	0
AG	0	0,34	0,05	0,1	0,1	0,05
CE	0,25	0	0,25	0,15	0,15	0,1
CT	0,25	0	0,175	0,3	0	0,1
CS	0,25	0	0,175	0	0,3	0,15
CA	0,25	0	0,175	0,2	0,2	0,45
OE	0	0,66	0,175	0,25	0,25	0,15

Tabla A7.27: Matriz de clústeres para la subred de oportunidades en la Situación Ideal

O	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5	
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
AG1	0	0	0,33	0,23	0,18	0,23	0,15	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,1	0,2	0,2	0,2	0,15	0,2	0,2	0,25	0,15	0,15	0	0	0	0		
AG2	0	0,19	0	0,11	0,05	0,16	0,06	0,45	0,2	0,2	0,15	0,05	0,05	0,05	0,45	0,2	0,2	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0		
AG3	0	0,1	0,16	0	0,17	0,06	0,18	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0		
AG4	0	0,25	0,1	0,26	0	0,35	0,26	0,05	0,15	0,15	0,2	0,15	0,3	0,15	0,05	0,15	0,15	0,2	0,25	0,2	0,225	0,25	0,2	0	0	0	0	
AG5	0	0,29	0,29	0,28	0,38	0	0,35	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,2	0,225	0,2	0,25	0	0	0	0	
AG6	0	0,17	0,12	0,12	0,22	0,2	0	0,05	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,35	0,05	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,15	0,2	0	0	0	0	0
CE1,0,16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0
CE2,0,16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	0
CE3,0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0	0	0	
CE4,0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0	0	0	
CE5,0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0		
CE6,0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	
CE7,0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	
CT1,0,21	0	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	
CT2,0,32	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	
CT3,0,23	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	
CT4,0,24	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	
CS1,0,7	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	0	
CS2,0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	0	
CA1,0,7	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0		
CA2,0,2	0	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0		
CA3,0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0		
OE1,0	0,18	0,15	0,25	0,225	0,25	0,3	0,18	0,1	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	0	0	0	0,15	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0		
OE2,0	0,09	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,18	0,2	0,15	0,1	0,2	0,25	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,05	0,1	0	0	0	0	0	0	0		
OE3,0	0,2	0,35	0,1	0,15	0,1	0,1	0,27	0,2	0,12	0,2	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,15	0,25	0,6	0,6	0,4	0	0	0	0	0		
OE4,0	0,38	0,25	0,45	0,25	0,25	0,45	0,14	0,35	0,32	0,4	0	0	0	0	0	0,5	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
OE5,0	0,15	0,15	0,1	0,125	0,3	0,1	0,23	0,15	0,21	0,1	0,3	0,25	0,3	0	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,4	0,6	0	0	0	0	0	

Tabla A7.28: Supermatriz para la subred de oportunidades en la Situación Ideal

	R	AG	CE	CT	CS	CA	OE
R	0	0	0	0	0	0	0
AG	0	0,34	0,05	0,1	0,1	0,05	0
CE	0,25	0	0,25	0,15	0,15	0,1	0
CT	0,25	0	0,175	0,3	0	0,1	0
CS	0,25	0	0,175	0	0,3	0,15	0
CA	0,25	0	0,175	0,2	0,2	0,45	0
OE	0	0,66	0,175	0,25	0,25	0,15	0

Tabla A7.29: Matriz de clústeres para la subred de riesgos en la Situación Ideal

	R	AG1	AG2	AG3	AG4	AG5	AG6	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CT1	CT2	CT3	CT4	CS1	CS2	CA1	CA2	CA3	OE1	OE2	OE3	OE4	OE5		
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
AG1	0	0	0,33	0,23	0,18	0,2	0,15	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,1	0,2	0,2	0,2	0,15	0,2	0,2	0,25	0,15	0,15	0	0	0	0	0		
AG2	0	0,19	0	0,11	0,05	0,2	0,06	0,45	0,2	0,2	0,15	0,05	0,05	0,05	0,45	0,2	0,2	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0		
AG3	0	0,1	0,16	0	0,17	0,1	0,18	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,15	0,1	0	0	0	0	0	0		
AG4	0	0,25	0,1	0,26	0	0,4	0,26	0,05	0,15	0,15	0,2	0,15	0,3	0,15	0,05	0,15	0,15	0,2	0,25	0,2	0,225	0,25	0,2	0	0	0	0	0		
AG5	0	0,29	0,29	0,28	0,38	0	0,35	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,1	0,3	0,15	0,2	0,2	0,15	0,25	0,2	0,225	0,2	0,25	0	0	0	0	0		
AG6	0	0,17	0,12	0,12	0,22	0,2	0	0,05	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,35	0,05	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,15	0,2	0	0	0	0	0	0	
CE1	0,07	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,15	0,1	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0		
CE2	0,09	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,15	0,1	0,2	0,15	0,15	0	0	0	0	0	
CE3	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,15	0,25	0,2	0	0	0	0	0		
CE4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25	0,3	0,25	0	0	0	0	0	
CE5	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0	0	
CE6	0,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	
CE7	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	
CT1	0,26	0	0	0	0	0	0	0,5	0,15	0,1	0,15	0	0	0	1	0,25	0,1	0,1	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	
CT2	0,32	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,1	0,15	0	0	0	0	0,75	0,6	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	
CT3	0,18	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	
CT4	0,24	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	
CS1	0,61	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,25	0,7	0,35	0,35	0	0	0	0	0	0	
CS2	0,3	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	0,3	0,65	0,65	0	0	0	0	0	0	0
CA1	0,75	0	0	0	0	0	0,35	0	0,25	0,3	0	0	0	0,35	0,1	0,25	0,3	0,6	0,2	0,75	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	
CA2	0,2	0	0	0	0	0	0,45	0,2	0,4	0,5	0	0	0	0,45	0,8	0,4	0,5	0,3	0,6	0,25	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	
CA3	0,14	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,35	0,2	0	0	0	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,2	0	0,1	1	0	0	0	0	0	0	0	
OE1	0	0,15	0,15	0,275	0,225	0,3	0,3	0,18	0,1	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	0	0	0	0,15	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE2	0	0,08	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,25	0,2	0,15	0,1	0,2	0,25	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,05	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE3	0	0,19	0,35	0,1	0,25	0,1	0,1	0,2	0,2	0,12	0,2	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,15	0,25	0,75	0,75	0,4	0	0	0	0	0	0	
OE4	0	0,35	0,24	0,4	0,35	0,3	0,45	0,14	0,35	0,32	0,4	0	0	0	0	0	0	0,5	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OE5	0	0,23	0,16	0,125	0,125	0,2	0,1	0,23	0,15	0,21	0,1	0,3	0,25	0,3	0	0	0	0	0,15	0,1	0,25	0,25	0,6	0	0	0	0	0	0	

Tabla A7.30: Supermatriz para la subred de riesgos en la Situación Ideal

5. Pesos de los elementos en la Situación Actual

	IDEAL	NORMAL
AG1	17,0%	34,0%
AG2	8,5%	17,0%
AG3	9,3%	18,6%
AG4	4,3%	8,6%
AG5	8,1%	16,2%
AG6	2,8%	5,6%
B	19,6%	39,2%
C	18,5%	37,0%
O	5,9%	11,8%
R	6,0%	12,0%

Tabla A7.31: Priorización de los elementos de la red de control de la Situación Actual

	BENEFICIOS		COSTES		OPORTUNIDADES		RIESGOS	
	Normal	Ideal	Normal	Ideal	Normal	Ideal	Normal	Ideal
AG1	26,28%	4,04%	28,01%	4,12%	26,94%	4,28%	23,68%	4,31%
AG2	21,86%	3,36%	21,41%	3,15%	22,09%	3,51%	21,81%	3,97%
AG3	9,31%	1,43%	8,50%	1,25%	8,68%	1,38%	12,09%	2,20%
AG4	11,40%	1,75%	15,84%	2,33%	11,71%	1,86%	13,74%	2,50%
AG5	20,00%	3,07%	15,16%	2,23%	19,82%	3,15%	17,14%	3,12%
AG6	11,17%	1,72%	11,08%	1,63%	10,76%	1,71%	11,54%	2,10%
CE1	26,72%	4,44%	22,28%	3,16%	32,29%	4,52%	32,26%	4,69%
CE2	15,14%	2,51%	15,16%	2,15%	15,93%	2,23%	15,61%	2,27%
CE3	13,25%	2,20%	15,51%	2,20%	11,21%	1,57%	11,28%	1,64%
CE4	16,71%	2,77%	14,88%	2,11%	8,79%	1,23%	10,18%	1,48%
CE5	11,21%	1,86%	9,94%	1,41%	11,21%	1,57%	8,94%	1,30%
CE6	8,49%	1,41%	9,17%	1,30%	11,64%	1,63%	12,31%	1,79%
CE7	8,49%	1,41%	13,05%	1,85%	8,93%	1,25%	9,42%	1,37%
CT1	37,07%	2,69%	33,87%	2,12%	32,86%	2,32%	33,94%	2,61%
CT2	28,72%	2,08%	34,03%	2,13%	30,03%	2,12%	29,26%	2,25%
CT3	15,50%	1,12%	12,94%	0,81%	17,56%	1,24%	17,69%	1,36%
CT4	18,72%	1,36%	19,17%	1,20%	19,55%	1,38%	19,12%	1,47%
CS1	45,97%	2,00%	47,01%	3,07%	44,47%	1,97%	44,44%	2,12%
CS2	54,03%	2,35%	52,99%	3,46%	55,53%	2,46%	55,56%	2,65%
CA1	26,82%	3,42%	31,91%	4,25%	28,21%	3,56%	26,37%	3,57%
CA2	40,74%	5,19%	39,56%	5,27%	41,68%	5,26%	42,54%	5,76%
CA3	32,44%	4,14%	28,53%	3,80%	30,11%	3,80%	31,09%	4,21%
OE1	25,73%	11,24%	14,25%	6,41%	27,25%	12,54%	19,05%	7,86%
OE2	14,88%	6,50%	20,95%	9,43%	13,15%	6,05%	17,40%	7,18%
OE3	26,30%	11,49%	24,20%	10,89%	21,55%	9,91%	19,35%	7,98%
OE4	15,60%	6,81%	25,55%	11,50%	23,90%	10,99%	21,15%	8,73%
OE5	17,50%	7,65%	15,05%	6,77%	14,15%	6,51%	23,05%	9,51%

Tabla A7.32: Priorización de los elementos de las subredes BCOR de la Situación Actual

6. Pesos de los elementos en la Situación Ideal

	IDEAL	NORMAL
AG1	5,4%	16,0%
AG2	4,0%	11,9%
AG3	3,3%	9,6%
AG4	7,5%	22,2%
AG5	8,6%	25,2%
AG6	5,2%	15,2%
B	15,5%	23,5%
C	15,1%	22,9%
O	18,0%	27,2%
R	17,4%	26,3%

Tabla A7.33: Priorización de los elementos de la red de control de la Situación Ideal

	BENEFICIOS		COSTES		OPORTUNIDADES		RIESGOS	
	Normal	Ideal	Normal	Ideal	Normal	Ideal	Normal	Ideal
AG1	18,05%	2,20%	19,34%	2,41%	22,65%	3,16%	20,61%	2,64%
AG2	14,15%	1,72%	14,61%	1,82%	22,22%	3,10%	13,66%	1,75%
AG3	11,32%	1,38%	10,19%	1,27%	7,89%	1,10%	8,74%	1,12%
AG4	18,72%	2,28%	18,86%	2,35%	13,69%	1,91%	18,42%	2,36%
AG5	22,23%	2,71%	21,43%	2,67%	22,37%	3,12%	22,56%	2,89%
AG6	15,52%	1,89%	15,57%	1,94%	11,18%	1,56%	16,00%	2,05%
CE1	21,74%	5,24%	22,21%	5,41%	22,39%	5,30%	18,67%	4,21%
CE2	12,03%	2,90%	11,66%	2,84%	12,13%	2,87%	13,35%	3,01%
CE3	10,13%	2,44%	9,56%	2,33%	11,11%	2,63%	11,35%	2,56%
CE4	12,82%	3,09%	12,93%	3,15%	12,59%	2,98%	12,82%	2,89%
CE5	16,45%	3,97%	16,91%	4,12%	15,80%	3,74%	15,79%	3,56%
CE6	13,42%	3,24%	12,73%	3,10%	13,31%	3,15%	14,19%	3,20%
CE7	13,42%	3,24%	14,00%	3,41%	12,67%	3,00%	13,84%	3,12%
CT1	38,11%	5,27%	36,95%	5,21%	37,34%	5,16%	35,91%	5,06%
CT2	28,40%	3,93%	29,22%	4,12%	30,03%	4,15%	29,24%	4,12%
CT3	15,05%	2,08%	15,04%	2,12%	15,56%	2,15%	15,54%	2,19%
CT4	18,44%	2,55%	18,79%	2,65%	17,08%	2,36%	19,30%	2,72%
CS1	46,25%	3,73%	47,45%	3,81%	41,22%	3,12%	46,09%	3,65%
CS2	53,75%	4,33%	52,55%	4,22%	58,78%	4,45%	53,91%	4,27%
CA1	27,87%	4,12%	28,60%	4,01%	33,82%	4,19%	29,65%	4,16%
CA2	43,53%	6,44%	42,08%	5,90%	41,00%	5,08%	40,34%	5,66%
CA3	28,60%	4,23%	29,32%	4,11%	25,18%	3,12%	30,01%	4,21%
OE1	19,75%	5,34%	16,25%	4,39%	21,25%	6,08%	20,75%	5,93%
OE2	14,25%	3,85%	18,25%	4,93%	14,75%	4,22%	16,50%	4,72%
OE3	29,75%	8,04%	18,00%	4,87%	22,25%	6,36%	16,25%	4,65%
OE4	20,75%	5,61%	27,75%	7,50%	26,50%	7,58%	21,75%	6,22%
OE5	15,50%	4,19%	19,75%	5,34%	15,25%	4,36%	24,75%	7,08%

Tabla A7.34: Priorización de los elementos de las subredes BCOR de la Situación Actual

