

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

TESIS DOCTORAL

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE SOSTENIBLE A TRAVÉS DEL PLANEAMIENTO DE ENTORNOS URBANOS

Autora:

Usue Oses Orbegozo

Directores de Tesis:

Dr. D. Eduardo Rojí Chandro

Dr. D. Jesús Cuadrado Rojo

“Non gogoa, han zangoa”

Lan hau nere familia eta lagunei eskeini nahi diet.

RESUMEN

Una vez asumido que el crecimiento social y económico debe ser sostenible si no se quiere hipotecar el medio ambiente y los recursos de generaciones futuras, y sabiendo que el sector del transporte juega un papel fundamental en este crecimiento al ser un componente fundamental en la actividad económica del país, en los últimos años se han venido desarrollando acciones a escala mundial, de cara a tratar de reducir las afecciones generadas por este sector.

El sector del transporte, desempeña un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad, pero por otro lado, también es tratado como un gran generador de afecciones en el entorno y en la propia sociedad: emisiones, problemas de salud, ruido, congestión, etc.

En el desarrollo de esta Tesis Doctoral, se ha planteado una metodología general de evaluación de la sostenibilidad basada en MIVES, que ha sido particularizada en el ámbito del transporte urbano. En este sentido se identifican una serie de acciones, encaminadas a aumentar la sostenibilidad del sistema de transporte de un entorno urbano. Estas acciones están relacionadas con distintos subsistemas que forman el entramado urbano. El método planteado permite cuantificar mediante un valor

numérico, el conjunto de criterios de evaluación definidos, que han sido estructurados jerárquicamente, a través de la importancia relativa que presentan dentro del modelo. El carácter práctico de la metodología propuesta se ha validado con la aplicación de la misma a un caso práctico de estudio. Para el caso práctico se ha seleccionado la ciudad de Donostia-San Sebastián y mediante el modelo se ha evaluado la sostenibilidad del sistema de transporte de todo en entorno urbano y a continuación de dos barrios seleccionados de entre los dieciocho que tiene la ciudad. Mediante el análisis de los resultados obtenidos se han obtenido diferentes conclusiones respecto al funcionamiento del modelo tanto en la aplicación global como en la local del mismo.

AGRADECIMIENTOS

El primer y principal agradecimiento va dirigido a mis directores de tesis, Eduardo Rojí y Jesús Cuadrado, quienes a pesar de sus muchas ocupaciones, han tenido el tiempo y la paciencia para poder atender mis dudas y problemas siendo así posible elaborar la presente tesis.

En segundo lugar quiero agradecer a todas las personas que han estado vinculadas directa o indirectamente al proyecto MIVES I (MAT 2002-04310-C03-03) y MIVES II (BIA2005-09163-C03-01) por facilitar la estructura de la herramienta que se ha empleado. Si no fuese por todo el trabajo realizado anteriormente este trabajo no hubiese sido posible.

También quiero agradecer al "Grupo de investigación consolidado UPV/EHU + TECNALIA IT781-13: "Sostenibilidad integral en sistemas de edificación y sus materiales" del que forman parte mis directores de Tesis, su ayuda en el establecimiento de determinados indicadores y parámetros.

A todos los compañeros del Departamento de Ingeniería Mecánica que me han acompañado durante estos años. Especialmente a Itziar Gurrutxaga, Itziar Adarraga, Ainhoa Arrese y Faustino Mujika por haberme escuchado, entendido, aconsejado y ayudado en todo momento.

A mi familia y amigos por su infinita paciencia.

INDICE

RESUMEN	v
AGRADECIMIENTOS	vii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVOS DE LA TESIS DOCTORAL	2
1.3 METODOLOGÍA	5
2 ESTADO DEL ARTE	7
2.1 MEDIO AMBIENTE Y TRANSPORTE	7
2.1.1 Efectos negativos del transporte	13
2.1.2 Dependencia del transporte frente al petróleo	25
2.1.3 Otros efectos no relacionados con el consumo de combustibles.....	30
2.1.4 Avances hacia la sostenibilidad del transporte	36

2.1.5	Hacia una estrategia para la integración del desarrollo sostenible en la política de transportes.....	39
2.2	POLITICAS COMUNITARIAS	40
2.2.1	Sostenibilidad: antecedentes y marco internacional	41
2.2.2	El medio ambiente y su integración intersectorial en los tratados de la unión europea	45
2.2.3	Acciones concretas de integración medioambiental en las políticas comunitarias de desarrollo económico: programas de acción, conferencias y estrategias.....	47
2.2.4	Libro blanco.- la política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad.....	53
2.2.5	Por una Europa en movimiento - movilidad sostenible para nuestro continente - revisión intermedia del libro blanco de 2001.....	66
2.2.6	Libro blanco 2011.- hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible	74
2.3	POLITICAS DE MOVILIDAD DEL GOBIERNO VASCO-EUSKO JAURLARITZA.....	85
2.3.1	Introducción.....	85
2.3.2	Modelo territorial	87
2.3.3	Accesibilidad.....	89
2.3.4	Modos de transporte: situación actual.....	90
2.3.5	Transporte sostenible para euskadi.....	95
2.3.6	Objetivos, estrategias y líneas de actuación.....	95
2.4	EL PROBLEMA DE LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE	98
2.5	OBJETIVOS DE LA PRESENTE TESIS DOCTORAL.....	107
2.5.1	Requerimiento medioambiental.....	109
2.5.2	Requerimiento económico	109
2.5.3	Requerimiento social.....	109
2.5.4	Requerimiento modelo urbano	110
2.5.5	Requerimiento características de la flota de vehículos.....	110
2.5.6	Requerimiento reparto de mercancías	110

3	METODOLOGÍA PARA LA MEDIDA DE LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE EN ENTORNOS URBANOS.....	113
3.1	INTRODUCCION.....	113
3.2	DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA DE MEDIDA.....	116
3.3	CLASIFICACIÓN DE LAS TOMAS DE DECISIÓN	120
3.3.1	Clasificación según el estado del entorno.....	121
3.3.2	Clasificación según el número de aspectos de decisión.....	121
3.3.3	Clasificación según la naturaleza de las alternativas	122
3.3.4	Clasificación según las características del decisor	122
3.4	CLASIFICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE TOMA DE DECISIÓN.....	123
3.4.1	Programación matemática multiobjetivo	124
3.4.2	Teoría de la utilidad multiatributo	125
3.4.3	Teoría de las relaciones de sobreclasificación.....	135
3.4.4	Análisis de disgregación de preferencias.....	137
3.5	JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE MIVES COMO METODOLOGÍA.....	138
3.5.1	Clasificación de los aspectos a tener en cuenta.....	139
3.5.2	Corriente metodológica en la que debe englobarse la metodología utilizada.....	140
3.5.3	Ordenación de los aspectos a tener en cuenta.....	142
3.5.4	Función de valor utilizada.....	143
3.5.5	Tipo de agregación de las distintas funciones de valor.....	143
3.5.6	Tipo de metodología de asignación de pesos.....	145
3.5.7	Resumen de los argumentos que justifican la elección de MIVES.....	147
4	MODELO GENÉRICO DE LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD: MIVES.....	149
4.1	INTRODUCCION.....	149
4.2	LAS DIFERENTES FASES DE LA METODOLOGÍA MIVES	151

4.3	DELIMITAR DE LA DECISIÓN	153
4.4	CREACIÓN DEL ÁRBOL DE TOMA DE DECISIÓN	154
4.4.1	Definiciones de los elementos de evaluación	155
4.4.2	Selección de los elementos de evaluación prioritarios, a través de la metodología A.H.P.....	157
4.5	ASIGNACIÓN DE PESOS	159
4.5.1	Construcción de la matriz de decisión	160
4.5.2	Vector y valor propios de la matriz de decisión en el método A.H.P.....	162
4.6	FUNCIONES DE VALOR	166
4.7	DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	170
4.8	ÍNDICE DE VALOR DE LAS ALTERNATIVAS.....	170
5	OBTENCIÓN Y DEFINICIÓN DEL CONJUNTO DE REQUERIMIENTOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN	173
5.1	INTRODUCCION.....	173
5.2	REQUERIMIENTOS DE SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE URBANO	177
5.2.1	Requerimiento: medioambiental	178
5.2.2	Requerimiento: social	179
5.2.3	Requerimiento: económico.....	181
5.2.4	Requerimiento: modelo urbano.....	183
5.2.5	Requerimiento: características del parque automovilístico	186
5.2.6	Requerimiento: Reparto de mercancías.....	187
5.3	DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN POR REQUERIMIENTOS EN EL TRANSPORTE URBANO	192

5.4	CRITERIOS SELECCIONADOS E INDICADORES NECESARIOS PARA SU EVALUACIÓN	193
5.5	REQUERIMIENTO: MEDIOAMBIENTAL	194
5.5.1	Criterio 1: calidad del aire	194
5.5.2	Criterio 2: emisiones GEI	200
5.5.3	Criterio 3: reparto modal.....	202
5.5.4	Criterio 4: modos no motorizados y más sostenibles.....	202
5.6	REQUERIMIENTO: ECONÓMICO	204
5.6.1	Criterio 1: crecimiento del transporte	205
5.6.2	Criterio 2: consumo energético.....	205
5.6.3	Criterio 3: costes del transporte urbano	206
5.7	REQUERIMIENTO: SOCIAL	210
5.7.1	Criterio 1: seguridad.....	210
5.7.2	Criterio 2: confortabilidad.....	211
5.7.3	Criterio 3: accesibilidad.....	213
5.8	REQUERIMIENTO: MODELO URBANO	213
5.8.1	Criterio 1: modelo urbano.....	214
5.8.2	Criterio 2: características de la red de transporte	216
5.9	REQUERIMIENTO: CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO	216
5.9.1	Criterio 1: tasa de motorización	216
5.9.2	Criterio 2: tipo de vehículo.....	217
5.10	REQUERIMIENTO: REPARTO DE MERCANCÍAS.....	218
5.10.1	Criterio 1: oferta.....	218
5.10.2	Criterio 2: demanda	219
5.10.3	Criterio 3: eficiencia.....	220

6	DEFINICION DE LOS INDICADORES.....	223
6.1	CRITERIOS SELECCIONADOS E INDICADORES NECESARIOS PARA SU EVALUACION	223
6.2	REQUERIMIENTO 1: MEDIOAMBIENTAL.....	224
6.2.1	Criterio 1: calidad del aire.....	224
6.2.2	Criterio 2: emisiones gei (CO ₂).....	228
6.2.3	criterio 3: reparto modal	230
6.2.4	Criterio 4: modos no motorizados y más sostenibles.....	232
6.2.5	Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento medioambiental.....	236
6.3	REQUERIMIENTO 2: ECONÓMICO	238
6.3.1	Criterio 1: crecimiento del transporte	238
6.3.2	Criterio 2: consumo energético.....	239
6.3.3	Criterio 3: costes del transporte urbano	240
6.3.4	Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento económico	241
6.4	REQUERIMIENTO 3: SOCIAL.....	243
6.4.1	Criterio 1: seguridad.....	243
6.4.2	Criterio 2: ruido	244
6.4.3	Criterio 3: confortabilidad del transporte público.....	247
6.4.4	Criterio 4: accesibilidad.....	251
6.4.5	ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento social.....	252
6.5	REQUERIMIENTO: MODELO URBANO	254
6.5.1	Criterio 1: modelo urbano.....	254
6.5.2	Criterio 2: características de la red de transporte	256
6.5.3	Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento social.....	258

6.6	REQUERIMIENTO: CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO	260
6.6.1	Criterio 1: tasa de motorización	260
6.6.2	Criterio 2: tipo de vehículo.....	260
6.6.3	Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento características del parque automovilístico	262
6.7	REQUERIMIENTO: REPARTO DE MERCANCÍAS.....	263
6.7.1	Criterio 1: oferta.....	264
6.7.2	Criterio 2: demanda.....	265
6.7.3	Criterio 3: eficiencia.....	267
6.7.4	Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento reparto de mercancías	268
6.8	ARBOL JERARQUIZADO DE EVALUACION POR REQUERIMIENTOS	270
7	VALIDACIÓN: APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA A DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN	271
7.1	DEMOGRAFIA.....	272
7.2	BARRIOS	273
7.2.1	Aiete - miramon.....	273
7.2.2	Altza.....	274
7.2.3	Amara viejo.....	275
7.2.4	Amara berri/ riberas de loiola	275
7.2.5	Antiguo	276
7.2.6	Añorga	276
7.2.7	Bidebieta.....	277
7.2.8	Centro	277
7.2.9	Egia.....	278
7.2.10	Gros.....	278
7.2.11	Ibaeta	279
7.2.12	Igeldo.....	279
7.2.13	Intxaurreondo.....	280
7.2.14	Loiola/txomin-enea	280

7.2.15 Martutene.....	281
7.2.16 Parte zaharra	281
7.2.17 Ulía	282
7.2.18 Zubieta.....	282
7.3 MOVILIDAD.....	283
7.3.1 Movilidad motorizada.....	285
7.3.2 Movilidad en transporte público.....	286
7.3.3 Relaciones entre los corredores	287
7.4 RESULTADOS DEL CASO PRACTICO DE ESTUDIO: DONOSTIA-SAN SEBASTIAN	288
7.4.1 Requerimiento 1: medioambiental.....	289
7.4.2 Requerimiento 2: económico.....	298
7.4.3 Requerimiento 3: Social	301
7.4.4 Requerimiento: modelo urbano.....	313
7.4.5 Requerimiento: características del parque automovilístico	316
7.4.6 Requerimiento: reparto de mercancías.....	320
7.4.7 Resultado asociado al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte urbano en donostia-san sebastian.....	324
7.5 RESULTADOS DEL CASO PRACTICO DE ESTUDIO: BARRIO DE ALZA325	
7.5.1 Requerimiento 1: medioambiental.....	327
7.5.2 Requerimiento 2: económico.....	331
7.5.3 Requerimiento 3: social.....	333
7.5.4 Requerimiento: modelo urbano.....	336
7.5.5 Requerimiento: características del parque automovilístico	337
7.5.6 Requerimiento: reparto de mercancías.....	337
7.5.7 Resultado asociado al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte urbano en el barrio de alza de donostia-san sebastian	339
7.6 RESULTADOS DEL CASO PRACTICO DE ESTUDIO: BARRIO DE ZUBIETA.....	341
7.6.1 Requerimiento 1: medioambiental.....	342

7.6.2	Requerimiento 2: económico	346
7.6.3	Requerimiento 3: social.....	348
7.6.4	Requerimiento: modelo urbano.....	352
7.6.5	Requerimiento: características del parque automovilístico	352
7.6.6	Requerimiento: reparto de mercancías	353
7.6.7	Resultado asociado al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte urbano en el barrio de zubieta de donostia-san sebastian	355
7.7	RESUMEN DE LOS RESULTADOS POR REQUERIMIENTO	358
7.7.1	Requerimiento 1: medioambiental.....	358
7.7.2	Requerimiento 2: económico	359
7.7.3	Requerimiento 3: social.....	361
7.7.4	Requerimiento 4: modelo urbano	362
7.7.5	Requerimiento 5: características del parque automovilístico	363
7.7.6	Requerimiento 6: reparto de mercancías	363
7.8	RESULTADOS ASOCIADOS AL INDICE DE SENSIBILIDAD FRENTE A LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE URBANO EN DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN	364
8	CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....	367
8.1	INTRODUCCIÓN.....	367
8.2	CONCLUSIONES.....	369
8.2.1	Referidas al problema	369
8.2.2	Referidas a la metodología.....	370
8.2.3	Referidas a la aplicación.....	371
8.2.4	Referidas al ejemplo realizado	371
8.3	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA.....	372
9	REFERENCIAS	- 375 -

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Evolución de los tráficos de pasajeros y mercancías (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística, Ministerio de Fomento). 8
- Figura 2. Evolución del transporte interior de viajeros (viajeros-km) por modos en el periodo 2007-2014 (2007=100) (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística, Ministerio de Fomento)..... 10
- Figura 3. Evolución del transporte interior de mercancías (toneladas) por modos en el periodo 2007-2014 (2007=100) (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística del ministerio de Fomento). 11
- Figura 4. Crecimiento del parque por mil habitantes (Fuente: “Anuario estadístico general 2015” de la Dirección General de tráfico del Ministerio del Interior). 15
- Figura 5. Tráfico aéreo Núm. de operaciones (vuelos) y asientos ofertados en los aeropuertos de la red AENA, 2000-2014 (Fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística, Ministerio de Fomento)..... 17

Figura 6. Tendencia de las emisiones de gases contaminantes debidas al transporte (Fuente: European Environment Agency “A closer look at urban transport- TERM 2013: Transport Indicators Tracking Progress Towards Environmental Targets in Europe”)	19
Figura 7. Porcentaje de población urbana de la UE expuesta a contaminación atmosférica que excede las normas de calidad del aire de la UE (Fuente: “La calidad del aire en Europa - Informe 2012” de la Agencia Europea de Medio Ambiente).	20
Figura 8. Porcentaje de población urbana de la UE expuesta a contaminación atmosférica que excede las normas de calidad del aire de la OMS (Fuente: “La calidad del aire en Europa - Informe 2012” de la Agencia Europea de Medio Ambiente).	21
Figura 9. Emisiones de GEI debidas al transporte en EU- 28 (Fuente: “La calidad del aire en Europa - Informe 2012” de la Agencia Europea de Medio Ambiente).	23
Figura 10. Resumen objetivos del transporte para EU-28, 2013 (Fuente: European Environment Agency “The contribution of transport to air quality – TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe”).	24
Figura 11. Consumo final de energía del transporte por tipo de combustible (Fuente: European Environment Agency “TERM 2014: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. Focusing on environmental pressures from long-distance transport”).	25
Figura 12. Evolución del consumo final de energía por fuentes (Fuente: “Planificación energética indicativa según lo dispuesto en la Ley 2/2011 de Economía Sostenible” Secretaría de Estado de Energía).	27

Figura 13. Evolución de los fallecidos y heridos hospitalizados en vías interurbanas y urbanas. Evolución 2004-2013, (Fuente: “Observatorio del transporte y la logística en España: Informe anual 2015” del Ministerio de Fomento).....	31
Figura 14. Letalidad (fallecidos por 100 víctimas) en vías urbanas e interurbanas. Evolución 2004-2013 (Fuente: “Observatorio del transporte y la logística en España: Informe anual 2015” del Ministerio de Fomento).....	31
Figura 15. Principales fuentes de ruido (Fuente: World Health Organization (2009) “Night noise guidelines for Europe”).....	33
Figura 16. Autopistas del mar (Fuente: http://www.bmcf.org.uk/2012/09/looking-into-the-maritime-future/).....	62
Figura 17. Número de heridos y víctimas mortales en accidentes de tráfico por carretera en vías interurbanas. 2000-2013, (Fuente: “Observatorio del transporte y la logística en España: Informe anual 2015” Ministerio de Fomento).....	64
Figura 18. Infraestructuras CAPV (Fuente: “Plan director del transporte sostenible. La política común de transportes en Euskadi 2002-2012” del Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco).	87
Figura 19. Clasificación de infraestructuras CAPV (Fuente: “Plan director del transporte sostenible. La política común de transportes en Euskadi 2002-2012” del Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco).	90
Figura 20. Distribución de la movilidad de personas en la CAPV según modo de transporte 2007-2011 (%) (Fuente: Panorámica del transporte en Euskadi 2011).....	91
Figura 21. Distribución de la movilidad de personas en la CAPV por territorios según modo de transporte 2011 (%) (Fuente: Panorámica del transporte en Euskadi 2011).	91

Figura 22: distribución modal del transporte de mercancías 2010 (%)(Fuente: Panorámica del transporte en Euskadi 2011).....	92
Figura 23. Inversiones en infraestructuras en CAPV (Fuente: “Coyuntura” Febrero 2009, Cámara de Gipuzkoa).....	93
Figura 24. Esquema del “Plan Director del Transporte Sostenible” del Gobierno Vasco.....	100
Figura 25. Árbol de toma de decisión genérico.	154
Figura 26. dilución de indicadores.....	157
Figura 27. Diferentes formas de la función de valor.....	168
Figura 28. Respuesta de un indicador sin función de valor continua.....	169
Figura 29. Esquema de la obtención del índice de valor de las alternativas.	171
Figura 30: división de la CAPV a efectos del índice de la calidad del aire.	226
Figura 31. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento ambiental.	237
Figura 32. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento económico.	243
Figura 33. Salud y niveles de ruido.....	245
Figura 34. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento social....	254
Figura 35. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento Modelo Urbano.....	259

Figura 36. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento Características del parque automovilístico.....	263
Figura 37. Modelo habitual de la DUM.	267
Figura 38. Dos posibles modelos para la mejora de la sostenibilidad en la DUM dentro de la última milla.	267
Figura 39. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento reparto de mercancías.....	269
Figura 40. Sistema de ponderación de requerimientos asociado al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte en entornos urbanos.	270
Figura 41. Gráfica de evolución demográfica de San Sebastián entre 1900 y 2010.	272
Figura 42. Barrios de Donostia-San Sebastian (Fuente: web Ayuntamiento de San Sebastián).....	273
Figura 43. Corredores urbanos (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).	284
Figura 44. Longitud de la red ciclista (Fuente: “Informe anual de sostenibilidad” del Ayuntamiento de San Sebastián).	315
Figura 45. Tasa de motorización (Fuente: “Informe anual de sostenibilidad” del Ayuntamiento de San Sebastián).	317
Figura 46. Representación gráfica de la sostenibilidad del transporte urbano en Donostia.	325
Figura 47. Situación del barrio de Alza (fuente: Google maps).....	327

Figura 48. Representación gráfica de la sostenibilidad del transporte urbano en el barrio de Alza de Donostia-San Sebastián.	340
Figura 49. Situación del barrio de Zubieta (fuente: Google maps).	342
Figura 50. Representación gráfica de la sostenibilidad del transporte urbano en el barrio de Zubieta de Donostia-San Sebastián.	357

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Evolución de los tráficos de pasajeros y mercancías (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística del ministerio de Fomento).....8
- Tabla 2. Evolución del transporte interior total de viajeros (mill.viajeros-km) por modos en el periodo 2007-2014 (Fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística, Ministerio de Fomento).....9
- Tabla 3. Evolución del transporte interior total de mercancías (miles de toneladas) por modos en el periodo 2007-2014 (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística del ministerio de Fomento).11
- Tabla 4. Crecimiento del parque de vehículos (Fuente: “Anuario estadístico general 2015”de la Dirección General de tráfico del Ministerio del Interior).14
- Tabla 5. Tráfico aéreo (Núm. de vuelos y asientos ofertados) del transporte aéreo en los aeropuertos de AENA, por tipo de tráfico, 2013-2014 (Fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística del Ministerio de Fomento). .16

Tabla 6. Consumo de energía final por fuentes (Fuente: “Planificación energética indicativa según lo dispuesto en la Ley 2/2011 de Economía Sostenible” Secretaría de Estado de Energía).	27
Tabla 7. Consumo de energía final por fuentes a partir del 2010 (Fuente: “Los transportes y las infraestructuras: informe anual 2014” Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica).	28
Tabla 8. Personas muertas en accidentes de tráfico (Fuente: “Sustainable development – transport” Eurostat)	34
Tabla 9. Proporción de la población que vive en hogares que sufren niveles altos de ruido (Fuente: Eurostat datos online, código: tsdph390).	35
Tabla 10. Consumo interior bruto y la producción primaria de biodiesel, biogasolina y otros biocombustibles líquidos en la EEE-33 en TJ (Fuente: “A closer look at urban transport- TERM 2013: Transport Indicators Tracking Progress Towards Environmental Targets in Europe” European Environment Agency).....	38
Tabla 11. Metodologías de análisis de las tomas de decisión multicriterio.	124
Tabla 12. Tabla con valores de los indicadores.	131
Tabla 13. Matriz de dominación.	131
Tabla 14. Escala numérica de comparación propuesta por Saaty y términos de la matriz de decisión.	147
Tabla 15. Índice de aleatoriedad de una matriz de hasta 15 elementos.	165
Tabla 16. Principales focos antropogénicos de emisiones primarias.	195

Tabla 17. Proporción entre las emisiones primarias naturales y antropogénicas para los distintos contaminantes.	196
Tabla 18. Valores límite de concentraciones.	198
Tabla 19. Valores límite diario de concentración de PM10.	198
Tabla 20. Valores límite diario de concentración de SO ₂	199
Tabla 21. Valores límite diario de concentración de NO ₂	199
Tabla 22. Valores límite diario de concentración de CO.	200
Tabla 23. Valores límite diario de concentración de O ₃	200
Tabla 24. Tramos del índice de calidad del aire.	227
Tabla 25. Sistema de puntuación propuesto para el criterio 1.	228
Tabla 26. Sistema de puntuación propuesto para la evolución de emisiones de CO ₂	229
Tabla 27. Sistema de puntuación propuesto para la evolución del índice de motorización.	230
Tabla 28. Sistema de puntuación propuesto la evolución del porcentaje de uso del vehículo privado.	230
Tabla 29. Sistema de puntuación propuesto para el porcentaje de uso del vehículo privado.	231
Tabla 30. Sistema de puntuación propuesto para el porcentaje de uso del TP colectivo.	231

Tabla 31. Sistema de puntuación propuesto para el porcentaje de uso de modos no motorizados.....	231
Tabla 32. Sistema de puntuación propuesto para el indicador oferta/demanda de peatones.....	233
Tabla 33. Matriz que evalúa la posibilidad de traslado entre subzonas de un entorno urbano.	233
Tabla 34. Sistema de evaluación propuesto para el parámetro aparcamiento disuasorio.	235
Tabla 35. Sistema de evaluación propuesto para el indicador coche compartido.	235
Tabla 36. Sistema de puntuación propuesto para el indicador coche compartido.	235
Tabla 37. Criterios de evaluación para el requerimiento medioambiental.....	236
Tabla 38. Matriz de comparación por pares de Saaty.	237
Tabla 39. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.....	237
Tabla 40. Resultados del análisis de consistencia.....	237
Tabla 41. Sistema de puntuación propuesto para el criterio crecimiento del transporte.	238
Tabla 42. Sistema de puntuación propuesto para el consumo del sector por energías.	240
Tabla 43. Sistema de puntuación propuesto para la intensidad energética del transporte.....	240
Tabla 44. Sistema de puntuación propuesto para los costes del transporte.....	241

Tabla 45. Criterios de evaluación para el requerimiento económico.....	242
Tabla 46. Matriz de comparación por pares de Saaty.....	242
Tabla 47. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.....	242
Tabla 48. Resultados del análisis de consistencia.....	242
Tabla 49. Sistema de puntuación propuesto para la evolución del número de accidentes.....	244
Tabla 50. Sistema de puntuación propuesto para la evolución del número de accidentes con víctimas.....	244
Tabla 51. Sistema de puntuación propuesto para la evolución del número de atropellos.....	244
Tabla 52. Rangos propuestos por la OMS para el ruido nocturno.....	245
Tabla 53. Sistema de puntuación para el nivel de ruido.....	246
Tabla 54. Sistema de puntuación para el porcentaje de población afectada.....	246
Tabla 55. Matriz de relación de tiempos de viaje para TP y vehículo privado.....	247
Tabla 56. Media de las relaciones entre tiempos en TP y tiempos en transporte privado.....	248
Tabla 57. Sistema de puntuación propuesto para la relación de tiempos de viaje.....	248
Tabla 58. Matriz de trasbordos para viajes en TP entre subzonas.....	249
Tabla 59. Matriz de frecuencias para viajes en TP entre subzonas.....	250
Tabla 60. Media de las frecuencias en TP.....	250

Tabla 61. Sistema de puntuación propuesto para las frecuencias del TP.....	251
Tabla 62. Sistema de puntuación propuesto para la accesibilidad del TP.....	252
Tabla 63. Criterios de evaluación para el requerimiento medioambiental.....	253
Tabla 64. Matriz de comparación por pares de Saaty.....	253
Tabla 65. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.....	253
Tabla 66. Resultados del análisis de consistencia.....	253
Tabla 67. Sistema de puntuación para el Modelo urbano.....	256
Tabla 68. Sistema de puntuación características de la red de transporte.....	258
Tabla 69. Criterios de evaluación para el requerimiento modelo urbano.....	258
Tabla 70. Matriz de comparación por pares de Saaty.....	259
Tabla 71. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.....	259
Tabla 72. Sistema de puntuación para la tasa de motorización.....	260
Tabla 73. Sistema de puntuación para el tipo de vehículo.....	261
Tabla 74. Criterios de evaluación para el requerimiento características del parque automovilístico.....	262
Tabla 75. Matriz de comparación por pares de Saaty.....	262
Tabla 76. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.....	262
Tabla 77. Sistema de puntuación para actuaciones en la DUM.....	265

Tabla 78. Sistema clasificación de la actividad comercial.....	265
Tabla 79. Sistema cuantificación de la actividad comercial.	266
Tabla 80. Sistema puntuación de la actividad comercial.	266
Tabla 81. Sistema puntuación de la actividad comercial.	268
Tabla 82. Criterios de evaluación para el requerimiento reparto de mercancías.	268
Tabla 83. Matriz de comparación por pares de Saaty.	268
Tabla 84. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.....	269
Tabla 85. Resultados del análisis de consistencia.....	269
Tabla 86. Composición de la población de Aiete.	274
Tabla 87. Composición de la población de Altza.	274
Tabla 88. Composición de la población de Amara.	275
Tabla 89. Composición de la población de Amara Berri/Riberas de Loiola.....	275
Tabla 90. Composición de la población de Antiguo.	276
Tabla 91. Composición de la población de Añorga.	276
Tabla 92. Composición de la población de Bidebieta.....	277
Tabla 93. Composición de la población de Centro.	277
Tabla 94. Composición de la población de Egia.....	278
Tabla 95. Composición de la población de Gros.	279

Tabla 96. Composición de la población de Ibaeta.	279
Tabla 97. Composición de la población de Igeldo.	280
Tabla 98. Composición de la población de Intxaurreondo.	280
Tabla 99. Composición de la población de Loiola/Txomin enea.	281
Tabla 100. Composición de la población de Martutene.	281
Tabla 101. Composición de la población de Parte Vieja.	282
Tabla 102. Composición de la población de Ulía.	282
Tabla 103. Composición de la población de Zubieta.	283
Tabla 104. Viajes totales, diarios-Sólo ida (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).	284
Tabla 105. Desplazamientos en coche entre corredores (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).	287
Tabla 106. Desplazamientos en TP entre corredores (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).	287
Tabla 107. Desplazamientos en andando/bicicleta entre corredores (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).	287
Tabla 108. Histórico del ICA.	289

Tabla 109. Puntuación del ICA.....	290
Tabla 110. Resultados para el criterio calidad del aire.	290
Tabla 111. Puntuación de la evolución de emisiones de CO ₂ debidas al transporte.	291
Tabla 112. Puntuación de la evolución del índice de motorización.....	291
Tabla 113. Puntuación de la evolución del % de uso del vehículo privado.	291
Tabla 114. Resultados para el criterio emisiones CO ₂	291
Tabla 115. Distribución de los desplazamientos por modos de transporte en Donostia-San Sebastián (Fuente: Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).	291
Tabla 116. Puntuación para el criterio reparto modal.	292
Tabla 117. Resultados para el criterio reparto modal.	292
Tabla 118. Nombres y abreviaturas de las 17 subzonas propuestas para Donostia-San Sebastián.	293
Tabla 119. Matriz de resultados para el indicador oferta/demanda peatones.	293
Tabla 120. Resultados para el indicador oferta/demanda peatones.	294
Tabla 121. Matriz de resultados para el indicador oferta/demanda bicicletas.	294
Tabla 122. Resultados para el indicador oferta/demanda bicicletas.	295
Tabla 123. Existencia o no de aparcamiento disuasorio en las entradas de la ciudad.	295
Tabla 124. Existencia o no de plataforma para el coche compartido.....	296

Tabla 125. Puntuación obtenida para el indicador oferta/demanda otros..	296
Tabla 126. Resultados para el indicador oferta/demanda otros.	296
Tabla 127. Resultados para el criterio modos no motorizados y más sostenibles.....	297
Tabla 128. Resultados para el requerimiento medio ambiental.	297
Tabla 129. Resultados para el crecimiento del transporte.....	298
Tabla 130. Resultados para el criterio del crecimiento del transporte.	298
Tabla 131. Puntuación para el indicador consumo energético.....	299
Tabla 132. Puntuación para el indicador intensidad energética.	299
Tabla 133. Resultados para el criterio del consumo energético del transporte.....	299
Tabla 134. Puntuación por subzonas para los costes del transporte urbano.....	300
Tabla 135. Resultados para el criterio costes del transporte urbano.	300
Tabla 136. Resultados para el requerimiento económico.	301
Tabla 137. Evolución accidentes (Fuente: Ayuntamiento de Donostia-San Sebastian).	301
Tabla 138. Puntuación accidentes.	301
Tabla 139. Resultados para el criterio seguridad.	302
Tabla 140. Puntuación para el ruido.	302
Tabla 141. Resultados para el indicador rango máximo de ruido.....	303

Tabla 142. Puntuación para el porcentaje de población afectada por el ruido.	303
Tabla 143. Resultados para el indicador porcentaje de población afectada por el ruido.	303
Tabla 144. Resultados para el criterio ruido.	303
Tabla 145. Matriz de tiempos de viaje en vehículo privado.	304
Tabla 146. Matriz de tiempos de viaje en TP.....	305
Tabla 147. Matriz de comparación de tiempos viaje en TP y vehículo privado.	305
Tabla 148. Valor medio de la relación de tiempos de viaje en TP y vehículo privado.	306
Tabla 149. Resultados para el indicador relación de tiempos de viaje en TP y vehículo privado.	306
Tabla 150. Matriz de número de trasbordos entre subzonas en TP.....	307
Tabla 151. Resultados para el indicador tiempos trasbordos del TP.	308
Tabla 152. Matriz de frecuencias del TP entre subzonas.	308
Tabla 153. Valor medio de las frecuencias del TP en cada subzona y su puntuación.	309
Tabla 154. Resultados para el indicador frecuencias del TP.....	309
Tabla 155. Resultados para el criterio confortabilidad del transporte público.....	310
Tabla 156. Franjas horarias para transporte de bicicletas en TP.....	311

Tabla 157. Características más importantes de los autobuses que operan en las líneas de TP.	311
Tabla 158. Puntos para el criterio de accesibilidad del TP.	312
Tabla 159. Resultados para el criterio de accesibilidad del TP.	312
Tabla 160. Resultados para el requerimiento social.	312
Tabla 161. Puntos para el indicador modelo urbano.	313
Tabla 162. Resultados para el criterio de modelo urbano.	313
Tabla 163. Evolución de la superficie destinada a infraestructuras del transporte y telecomunicaciones.	314
Tabla 164. Evolución de la superficie destinada a carreteras.	314
Tabla 165. Puntuación para el criterio características de la red de transporte.	315
Tabla 166. Resultados para el criterio características de la red de transporte.	316
Tabla 167. Resultados para el requerimiento modelo urbano.	316
Tabla 168. Puntuación para el criterio tasa de motorización.	317
Tabla 169. Resultados para el criterio características de la red de transporte.	318
Tabla 170. Puntuación para la evolución de las matriculaciones por tramos de CO ₂ emitidos.	318
Tabla 171. Puntuación para la evolución de los tipos de vehículo.	319
Tabla 172. Resultados para el criterio tipo de vehículo.	319

Tabla 173. Resultados para el requerimiento características del parque automovilístico.....	319
Tabla 174. Puntuación para las actuaciones de control.....	320
Tabla 175. Resultados para el criterio oferta del transporte de mercancías.....	320
Tabla 176. Actividad comercial por subzona.....	321
Tabla 177. Puntuación para la actividad comercial.	322
Tabla 178. Resultados para el criterio demanda del transporte de mercancías.....	322
Tabla 179. Puntuación para la eficiencia del reparto de mercancías.	323
Tabla 180. Resultados para el criterio eficiencia del transporte de mercancías.....	323
Tabla 181. Resultados para el requerimiento reparto de mercancías.....	323
Tabla 182. Resultados para el índice de sostenibilidad del transporte urbano en Donostia SanSebastián.....	324
Tabla 183. Distribución de los desplazamientos por modos de transporte en Donostia-San Sebastián (Fuente: Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).	328
Tabla 184. puntuación obtenida para el criterio 3.....	329
Tabla 185. Resultados para el criterio reparto modal en Alza.	329
Tabla 186. Fila correspondiente a Alza de la matriz construida para Donostia.....	329
Tabla 187. Resultados para el indicador oferta/demanda peatones en Alza.	329
Tabla 188. Fila correspondiente a Alza de la matriz construida para Donostia.....	330

Tabla 189. Resultados para el indicador oferta/demanda bicicletas en Alza.	330
Tabla 190. Resultados para el criterio modos no motorizados y más sostenibles.....	330
Tabla 191. Resultados para el requerimiento medioambiental para el barrio de Alza.	331
Tabla 192. Puntuación costes del transporte urbano en Alza.....	332
Tabla 193. Resultados para el indicador costes del transporte urbano en Alza.	332
Tabla 194. Resultados para el requerimiento medioambiental para el barrio de Alza.	332
Tabla 195. Resultados para el indicador niveles de ruido debidos al tráfico en Alza.	333
Tabla 196. Puntuación para el porcentaje de población afectada por el ruido.....	333
Tabla 197. Resultados para el indicador porcentaje de población afectada por el ruido.	334
Tabla 198. Resultados para el criterio ruido.	334
Tabla 199. Puntuación para la relación de los tiempos de viaje del TP en Alza.....	334
Tabla 200. Resultados para el indicador la relación de los tiempos de viaje del TP en Alza.....	335
Tabla 201. Resultados para el indicador de trasbordos del TP en Alza.....	335
Tabla 202. Resultados para el indicador de trasbordos del TP en Alza.....	335

Tabla 203. Resultados para el criterio confortabilidad del transporte público en Alza.	336
Tabla 204. Resultados para el requerimiento social en Alza.	336
Tabla 205. Puntuación para la oferta de la distribución de mercancías en Alza.....	337
Tabla 206. Resultados para la oferta de la distribución de mercancías en Alza.	338
Tabla 207. Resultados para la demanda de la distribución de mercancías en Alza. ...	338
Tabla 208. Resultados para el requerimiento reparto de mercancías en Alza.....	339
Tabla 209. Resultados de la sostenibilidad del transporte urbano den el barrio de alza de Donostia-San Sebastián.....	339
Tabla 210. Distribución de los desplazamientos por modos de transporte en Donostia- San Sebastián (Fuente: Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).	343
Tabla 211. puntuación obtenida para el criterio 3.....	344
Tabla 212. puntuación y normalización obtenida para el criterio 3.....	344
Tabla 213. Fila y columna correspondiente al barrio de Zubieta en la matriz global.	344
Tabla 214. puntuación y normalización obtenida para el parámetro oferta/demanda peatones del criterio 4 para el barrio de zubieta.....	345
Tabla 215. Fila y columna correspondiente al barrio de Zubieta en la matriz global.	345
Tabla 216. puntuación y normalización obtenida para el parámetro oferta/demanda bicicletas del criterio 4 para el barrio de Zubieta.....	345

Tabla 217. Resultados para el criterio modos no motorizados y más sostenibles en Zubieta.	346
Tabla 218. Resultados para el requerimiento medioambiental en Zubieta.	346
Tabla 219. puntuación obtenida para el criterio 3.	347
Tabla 220. puntuación y normalización obtenida para el criterio 3.	347
Tabla 221. Resultados para el requerimiento económico en Zubieta.	348
Tabla 222. puntuación obtenida para el parámetro niveles de ruido debido al tráfico.	348
Tabla 223. puntuación y normalización obtenida para el parámetro niveles de ruido debido al tráfico.	349
Tabla 224. puntuación obtenida para el parámetro porcentaje de población afectada por el ruido nocturno debido al tráfico.	349
Tabla 225. Puntuación y normalización obtenida para los niveles de ruido debido al tráfico.	349
Tabla 226. Resultados para el criterio de ruido en Zubieta.	349
Tabla 227. puntuación obtenida para el parámetro tiempos de viaje en TP.	350
Tabla 228. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro tiempos de viaje en TP.	350
Tabla 229. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro trasbordos en TP.	350

Tabla 230. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro trasbordos en TP.	350
Tabla 231. Resultados para el criterio de ruido en Zubieta.....	351
Tabla 232. Resultados para requerimiento social en Zubieta.....	351
Tabla 233. Resultados para requerimiento modelo urbano en Zubieta.....	352
Tabla 234. Resultados para requerimiento características del parque automovilístico en Zubieta.....	353
Tabla 235. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro oferta en la distribución urbana de mercancías.....	353
Tabla 236. Puntuación el parámetro demanda en la distribución urbana de mercancías.	354
Tabla 237. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro demanda en la distribución urbana de mercancías.....	354
Tabla 238. Puntuación el parámetro eficiencia en la distribución urbana de mercancías.....	354
Tabla 239. Resultados para el criterio de ruido en Zubieta.....	355
Tabla 240. Resultados para requerimiento reparto de mercancías en Zubieta.....	355
Tabla 241. Resultados para el índice de sostenibilidad del transporte urbano en Zubieta.....	356
Tabla 242. Resultados globales y locales para el requerimiento medioambiental.....	358
Tabla 243. Resultados globales y locales para el requerimiento económico.....	360

Tabla 244. Resultados globales y locales para el requerimiento social.	361
Tabla 245. Resultados globales y locales para el requerimiento modelo urbano.....	362
Tabla 246. Resultados globales y locales para el requerimiento características del parque automovilístico.....	363
Tabla 247. Resultados globales y locales para el requerimiento reparto de mercancías.	363
Tabla 248. Resultados globales y locales para cada requerimiento y del índice total.	364

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

A partir de 1970 la Comunidad Europea y otra serie de instituciones y organismos supranacionales, comienzan a mostrar una clara preocupación por los problemas medioambientales, la cohesión económica y social, y el desarrollo regional, porque empezaban a constituir una amenaza para la sociedad.

La necesidad de detener el avance de los procesos de degradación del entorno, sometido cada día a mayores y múltiples presiones, ha llevado en los últimos años a las instituciones internacionales y a los países más desarrollados a resaltar el papel de las múltiples relaciones entre el Medio Ambiente y las distintas políticas sectoriales e intersectoriales, entre las que destaca el transporte.

El resultado de este planteamiento no ha podido ser otro que la actual consideración del Medio Ambiente como factor clave para el desarrollo sostenible y su proyección como política horizontal, transversal o intersectorial. Así, es nota característica de la

época actual la creciente introducción de parámetros ambientales en todos los ámbitos de la actividad social y económica, lo que obliga a la integración de la dimensión medioambiental en las múltiples y diferentes políticas horizontales y sectoriales, ya sean competencia del propio Ministerio de Medio Ambiente como de otros Departamentos o Administraciones Públicas.

Debido a esta preocupación, durante la década de los 80, tanto en la Comunidad Europea como en distintos foros y conferencias internacionales se desarrollaron distintas actuaciones. Podría afirmarse que el Informe Brundtland [1], señala el comienzo de una nueva era en la que el respeto al medio ambiente, la utilización racional de los recursos y la calidad de vida constituyen -o debían constituir- el marco de referencia de las políticas económicas y sectoriales de los países. En dicho informe se define por primera vez el concepto de “desarrollo sostenible” que significa hacer compatibles el crecimiento económico con la cohesión social y la protección del medio ambiente, con la finalidad de no comprometer la supervivencia de los ecosistemas y de las generaciones futuras y permitir el acceso global a una digna calidad de vida.

Dentro del proceso del desarrollo sostenible, el transporte es uno de los sectores claves, ya que los efectos externos negativos que ocasiona y los costes que estos representan para la sociedad pueden comprometer no solo el futuro de los países o regiones sino incluso el de todo el planeta.

1.2 OBJETIVOS DE LA TESIS DOCTORAL

El objetivo de la presente Tesis Doctoral es desarrollar un modelo de análisis y una metodología de evaluación que permitan conocer el comportamiento medioambiental del sistema de transporte de un determinado entorno urbano.

El modelo y la metodología se integrarán en una herramienta capaz de proporcionar un índice de valor, entendido como una forma de medir la incidencia en el medio ambiente del sistema de transporte urbano considerado, ayudando de forma directa a las administraciones involucradas (ayuntamientos, diputaciones, etc.), en el proceso de toma de decisiones. El proceso de valoración se llevará a cabo en el ámbito medioambiental de la planificación y gestión del sistema de transporte urbano, identificando todos los posibles ámbitos de decisión de la planificación.

El sistema propuesto permitirá a las figuras anteriores establecer mecanismos de valoración que optimicen las opciones de planificación de menor impacto medioambiental para el sistema de transporte urbano.

La consecución de este objetivo implica el desarrollo de otros aspectos que se enumeran a continuación:

- i. Identificar los aspectos sostenibles propios del sistema de transporte de un entorno urbano bajo el punto de vista medioambiental. Estos aspectos diferenciadores se recogen y analizan bajo el punto de vista sostenible, desprendiéndose los criterios necesarios a considerar para la evaluación del transporte urbano.
- ii. Definir y analizar los criterios sostenibles propios para el transporte urbano y cada uno de ellos se articulará a través de un conjunto de indicadores.
- iii. Elaborar un conjunto de indicadores apropiados a la caracterización ambiental del transporte urbano, así como la adopción de los valores de referencia y escalas necesarias en la cuantificación numérica de cada indicador.
- iv. Aportar una metodología matemática adecuada que combine aspectos cualitativos del sistema de transporte con valores cuantitativos de cuantificación, permitiendo integrar ambos conceptos en un índice de valor sostenible único para el mismo.

- v. Aplicar la metodología a un caso en estudio para contrastar la sensibilidad de la metodología desarrollada y de los indicadores de sostenibilidad medioambiental definidos.

El problema que trata de resolver el presente trabajo de investigación, es el desarrollo de una herramienta para la evaluación de la sostenibilidad del sistema de transporte de un entorno urbano de manera integral. Es decir, se pretende evaluar la sostenibilidad teniendo en cuenta los diferentes aspectos con los que está relacionado el transporte: las emisiones, el ruido, la congestión, los accidentes, etc.

En primer lugar, se lleva a cabo un análisis del sistema de transporte urbano y de los aspectos con los que está relacionado, identificando para cada uno de ellos los requisitos que se le exigen.

Seguidamente, con la intención de distinguir las características propias del transporte urbano bajo el punto de vista sostenible, se realizará un estudio de los diferentes “ámbitos de estudio” que contemplará la evaluación medioambiental del transporte urbano. Esto permitirá establecer un modelo integrado de evaluación, basado en la valoración sostenible de los criterios e indicadores definidos, y en la aplicación de herramientas matemáticas para la fijación de prioridades, necesarias en todo proceso de toma de decisiones.

Por último, se considera conveniente la aplicación de la herramienta desarrollada a un caso de estudio. Los resultados obtenidos serán sometidos a un proceso de análisis que tendrá como resultado la exposición de conclusiones respecto a las capacidades de la herramienta, los límites de la misma y a sus posibles mejoras.

1.3 METODOLOGÍA

El desarrollo del presente trabajo de investigación abarca una serie de etapas que componen la estructura de la tesis y que se presentan a continuación.

Como punto de partida se realiza una revisión de los aspectos con los que está relacionado el transporte y los efectos negativos que ha conllevado su crecimiento continuado por encima de PIB de cada país. A continuación, se hace un repaso a nivel mundial o global de los distintos informes, cumbres, acciones, etc., que han hecho que los distintos gobiernos tomen conciencia de la necesidad de introducir la defensa del medio ambiente en las políticas intersectoriales creando el concepto de sostenibilidad. De esta forma, se resume el proceso que se ha seguido primero a nivel comunitario y luego a nivel autonómico para definir el problema de las sostenibilidad del transporte y luego afrontarlo con distintas soluciones.

En segundo lugar se analiza el concepto de “sistema de transporte urbano” y se asume que la sostenibilidad del mismo está relacionada con distintos factores como la energía, el uso del suelo o el reparto modal, etc. y que deben de ser tomados en cuenta a la hora de evaluar la sostenibilidad del mismo, ya que el objetivo es la realización del estudio de sostenibilidad del transporte urbano de manera integrada, teniendo en cuenta las características del entorno urbano al que pertenece, así como los requerimientos básicos exigibles a todo sistema de transporte urbano.

En tercer lugar, se estudia cuales son las actuales técnicas de evaluación de la sostenibilidad, que se encuentran en diferentes herramientas y metodologías surgidas en los últimos años y que se plantean en el estudio de sistemas de transporte urbano de distintos lugares. Se definen las ventajas e inconvenientes que presentan, de cara a buscar aquella que sea más adecuada para realizar el proceso de evaluación de la sostenibilidad del transporte urbano teniendo en cuenta todos los requisitos que se le exigen desde el punto de vista de la sostenibilidad.

En cuarto lugar, partiendo del concepto de sistema de transporte urbano, se define el índice de la sostenibilidad del transporte urbano desde diferentes ámbitos de estudio o requerimientos, que se definen como un conjunto de medidas aplicables, de acuerdo a una serie de objetivos marcados, bajo el punto de vista de la sostenibilidad.

Una vez establecidos los requerimientos, el siguiente paso, trata de definir un modelo integrado de evaluación, basado en la valoración de un conjunto de criterios e indicadores, que se encuentran ligados a los requerimientos. Hay que tener en cuenta el elevado número de elementos de evaluación que se pueden obtener, con lo cual, se debe de establecer una metodología de corte que permita seleccionar aquellos que presenten una mayor importancia respecto al resto. Todo este conjunto de elementos de evaluación y requerimientos tienen que estar integrados dentro de una aplicación matemática, que permita establecer una serie de prioridades entre todo el conjunto de elementos (requerimientos, criterios e indicadores), para obtener el “índice de sostenibilidad del transporte urbano”. Se establece así una estructura jerárquica que permite obtener un valor asociado a cada sistema de transporte, frente al conjunto de aspectos asociados a la sostenibilidad, que se han definido.

Por último, se plantea la aplicación de la metodología o herramienta desarrollada a un caso de estudio, considerando para ello un determinado entorno urbano. Los resultados obtenidos, serán sometidos a un proceso de análisis, que tendrá como resultado la exposición de unas conclusiones respecto a las capacidades de la herramienta y al ámbito de aplicación más conveniente para la misma.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 MEDIO AMBIENTE Y TRANSPORTE

Si se parte del hecho de que el transporte, es un sector que está al servicio de los restantes sectores económicos, permitiendo aproximar los centros de producción y consumo, responder a las exigencias de movilidad de los ciudadanos y dotar de accesibilidad al territorio, no es extraño, que exista una estrecha correlación entre el desarrollo económico de un país o región y el transporte. Todo esto conduce a que el crecimiento de la economía ha ido acompañado por un crecimiento similar, incluso superior, del transporte, puesto que la política de infraestructuras seguida como instrumento de impulsión de la economía, ha permitido la mejora de la productividad del sector privado y el aumento de la competencia del sector empresarial. Este hecho se ha mantenido hasta la entrada de la crisis económica en el año 2007.

Tal y como puede observarse en la Figura 1 y Tabla 1, en el año 2014 se transportaron 1.183 millones de toneladas y se efectuaron 411 mil millones viajeros–km de movilidad interior. Esto representa respectivamente un descenso del -2%

respecto a 2013 para el transporte de viajeros (sin tener en cuenta el transporte urbano y metropolitano) y un incremento del +5% para el transporte de mercancías. Con respecto a 2007 el transporte de mercancías es el que más sufre el impacto de la crisis, siendo su nivel actual alrededor de la mitad sde el que había en el año 2007, mientras el transporte de viajeros es actualmente un 11% inferior que en 2007 [2].

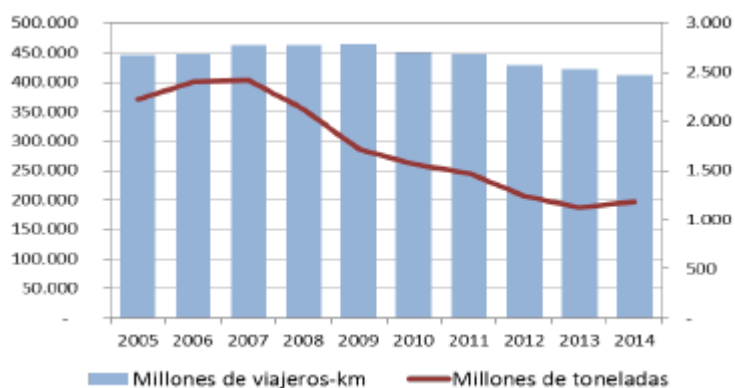


Figura 1. Evolución de los tráficos de pasajeros y mercancías (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística, Ministerio de Fomento).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Var. 2014/ 2013	Var. 2014/ 2007
Viaj.-km	461.957	462.294	465.907	449.134	445.981	427.708	420.729	411.412	2%	11%
Ton.	2.421	2.125	1.712	1.564	1.466	1.237	1.122	1.183	5%	-51%

Tabla 1. Evolución de los tráficos de pasajeros y mercancías (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística del ministerio de Fomento).

De los datos descritos cabe extraer cuatro conclusiones destacadas:

- i. La movilidad en su conjunto ha reaccionado durante el periodo de crisis económica con una caída de mayor intensidad que el PIB (y el VAB del “Transporte y Almacenamiento”). También en la fase alcista había crecido con más intensidad que el PIB. Esta mayor reacción es particularmente intensa en el caso del transporte de mercancías.

- ii. Esta mayor intensidad de la caída de la movilidad implica que la intensidad de movilidad de la economía española se ha reducido en los últimos años, principalmente en el segmento de las mercancías. Queda por confirmar qué parte de este desacoplamiento es estructural (es decir, que no revierta cuando el crecimiento del PIB reciente se consolide).
- iii. Sin embargo, parece que actualmente una parte del desacoplamiento se debe a factores estructurales, de modo que se puede mantener en el largo plazo, especialmente teniendo en cuenta que una parte muy importante del crecimiento y decrecimiento del transporte de mercancías por carretera se debió a la movilidad asociada al “boom” inmobiliario.
- iv. El desacoplamiento de los años recientes hace que la intensidad en movilidad de mercancías en España esté más próxima a los estándares medios de los principales países europeos.

En la Tabla 2 se recoge la evolución del transporte de viajeros desde 2007 por modos [2]:

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Carretera (DGC)	405.083	405.386	410.192	395.332	391.711	377.544	372.312	361.262
Ferrovioario (CFE)	21.640	23.738	23.357	22.651	23.139	22.766	24.089	25.368
Aéreo (AENA + SENASA)	34.428	32.412	29.654	30.449	30.409	26.677	23.536	23.894
Marítimo (Puertos del Estados + DGMM y CEDEX)	806	757	705	703	722	721	792	888

Tabla 2. Evolución del transporte interior total de viajeros (mill.viajeros-km) por modos en el periodo 2007-2014 (Fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística, Ministerio de Fomento).

En el siguiente gráfico de la Figura 2, se muestra la evolución desde el año 2007 de cada uno de los modos en el transporte interior de viajeros y para el conjunto de modos [2]. Se observa que, al suponer el transporte de viajeros por carretera más del

90% de la movilidad interior de viajeros, dicha movilidad evoluciona de forma casi igual a la de este modo.

En cuanto al resto de los modos destaca el crecimiento del transporte ferroviario, el descenso del transporte aéreo producido entre 2011 y 2013 y su ligero aumento en 2014.

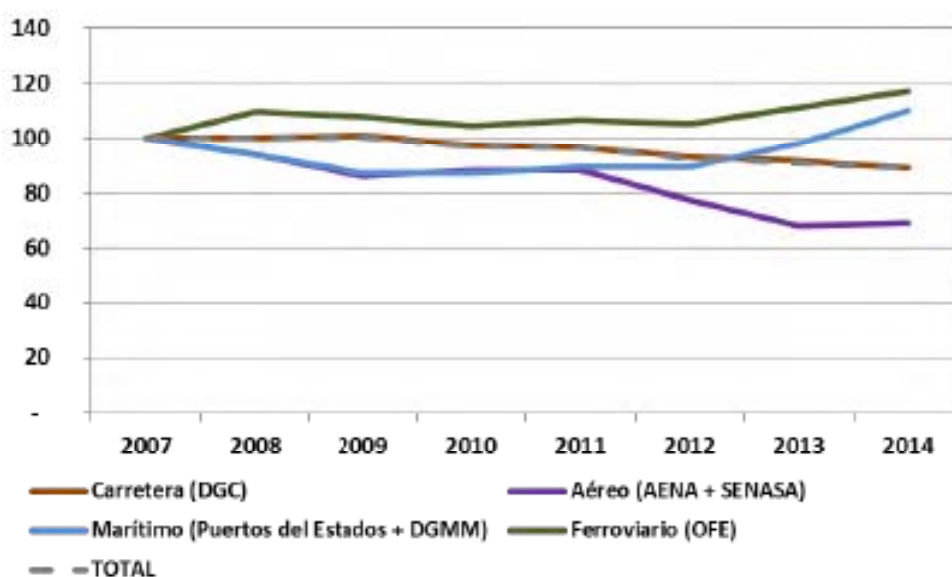


Figura 2. Evolución del transporte interior de viajeros (viajeros-km) por modos en el periodo 2007-2014 (2007=100) (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística, Ministerio de Fomento).

En cuanto a la evolución por modos del transporte de mercancías (en miles de toneladas), la Tabla 3 recoge las mercancías transportadas desde el año 2007.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Carretera (EPTMC)	2.344.763	2.053.393	1.651.693	1.502.375	1.401.429	1.173.985	1.059.671	1.116.810
Ferroviario (OFE)	26.859	24.748	19.111	18.622	20.850	21.542	20.974	23.908
Aéreo (AENA)	102	95	78	74	70	61	58	62
Marítimo (Puertos)	49.597	46.535	40.773	42.529	43.509	41.826	41.072	41.994

Tabla 3. Evolución del transporte interior total de mercancías (miles de toneladas) por modos en el periodo 2007-2014 (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística del ministerio de Fomento).

En el siguiente gráfico de la Figura 3 se muestra cómo ha evolucionado desde 2007 el transporte interior de mercancías en cada uno de los modos y en el conjunto de los modos [2]. Al igual que en el transporte de viajeros, la carretera es el modo predominante y la movilidad interior de mercancías evoluciona de forma casi igual a este modo. En cuanto al resto de los modos, destaca el relativo buen comportamiento de los modos marítimo y ferroviario, si bien en todos los modos se transportan menos mercancías que en 2007.

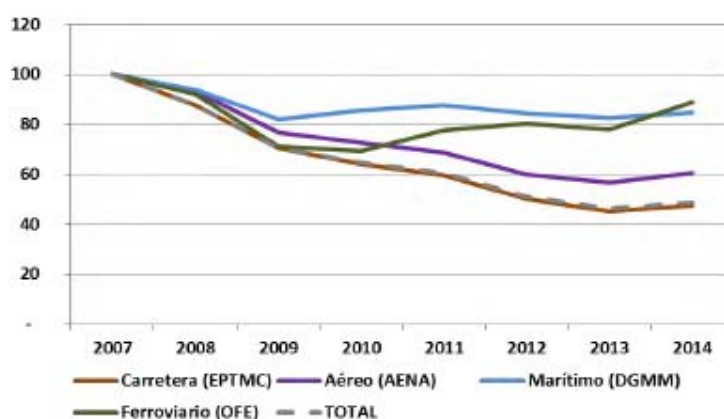


Figura 3. Evolución del transporte interior de mercancías (toneladas) por modos en el periodo 2007-2014 (2007=100) (fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística del ministerio de Fomento).

Este crecimiento sostenido del transporte a lo largo de los años ha dado lugar a que los efectos externos que ha provocado, y sigue provocando aunque se de una disminución del tráfico debido sobre todo a la actual coyuntura económica, hayan sobrepasado los límites admisibles, alterando el equilibrio ecológico y poniendo en peligro el progreso integral que la persona requiere y al que las generaciones futuras tienen derecho.

El incremento del volumen de transporte, contribuye al aumento de la degradación del medio ambiente debido, principalmente, a las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Entre sus efectos se pueden destacar la contribución al cambio climático, al deterioro de la calidad del aire, agua y suelo, la alteración del paisaje y los ecosistemas y los problemas sobre la salud (incluyendo las víctimas de los accidentes de tráfico). Hay que tener en cuenta que el transporte es un sector que consume una gran cantidad de recursos (energía, ocupación del territorio, combustibles fósiles y otros recursos no renovables, etc.), por lo que el estudio de su evolución y de los aspectos básicos relacionados con la integración del sector es fundamental para el seguimiento de los avances relacionados con la sostenibilidad del desarrollo.

Aunque la realidad ha puesto de manifiesto que el ritmo actual de crecimiento del transporte no puede seguir manteniéndose, sin embargo, la sociedad, en la medida en que va aumentando su nivel de vida, reclama cada vez más movilidad. Claramente lo apunta el Libro Blanco [3] sobre la política europea de transportes de cara al 2010 al señalar que “el transporte...se halla ante una contradicción permanente entre una sociedad que siempre solicita mayor movilidad y una opinión pública que soporta cada vez menos...el deterioro del medio ambiente”.

Ante este dilema, el problema a resolver consiste en encontrar fórmulas que permitan que, sin frenar el desarrollo económico ni limitar la movilidad, el transporte pueda ser sostenible [4]. Las dificultades son enormes, porque confluyen intereses muy diversos, en muchas ocasiones contrapuestos, tanto a nivel nacional y regional como

en el supranacional, y son muchos los sectores implicados con políticas también contrapuestas (sector de la energía, fabricantes de vehículos y material móvil, operadores de transporte, etc.).

2.1.1 Efectos negativos del transporte

Los principales efectos externos que ocasiona el transporte y que tienen una incidencia directa en la sostenibilidad del sistema son:

- i. La congestión de las infraestructuras y ciudades.
- ii. La emisión de gases contaminantes.
- iii. La emisión de gases de efecto invernadero.
- iv. El ruido.
- v. Los accidentes.
- vi. Otra serie de efectos, quizás de menor alcance, como pueden ser la contaminación del suelo y las aguas, la intrusión visual de las infraestructuras, la ocupación del suelo, las vibraciones de los vehículos, etc.

A continuación, se presentan algunos datos que solamente pretenden poner de manifiesto la importancia de estos efectos y tratan de justificar la no sostenibilidad del sector transporte.

2.1.1.1 La congestión de las infraestructuras y ciudades

La congestión, que constituye uno de los mayores problemas y amenazas, principalmente en las grandes ciudades, en sus accesos, en los aeropuertos y en el espacio aéreo, es consecuencia del fuerte aumento de la movilidad de personas y mercancías, del incremento que ha experimentado en los últimos años el parque de

vehículos privados, el trasvase del transporte por ferrocarril a la carretera y la insuficiencia de infraestructuras capaces de absorber los aumentos del tráfico.

En las Tabla 4 puede observarse la evolución del parque de vehículos español desde 1990 y en la Figura 4 la evolución por cada mil habitantes desde 1985[5].

Parque de vehículos por tipos								
Años	Camiones y furgonetas	Autobuses	Turismos	Motocicletas	Tractores industriales	Remolques y semirremolques	Otros vehículos ¹	Total
1990	2.332.928	45.767	11.995.640	1.073.457	68.157	.	180.766	15.696.715
1991	2.495.226	46.604	12.537.099	1.174.420	73.203	.	201.844	16.528.396
1992	2.649.596	47.180	13.102.285	1.251.879	76.595	.	219.668	17.347.203
1993	2.735.144	47.028	13.440.694	1.278.695	77.466	.	230.870	17.809.897
1994	2.825.747	47.088	13.733.794	1.287.850	80.003	.	244.442	18.218.924
1995	2.936.765	47.375	14.212.259	1.301.180	87.481	.	262.185	18.847.245
1996	3.057.347	48.405	14.753.809	1.308.208	94.557	.	279.778	19.542.104
1997	3.205.974	50.035	15.297.366	1.326.333	104.121	.	302.579	20.286.408
1998	3.393.446	51.805	16.050.057	1.361.155	116.305	.	333.725	21.306.493
1999	3.604.972	53.540	16.947.397	1.403.771	130.216	.	371.298	22.411.194
2000	3.780.221	54.732	17.449.235	1.445.644	142.955	243.314	168.114	23.284.215
2001	3.949.001	56.146	18.150.880	1.483.442	155.957	265.495	188.950	24.249.871
2002	4.091.875	56.953	18.732.632	1.517.208	167.014	287.220	212.830	25.065.732
2003	4.188.910	55.993	18.688.320	1.513.526	174.507	306.842	241.354	25.169.452
2004	4.418.039	56.957	19.541.918	1.612.082	185.379	330.933	267.333	26.432.641
2005	4.655.413	58.248	20.250.377	1.805.827	194.206	353.946	339.259	27.657.276
2006	4.910.257	60.385	21.052.559	2.058.022	204.094	380.147	388.597	29.054.061
2007	5.140.586	61.039	21.760.174	2.311.346	212.697	404.859	427.756	30.318.457
2008	5.192.219	62.196	22.145.364	2.500.819	213.366	418.629	436.631	30.969.224
2009	5.136.214	62.663	21.983.485	2.606.674	206.730	412.840	447.363	30.855.969
2010	5.103.980	62.445	22.147.455	2.707.482	199.486	414.673	450.514	31.086.035
2011	5.060.791	62.358	22.277.244	2.798.043	195.960	415.568	459.117	31.269.081
2012	4.984.722	61.127	22.247.528	2.852.297	186.964	410.369	460.196	31.203.203
2013	4.887.352	59.892	22.024.538	2.891.204	182.822	407.847	463.181	30.916.836
2014	4.839.484	59.799	22.029.512	2.972.165	186.060	413.155	475.872	30.976.047
2015	4.851.518	60.252	22.355.549	3.079.463	195.657	426.510	420.734	31.389.683

Tabla 4. Crecimiento del parque de vehículos (Fuente: “Anuario estadístico general 2015” de la Dirección General de tráfico del Ministerio del Interior).

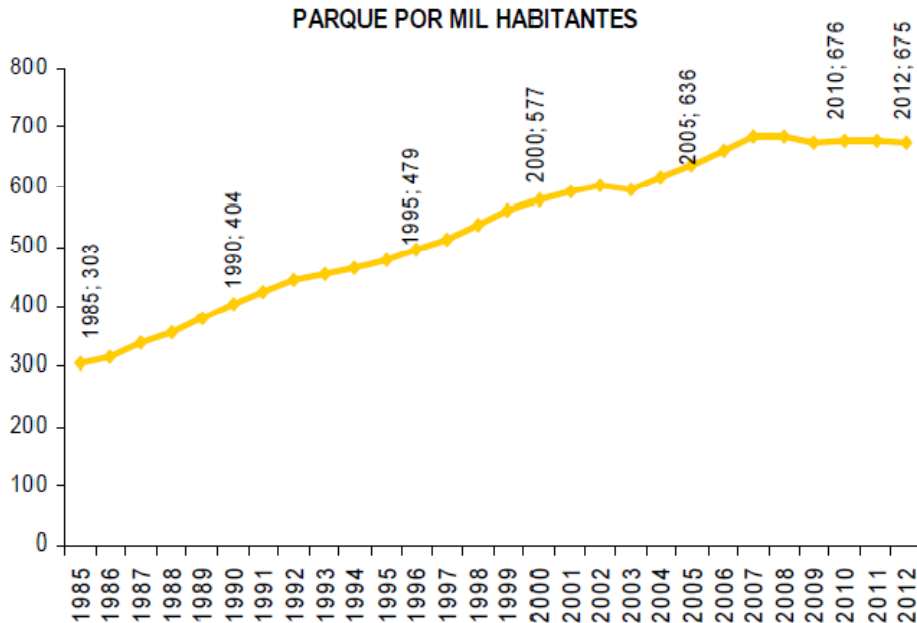


Figura 4. Crecimiento del parque por mil habitantes (Fuente: “Anuario estadístico general 2015” de la Dirección General de tráfico del Ministerio del Interior).

En lo que a transporte aéreo se refiere, En 2014 tuvieron lugar un total de 1.295.683 vuelos comerciales en los aeropuertos de la red de AENA, lo que representa un crecimiento del +3,4% con respecto al año anterior. De estos vuelos, una cuarta parte (320.696) fueron vuelos nacionales un 1,8% más que el año anterior; el resto (974.987) fueron vuelos internacionales, con un incremento del 3,4% respecto a 2013. Sin embargo, valorada la actividad por el número de asientos ofertados en esos vuelos, se produjo una reducción del -1,9%. La disminución de asientos en los vuelos nacionales fue del -0,3% y la reducción en los vuelos internacionales fue del -1,9%, en ambos casos con respecto a 2013, como puede comprobarse a continuación en la Tabla 5 [2].

Esta diferencia entre la tasa interanual del número de vuelos y la del número de asientos refleja una tendencia a un menor número de asientos de las aeronaves que

prestan los servicios (al contrario de lo que sucede si se comparan ambas tasas en relación al año 2005).

		2013	2014	Var. 2013-2014 (%)	Var. Desde 2005
Nacional	Asientos	41052391	40945712	0,3	-29,50%
	vuelos	315142	320696	-1,8	-36,40%
Internacional	Asientos	176418091	172487097	2,2	27,30%
	vuelos	937137	974987	-4,0	12,60%
Total	Asientos	217470482	213432809	1,9	10,30%
	vuelos	1252579	1295683	-3,4	-5,50%

Tabla 5. Tráfico aéreo (Núm. de vuelos y asientos ofertados) del transporte aéreo en los aeropuertos de AENA, por tipo de tráfico, 2013-2014 (Fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística del Ministerio de Fomento).

En la Figura 5 se muestran la evolución del tráfico aéreo (vuelos y asientos) diferenciando entre tráfico nacional, tráfico a destinos “Schengen”(área que comprende a 26 países europeos que han abolido los controles fronterizos en las fronteras comunes, también conocidas como fronteras internas) y resto de tráficos. Puede observarse que desde 2007 aproximadamente decrecen las operaciones y asientos en los destinos nacionales, si bien en 2014 la oferta nacional se estabiliza. Una parte de esta caída puede deberse al impacto de la crisis, pero también parece estar produciéndose un reposicionamiento del modo aéreo hacia distancias más largas [2].

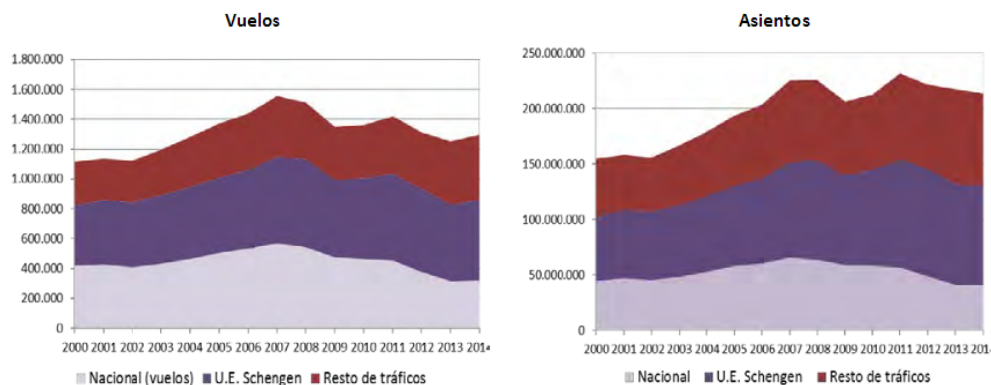


Figura 5. Tráfico aéreo Núm. de operaciones (vuelos) y asientos ofertados en los aeropuertos de la red AENA, 2000-2014 (Fuente: “Informe anual 2015” del Observatorio del transporte y de la logística, Ministerio de Fomento).

2.1.1.2 La emisión de gases contaminantes

Los vehículos de motor térmico clásico constituyen una de las principales fuentes de contaminación atmosférica, principalmente en los países más desarrollados y en los núcleos urbanos, donde se concentra más del 30% del tráfico. No obstante, las emisiones de gases contaminantes producidas por los vehículos de motor se están reduciendo de manera ostensible como consecuencia de las mejoras que se están introduciendo en los vehículos y en los combustibles.

Entre las emisiones asociadas a la actividad del transporte cabe destacar las siguientes:

- i. Los clorofluorocarbonos (CFC) que contribuyen a la destrucción de la capa de ozono.
- ii. El óxido de azufre y los nitratos (SO_2 y NO_x) que son causa de la lluvia ácida que afecta especialmente a la flora, fauna y bosques, se observa principalmente en los bosques del norte de Europa.

- iii. Y el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos (HC), los compuestos orgánicos volátiles (COV), el plomo (Pb), el ozono (O₂), los nitratos (NO_x) y las partículas en suspensión, todas ellas perjudiciales para la salud humana al ser productoras de enfermedades respiratorias, alergias, asma, cáncer, etc. y que afectan principalmente a las ciudades.

Se establecen los valores límite para las concentraciones atmosféricas de los principales contaminantes [6], como el dióxido de azufre (SO₂), nitrógeno dióxido (NO₂), partículas de plomo en el aire (PM₁₀, PM_{2,5}), monóxido de carbono (CO), el benceno, y ozono (O₃) para los Estados miembros de la UE. Estos límites están implícitamente relacionados con el transporte, pero mediante la introducción de estrictas normas de limitación de emisiones y normas de calidad del combustible, se ha llegado a sustanciales reducciones en las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Las políticas dirigidas a reducir el consumo de combustible en el sector del transporte para reducir las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) también han podido ayudar a reducir aún más las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

En la Figura 6 puede observarse la evolución de las emisiones de gases contaminantes debidas al transporte entre 1990 y 2012 [7].

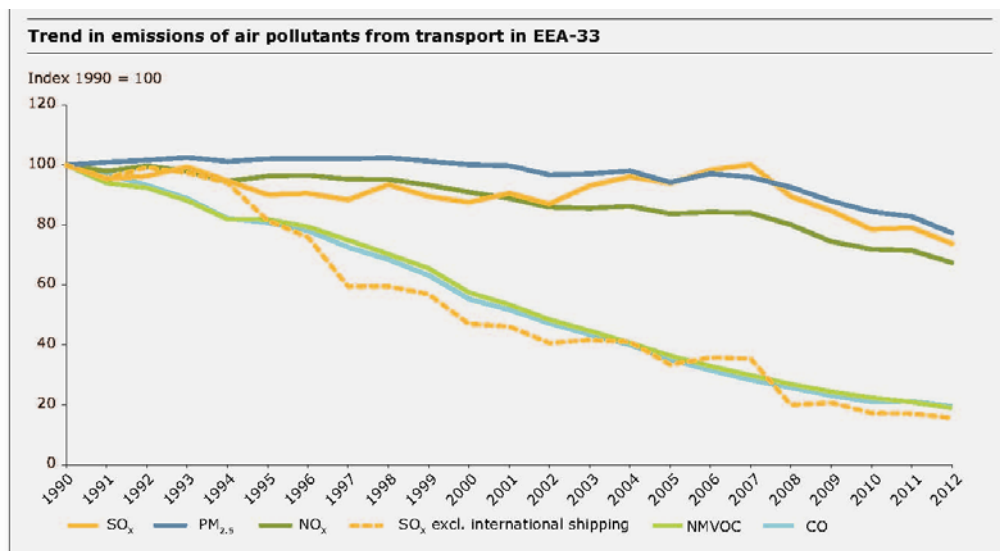


Figura 6. Tendencia de las emisiones de gases contaminantes debidas al transporte (Fuente: European Environment Agency “A closer look at urban transport- TERM 2013: Transport Indicators Tracking Progress Towards Environmental Targets in Europe”).

La tendencia general de descensos en emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes del transporte parece haberse estabilizado entre 2010 y 2011 (en el caso de SO_x se ha incrementado en un 2,3%, impulsado por un aumento del 6,3% en la aviación internacional y más de un 2% de aumento del envío nacional e internacional). Sólo los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVNM) se redujeron en torno al 4%. Sin embargo, viendo la tendencia de las dos últimas décadas, las emisiones de todos los contaminantes atmosféricos debidos al transporte han disminuido significativamente. Los mayores descensos porcentuales han sido por CO y COVNM. Sin embargo, los aumentos en la actividad desde 1990 han compensado las reducciones en otras partículas, en particular para SO_x, y también para los NO_x y PM.

Observando las mediciones obtenidas en las estaciones cercanas al tráfico, la disminución en las emisiones de NO_x (29%) entre 2002 y 2011 es considerablemente

mayor que la caída de la media anual de concentración de NO_2 (aprox. 8%). Esto se atribuye principalmente al aumento en NO_2 emitido directamente a la atmósfera por los vehículos diesel y por el creciente número de vehículos diesel en algunas ciudades de Europa. Como resultado se obtiene que el 5% de la población urbana de la UE vive en zonas donde el valor límite para el NO_2 de la UE y de las Guías de Calidad del Aire de la OMS han sido superadas.

El transporte por carretera está detrás de los problemas más preocupantes sobre la calidad del aire en las ciudades. En la Figura 7 y Figura 8 se observan el porcentaje de población urbana de la UE expuesta a contaminación atmosférica que excede las normas de calidad del aire de la UE y las directrices de calidad de aire de la OMS [8].

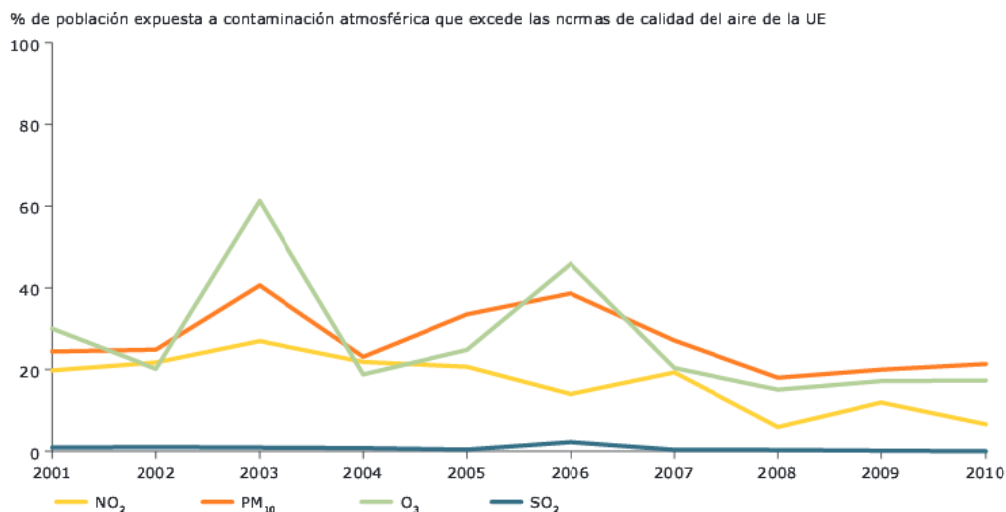


Figura 7. Porcentaje de población urbana de la UE expuesta a contaminación atmosférica que excede las normas de calidad del aire de la UE (Fuente: “La calidad del aire en Europa - Informe 2012” de la Agencia Europea de Medio Ambiente).

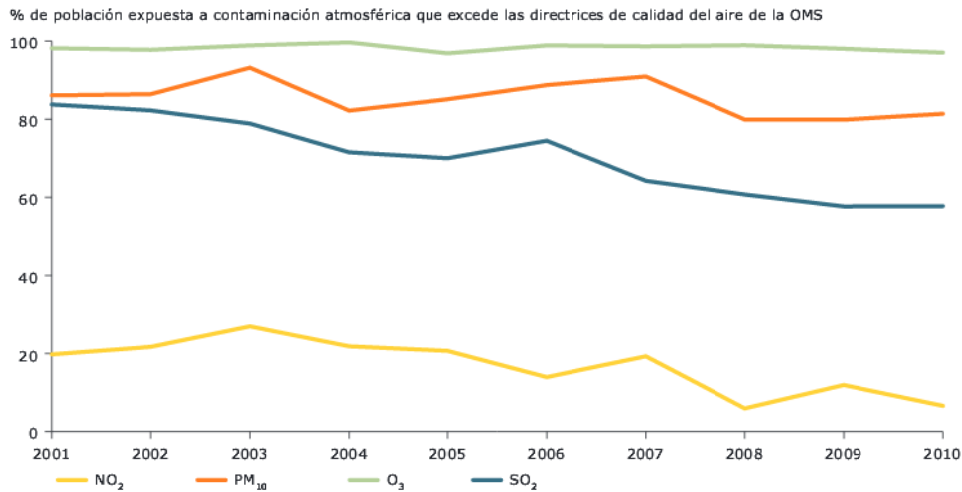


Figura 8. Porcentaje de población urbana de la UE expuesta a contaminación atmosférica que excede las normas de calidad del aire de la OMS (Fuente: “La calidad del aire en Europa - Informe 2012” de la Agencia Europea de Medio Ambiente).

2.1.1.3 La emisión de gases de efecto invernadero (GEI): CO₂

Los principales responsables del cambio climático son los llamados gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y NO₂). Entre ellos, el mayor causante del mismo es, sin lugar a dudas, el dióxido de carbono, proveniente principalmente de la combustión del petróleo, que contribuye con el 80%.

El CO₂ procede directamente de la combustión de los combustibles fósiles y el transporte depende en más del 98% del petróleo del que, por consiguiente es cautivo. Por otra parte, la estrecha correlación que existe entre transporte y desarrollo hace que, asimismo, exista una estrecha correlación entre el consumo de petróleo y el desarrollo, con lo que si se quiere limitar las emisiones es necesario, como aprobó el Consejo Europeo de Gotemburgo [9], disociar el crecimiento del transporte del crecimiento económico, sin frenar este último. En la Figura 9 pueden observarse las emisiones de gases de efecto invernadero debidas al transporte [8].

La Figura 10 representa una visión general del progreso hacia las metas del transporte propuestas en el libro blanco [4], que muestran que en Europa el transporte está mejorando su rendimiento ambiental. Los últimos datos revelan que los valores obtenidos, son mejores que la “ruta de objetivos” impuesta para las emisiones de GEI globales, la reducción del consumo de petróleo y las emisiones medias de CO₂ de los turismos nuevos.

Las emisiones de GEI globales, incluyendo la aviación pero excluyendo el transporte marítimo, se han reducido sólo ligeramente (un 0,6%) en 2011. La reducción ha sido limitada en parte por la aviación internacional ya que las emisiones en este campo aumentaron un 2,6%. Esta ligera reducción continúa la tendencia observada en el informe del año anterior aunque que el progreso es coherente con los objetivos marcados, las emisiones en 2011 estaban aún un 25% por encima de los niveles de 1990 [10].

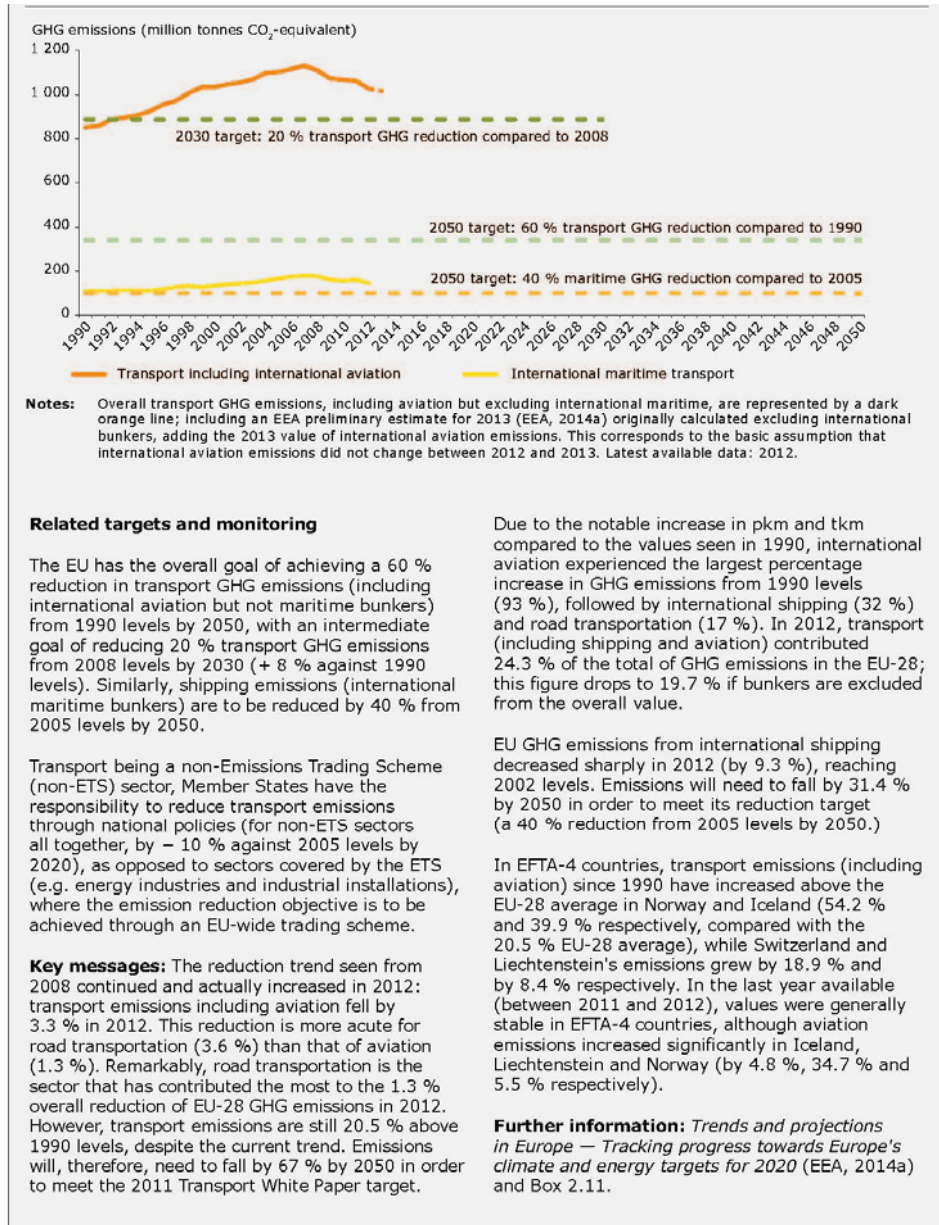


Figura 9. Emisiones de GEI debidas al transporte en EU- 28 (Fuente: “La calidad del aire en Europa - Informe 2012” de la Agencia Europea de Medio Ambiente).

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE SOSTENIBLE A TRAVÉS DEL PLANEAMIENTO DE ENTORNOS URBANOS

Source	Target	Unit	Where we were		Where we want to be		Where we are (current trends vs. target path)				Latest annual trend			
			Year	Value	Year	Value	2010	2011	2012	2013				
European Commission's 2011 Transport White Paper (EC, 2011a)	Transport GHG (including international aviation, excluding international maritime shipping)	Mt CO ₂	2008	1 117	2030	918 (-20%)	1 069	1 110	1 063	1 112	1 028	1 114	n.a.	
			1990	852	2050	334 (-60%)								
European Commission's 2011 Transport White Paper (EC, 2011a)	EU CO ₂ emissions of maritime bunker fuels	Mt CO ₂	2005	166	2050	99.8 (-40%)	159	158	161	156	146	155	n.a.	
Passenger car CO ₂ EC Regulation 443/2009	Target average type-approval emissions for new passenger cars (*)	g CO ₂ /km	2010	140	2015	130.0	140	138	136	136	132	134	127	-3.9%
			2020	95.0										
Van CO ₂ EC Regulation 510/2011	Target average type-approval emissions for new vans (*)	g CO ₂ /km	2012	180	2017	175	n.a.	n.a.	n.a.	180	180	179	173	-3.8%
			2020	147										
Impact assessment accompanying document to the 2011 Transport White Paper	Reduction of transport oil consumption	million TJ	2008	17.3	2050	5.2 (-70%)	16.8	16.4	16.5	16.3	16.2	15.6	15.9	-1.7%
Renewable Energy Directive 2009/28/EC	10 % share of renewable energy in the transport sector final energy consumption for each Member State (here EU-28 average as a proxy) (*)	%	2010	4.81 %	2020	10.00 %	4.81 %	5.33 %	3.39 %	5.85 %	5.07 %	6.37 %	n.a.	49.8 %

Notes: Indicative targets: In order to assign a colour to cells containing the latest observed data, a comparison is made to the 'target path'. In the case of the key target, each year's data will be compared with the 'target path' defined in the European Commission's Policy Option 4 (the 'preferred policy option') in order to meet the transport GHG reduction target by 2030 and 2050.

For the other goals, there are no official estimates of the 'target path' to be followed, so this path is calculated by plotting a straight line from the base year data to the target year data, i.e. assuming a linear trend towards the target (Annex 3 for more details and for a graphical representation of the comparison between real data and the linear trend).

Figures in italic are EEA estimates (oil consumption in 2013) in terajoules (TJ).

(*) EU-27 data. Data from Croatia will be available from 2014 onwards (TERM 2015 report).

(*) In the case of the RED (EU, 2009a) target, Eurostat published for the first time (2011 data) the share of biofuels in transport energy use which meet the sustainability criteria of the directive. The notable increase in the last trend (49.8 %) is explained by the fact that in previous years, the new sustainability criteria were not fully applied. The system for certifying sustainable biofuels is increasingly operational across all Member States.

Figura 10. Resumen objetivos del transporte para EU-28, 2013 (Fuente: European Environment Agency “The contribution of transport to air quality – TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe”).

2.1.2 Dependencia del transporte frente al petróleo

El consumo de petróleo para el transporte se ha reducido en un 0,6% entre 2010 y 2011. Sin embargo, la tasa de reducción tendrá que aumentar en los próximos años si se quiere alcanzar el objetivo marcado para el año 2050, reducción del 70% respecto a 2008 en el consumo de petróleo debida al transporte [4]. Las primeras estimaciones basadas en datos de ventas actuales del combustible, muestran que el consumo de energía del transporte puede haber caído un 4% en 2012 en comparación con 2011 en la UE-28 tal y como puede observarse en la Figura 11 [11].

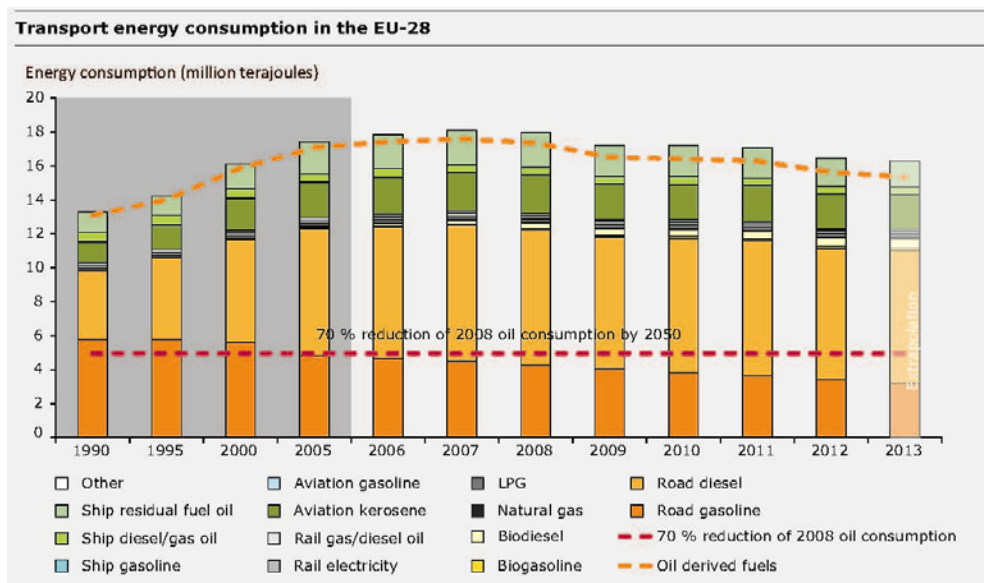


Figura 11. Consumo final de energía del transporte por tipo de combustible (Fuente: European Environment Agency “TERM 2014: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. Focusing on environmental pressures from long-distance transport”).

El sector del transporte marítimo vio el mayor descenso en el consumo de energía durante la recesión; los búnkeres marítimos internacionales se redujeron en un 10% entre 2008 y 2009. Los niveles de energía utilizada por la aviación, el transporte por carretera y el transporte ferroviario se redujeron alrededor de un 5% entre 2007 y 2011. El transporte por carretera fue el mayor consumidor dentro de la demanda energética total del transporte con el 73% de consumo en 2011. La proporción de consumo de gasóleo frente a la gasolina en carretera sigue aumentando, alcanzando un 69% en 2012.

En Suiza, la demanda de transporte ferroviario ha aumentado significativamente en la última década, y ello se refleja en un mayor uso de la energía en el sector ferroviario. Mientras tanto el consumo de energía por ferrocarril ha disminuido en la UE-28. En Noruega y Turquía el consumo de energía del transporte por carretera creció más rápido que en la UE-28. Al mismo tiempo en Turquía cae el uso de energía por ferrocarril considerablemente, reflejando disminución de la demanda de los servicios ferroviarios. Esto es probablemente debido al cierre temporal de las líneas ferroviarias para mantenimiento y renovación de la infraestructura.

El consumo de energía final en España durante 2010, incluyendo el consumo para usos no energéticos, fue de 99.838 kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep), siendo el crecimiento correspondiente al período 2000-2010, del 10,5% [12]. Este moderado incremento fue debido a la fuerte reducción de la intensidad energética de la economía a partir de 2005, con lo que, sumado a la crisis económica, supuso un menor consumo de energía final en todos los sectores, y en especial en el industrial y el transporte. En el periodo anterior, 1990-2005, el crecimiento medio anual del consumo de energía final fue del 3,4%, al contrario de lo sucedido entre 2005 y 2010, en que se produjo una caída de la demanda media anual del 1,2% (ver Tabla 6 y Figura 12).

2. ESTADO DEL ARTE

ktep	1990	Estr. (%)	2005	Estr. (%)	2010	Estr. (%)	% var anual 2005/1990	% var anual 2010/05
Industria	18041	28,2	30994	29,2	28209	28,3	3,7%	-1,9%
Transporte	22246	34,7	38100	35,8	36744	36,8	3,7%	-0,7%
Residencial, servicios y otros	15495	24,2	29365	27,6	28470	28,5	4,4%	-0,6%
Total usos energéticos	55782	87,0	98458	92,6	93423	93,6	3,9%	-1,0%
Usos no energéticos:	8306	13,0	7842	7,4	6416	6,4	-0,4%	-3,9%
Total usos finales	64088	100,0	106301	100,0	99838	100,0	3,4%	-1,2%

Tabla 6. Consumo de energía final por fuentes (Fuente: “Planificación energética indicativa según lo dispuesto en la Ley 2/2011 de Economía Sostenible” Secretaría de Estado de Energía).

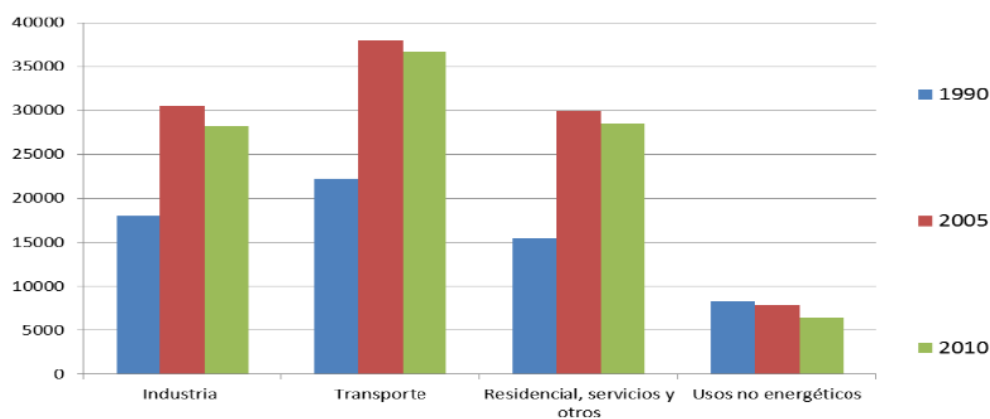


Figura 12. Evolución del consumo final de energía por fuentes (Fuente: “Planificación energética indicativa según lo dispuesto en la Ley 2/2011 de Economía Sostenible” Secretaría de Estado de Energía).

En la Tabla 7 se muestra un resumen de lo sucedido a partir del año 2010 por sectores económicos y por tipos de energía [13].

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE SOSTENIBLE A TRAVÉS DEL PLANEAMIENTO DE ENTORNOS URBANOS

Concepto	España							
	2010		2011		2012		2013	
	Tep (Miles)	%	Tep (Miles)	%	Tep (Miles)	%	Tep (Miles)	%
SECTORES ECONÓMICOS								
Industria	21.449	24,1%	21.371	24,7%	20.774	25,0%	20.976	25,9%
Transportes	37.192	41,7%	36.037	41,6%	33.348	40,1%	31.959	39,4%
Hogares y otros	30.443	34,2%	29.263	33,8%	29.030	34,9%	28.203	34,8%
CONSUMO FINAL	89.084	100,0%	86.671	100,0%	83.152	100,0%	81.138	100,0%
TIPOS DE ENERGÍA								
Derivados del petróleo	48.035	53,9%	45.626	52,6%	41.317	49,7%	40.882	50,4%
Gas natural	14.347	16,1%	14.001	16,2%	14.634	17,6%	14.786	18,2%
Electricidad	21.049	23,6%	20.938	24,2%	20.658	24,8%	19.949	24,6%
Otros	5.653	6,3%	6.106	7,0%	6.543	7,9%	5.521	6,8%
CONSUMO FINAL	89.084	100,0%	86.671	100,0%	83.152	100,0%	81.138	100,0%

Tep: Tonelada equivalente de petróleo (41.868 Kilojulios PCI/Kg).

Tabla 7. Consumo de energía final por fuentes a partir del 2010 (Fuente: “Los transportes y las infraestructuras: informe anual 2014” Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica).

El consumo final de productos petrolíferos en 2010, incluyendo usos no energéticos, fue de 54.312 ktep y supuso el 54,4% del total de la demanda de energía final, con un descenso medio anual del 2,5% respecto al de 2005, lo que contrasta con el crecimiento experimentado en el período 1990-2005, que fue del 2,8%. La demanda de productos petrolíferos está perdiendo peso en la estructura de consumos finales debido a que su uso se está concentrando progresivamente en el transporte, ya que su demanda en la industria, los servicios y el sector residencial, está siendo sustituida por gas, electricidad y energías renovables.

Desde 1995, y sin considerar los últimos años de crisis, destaca el fuerte crecimiento de la demanda de gasóleo auto, debido al aumento del tráfico de mercancías y del parque de turismos con cambio hacia motores diesel en los turismos nuevos, todo ello en detrimento del consumo de gasolina. Por su parte, la demanda de querosenos ha aumentado fuertemente, debido al crecimiento de la demanda de transporte aéreo.

Finalmente, en el sector doméstico y terciario, bajó la demanda de gasóleo C para calefacción y también la de GLP (Gas Licuado de Petróleo), debido a la sustitución por gas natural.

Las energías renovables contribuyeron al balance de energía final de 2010 con 5.375 ktep, el 5,4% del total y con un crecimiento medio del 0,5% anual entre 1990 y 2005 y del 7,9% desde 2005 hasta hoy, lo que refleja el apoyo de la política energética española a las energías renovables desde 2005. En este consumo, destacan los biocarburantes, que han alcanzado 1.442 ktep en 2010, desarrollándose precisamente a partir de 2005.

El principal responsable de esta situación y de la excesiva dependencia energética de la Unión Europea es el vehículo de motor térmico clásico, que constituye una de las principales fuentes de contaminación urbana y de gases de efecto invernadero.

Ante esta situación y las previsiones de crecimiento del tráfico intracomunitario, y ante los problemas de abastecimiento energético que pueden plantearse en un futuro, tanto la Unión Europea como los Estados miembros, muy en particular España, cuyo grado de dependencia es mayor que el de los otros países, se considera prioritario reducir la dependencia frente al petróleo, potenciando la utilización de combustibles de sustitución y mejorando la eficacia energética de los modos de transporte.

Es claro, por consiguiente, que la sostenibilidad del transporte depende en una gran medida de la sostenibilidad del sector energético, por lo que tanto Transporte como Energía deben actuar conjuntamente para alcanzar un desarrollo sostenible, sin frenar, el crecimiento económico. Ello implica que a la hora de formular una política de transporte sea necesario dar un tratamiento análogo a las preocupaciones medioambientales a largo plazo (el cambio climático, el uso de la energía, la degradación del entorno y sus repercusiones para la salud humana), frente a las de tipo económico y social.

La dificultad, en el caso concreto del transporte, está principalmente en el control y reducción de los efectos externos de forma que las necesidades de desplazamiento de los ciudadanos no se vea reducida. Por tal motivo, los avances que han venido dándose a lo largo de estos últimos años para reducir los impactos negativos

ocasionados por el transporte, han ido encaminados al desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a los vehículos e infraestructuras y en el desarrollo de carburantes alternativos. Todo ello, sin dejar de introducir nuevos sistemas de gestión de la demanda que permitan mejorar la movilidad de los ciudadanos, modificando sus pautas de comportamiento, así como una mejor utilización de las propias infraestructuras.

2.1.3 Otros efectos no relacionados con el consumo de combustibles

Otros efectos negativos ocasionados por el transporte, no relacionados con el sector energético son los accidentes (Tabla 8), el ruido (Tabla 9), la contaminación de las aguas que se produce por el vertido directo o indirecto de sustancias químicas y de las emisiones de los vehículos, la contaminación del suelo por los vertidos operativos o accidentales de sustancias contaminantes, las vibraciones producidas por el paso de los vehículos pesados, la ocupación del suelo, la intrusión visual, etc.

Si se analizan los datos de los accidentes de tráfico a nivel nacional, la mayoría de accidentes con víctimas y heridos leves se producen en vías urbanas, y el mayor número de fallecidos y heridos hospitalizados se ocasionan en vías interurbanas (Figura 13). Sin embargo en estos últimos años las diferencias en el número de heridos hospitalizados se están reduciendo, debido al aumento de heridos hospitalizados en el último año en el ámbito urbano y a la reducción sostenida de los heridos hospitalizados en el interurbano.

La letalidad, definida como la razón entre el número de fallecidos y el número de víctimas (suma de fallecidos, heridos hospitalizados y heridos leves), ha seguido una tendencia descendente tanto en vías urbanas como interurbanas. La letalidad, de manera constante, es más baja en vías urbanas que en interurbanas, siendo el riesgo de morir tras un accidente con víctimas casi el doble en vías interurbanas que en las vías urbanas (Figura 14).

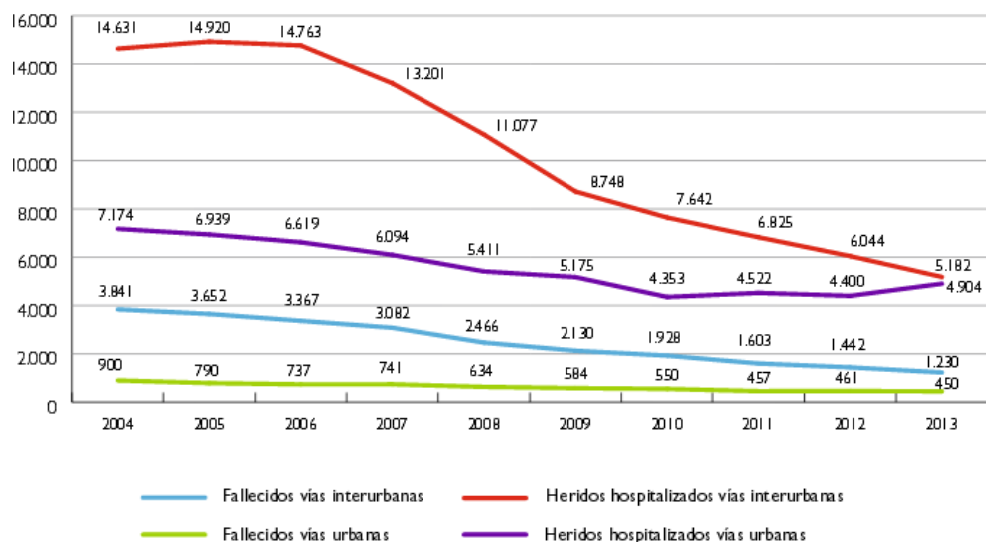


Figura 13. Evolución de los fallecidos y heridos hospitalizados en vías interurbanas y urbanas. Evolución 2004-2013, (Fuente: “Observatorio del transporte y la logística en España: Informe anual 2015” del Ministerio de Fomento).

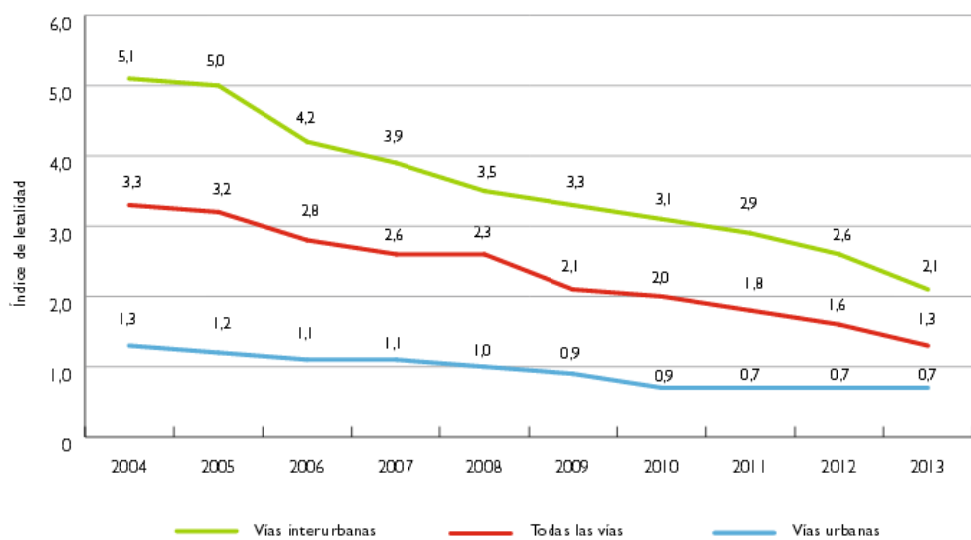


Figura 14. Letalidad (fallecidos por 100 víctimas) en vías urbanas e interurbanas. Evolución 2004-2013 (Fuente: “Observatorio del transporte y la logística en España: Informe anual 2015” del Ministerio de Fomento).

Durante el año 2013, de cada 10 accidentes con víctimas 6 se produjeron en vías urbanas. No obstante, como se ha comentado con anterioridad, las lesiones mortales se concentraron en las vías interurbanas, donde el número de fallecidos casi triplica a los fallecidos en vías urbanas. No hay diferencias importantes entre el número de heridos hospitalizados en vías urbanas e interurbanas.

El ruido es otro de los problemas ambientales más relevantes. Su indudable dimensión social contribuye en gran medida a ello, ya que las fuentes que lo producen forman parte de la vida cotidiana: actividades y locales de ocio, grandes vías de comunicación, los medios de transporte, las actividades industriales, etc.

Los datos disponibles sobre exposición a ruido no laboral son generalmente pobres en comparación con aquellos que miden otros problemas ambientales y a menudo son difíciles de comparar debido a las diferentes medidas y métodos de evaluación usados. Sin embargo, se estima que cerca del 20% de la población de la Unión Europea (cerca de 80 millones de personas) sufren niveles de ruido que los científicos y expertos en salud consideran inaceptables, y que provocan molestias, perturbación del sueño y posibles efectos adversos sobre la salud. Otros 170 millones viven en lo que se conoce como zonas grises, donde los niveles de ruido causan serias molestias durante el día [14]. Según estimaciones internacionales [15], el ruido en ambientes urbanos es generado por las siguientes por distintas fuentes entre las que domina el tráfico (Figura 15).

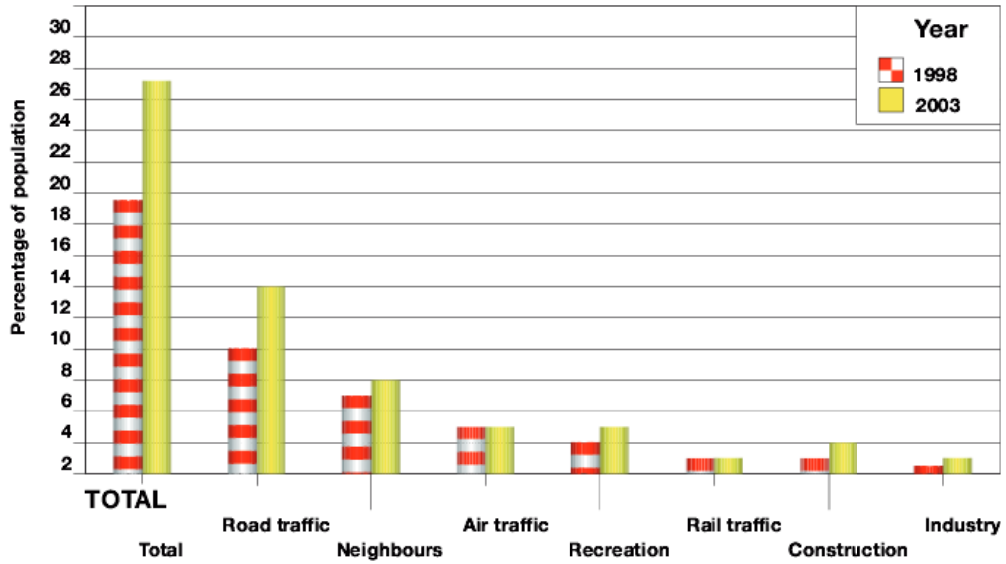


Figura 15. Principales fuentes de ruido (Fuente: World Health Organization (2009) “Night noise guidelines for Europe”).

Si se analiza la contaminación de aguas y suelos debidas al transporte, aunque los principales efectos repercuten sobre la atmósfera los suelos y las aguas también se ven afectados por los residuos generados por los transportes. La contaminación se debe generalmente a la lixiviación de residuos (hidrocarburos y aceites).

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE SOSTENIBLE A TRAVÉS DEL PLANEAMIENTO DE ENTORNOS URBANOS

GEO/TIME	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Belgium	1.213	1.162	1.089	1.069	1.071	944	944	840	858	:
Bulgaria	960	943	957	1.043	:	:	901	:	:	:
Czech Republic	1.447	1.382	1.286	1.063	1.221	1.076	901	802	773	742
Denmark	432	369	331	306	406	406	303	255	220	167
Germany	6.613	5.842	5.361	5.091	4.949	4.477	4.152	3.648	4.009	:
Estonia	164	170	170	204	196	132	98	:	:	:
Ireland	337	377	400	365	338	280	238	212	:	:
Greece	1.605	1.670	1.658	1.657	1.612	1.553	1.456	1.258	1.141	:
Spain	5.400	4.741	4.442	4.104	3.822	3.098	2.714	2.479	2.060	:
France	6.058	5.530	5.318	4.709	4.620	4.275	4.273	3.992	3.963	3.653
Croatia	:	:	:	:	619	664	548	426	418	393
Italy	6.563	6.122	5.818	5.669	5.131	4.725	4.237	4.090	:	:
Cyprus	97	117	:	:	89	82	71	60	71	51
Latvia	532	516	442	407	419	316	254	218	179	177
Luxembourg	53	50	47	43	46	35	48	32	33	34
Hungary	1.326	1.296	1.278	1.303	1.232	996	822	740	638	605
Malta	16	13	17	11	12	9	15	13	:	:
Netherlands	1.028	804	750	730	709	677	644	537	546	562
Austria	931	878	768	730	691	679	633	552	523	531
Poland	5.642	5.712	5.444	5.243	5.583	5.437	4.572	3.908	4.189	3.571
Portugal	1.546	1.294	1.247	969	974	885	840	937	891	718
Romania	2.229	2.442	2.629	2.587	2.800	3.061	2.796	2.377	2.018	2.042
Slovenia	242	274	258	262	293	214	171	138	141	:
Slovakia	645	603	606	614	661	606	384	371	:	:
Finland	379	375	379	336	380	344	279	272	292	255
Sweden	529	480	440	445	471	397	358	266	:	:
United Kingdom	3.658	3.368	3.336	3.298	3.059	2.645	2.337	1.905	1.960	1.802
Iceland	23	23	19	31	15	12	17	8	12	9
Liechtenstein	5	1	2	0	1	1	1	:	:	:
Norway	280	257	224	242	233	260	214	208	168	145
Switzerland	546	510	409	370	384	357	349	327	320	339

Tabla 8. Personas muertas en accidentes de tráfico (Fuente: “Sustainable development – transport” Eurostat)

2. ESTADO DEL ARTE

geo\time	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
EU (28 countries)	:	:	:	:	:	:	20,5	19,7	18,8
EU (27 countries)	:	24	23,8	23,1	21,9	22,2	20,6	19,8	18,9
Euro area (18 countries)	:	24,4	24,7	24,2	22,8	23	21,4	20,7	19,8
Euro area (17 countries)	:	24,4	24,7	24,3	22,9	23	21,4	20,8	19,8
Belgium	24,9	23,3	22,5	22,9	21	19,4	18,9	19,7	11,5
Bulgaria	:	17,7	17,7	15,9	16,9	16,2	12,9	12,2	12
Czech Republic	:	21,3	18,8	18,4	17,6	18,7	16,5	15,3	14,3
Denmark	19,2	17,8	18,4	19,9	18,4	19,4	18,7	18,8	17,5
Germany	:	25,3	28,9	27,1	26,3	25,8	25,7	25,8	26,1
Estonia	50,2	21,4	22,4	22,8	18	12,7	11	12,7	12,8
Ireland	12,2	11,6	14,5	13	12	10,4	9,5	9,3	:
Greece	18,5	20,2	19,9	21,7	22,3	23,5	23,2	25,1	25,1
Spain	24,9	28,6	26,5	25,6	22	22,4	18,4	15,6	15
France	23,5	20,1	19,5	19	17,8	18,9	18,5	18,5	17
Croatia	:	:	:	:	:	:	12,4	10,6	9,8
Italy	26,7	25,4	25,1	25,3	24,3	26	22,2	20,8	17,7
Cyprus	:	32,3	36	36,8	29,7	30,6	29	27,5	25,7
Latvia	:	21,3	21,4	20,4	20,6	19,3	17,5	15,9	15,4
Lithuania	:	19,8	20	18,5	16,6	15,7	13,8	13,9	13,3
Luxembourg	25,3	25,2	22,5	22	20	21,2	16,7	14,6	17
Hungary	:	21,5	17,1	14,8	12,2	13,2	11,4	9,8	10,2
Malta	:	23,9	25,9	24,1	24,5	28,2	27,5	30,1	29,7
Netherlands	:	33,1	31,3	32,1	29,3	25,3	23,6	23,6	24,2
Austria	21,4	20,5	18,7	19,8	21,7	20,9	21,2	19,1	19,5
Poland	:	21,4	19,7	19,3	18,7	17,7	16,2	14,5	14,2
Portugal	24,7	25,9	25,3	27,5	24,2	23,9	22,9	23,1	23,8
Romania	:	:	:	34,5	31,3	34,9	31,5	28	27,1
Slovenia	:	19,8	17,5	18,7	18,7	16,7	16,5	17,2	13,8
Slovakia	:	22,8	19,4	18,9	19,3	21,9	18,3	16,3	16
Finland	15,5	16,3	16,5	16	15,5	14,9	13	13,1	14,2
Sweden	11,4	11,1	12,6	12,7	13,8	13,7	12,3	13,2	12,9
United Kingdom	:	23,8	22,3	19,9	19,8	20,5	20,1	19,8	18,2
Iceland	12,9	11,8	12	11,9	11,6	11,8	11,5	12	11,1
Norway	11,8	11,6	11,9	12,1	12,5	11,9	11,3	12,1	10,8
Switzerland	:	:	:	21,5	18,6	18,3	17,5	17,6	18,7
Turkey	:	:	25,2	23,3	:	:	:	:	:

Tabla 9. Proporción de la población que vive en hogares que sufren niveles altos de ruido
(Fuente: Eurostat datos online, código: tsdph390).

2.1.4 Avances hacia la sostenibilidad del transporte

Desde los años 70 la Comunidad Europea ha venido adoptando diversas directivas sobre las emisiones de los vehículos de motor que han permitido reducir considerablemente las emisiones de gases contaminantes y partículas, así como las emisiones sonoras de los vehículos [16], [17]. Asimismo, se ha avanzado considerablemente en materia de normativa sobre calidad y propiedades medioambientales de los combustibles para el transporte [18]. Por otra parte, el desarrollo de las medidas contenidas en el Libro Blanco sobre la política europea de cara al 2010 [3] y el seguimiento de la Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte [4], permiten tanto en materia de infraestructuras como de gestión de la demanda e introducción de nuevas tecnologías una utilización más eficiente de las infraestructuras contribuyendo de manera eficaz a la sostenibilidad del transporte, en lo que a sus impactos sobre el medio ambiente se refiere.

Desde la primera gran crisis del petróleo, hace 40 años, y a pesar del progreso técnico, del potencial de mejora de la eficiencia energética rentable y del empeño político, el sistema de transporte no ha cambiado de forma esencial. El transporte se ha hecho más eficiente desde el punto de vista energético, pero el transporte de la UE sigue dependiendo del petróleo y de los productos derivados del petróleo para el 96 % de sus necesidades de energía. El transporte se ha hecho menos contaminante, pero por su mayor volumen sigue siendo una fuente importante de ruido y contaminación atmosférica local. Las nuevas tecnologías para los vehículos y la gestión del tráfico serán esenciales para reducir las emisiones del transporte en la UE, así como en el resto del mundo. El reto es romper la dependencia de los sistemas de transportes respecto del petróleo sin sacrificar su eficiencia ni comprometer la movilidad. En línea con la iniciativa emblemática “Una Europa que utilice eficazmente los recursos” establecida en la Estrategia Europa 2020 [19] y con el Plan de Eficiencia Energética 2011 [20], el objetivo principal de la política de transporte europea es contribuir a establecer un sistema que sustente el progreso económico europeo, mejore la

competitividad y ofrezca servicios de movilidad de gran calidad, utilizando al mismo tiempo los recursos de forma más eficiente. En la práctica, el transporte ha de usar menos energía, y más limpia, explotar mejor una infraestructura moderna y reducir su impacto negativo en el medio ambiente y en sus valores naturales esenciales, como son el agua, la tierra y los ecosistemas [21].

En lo referente a combustibles de sustitución, tres son las opciones que considera viables la Comisión: los biocarburantes que son los que tienen más posibilidades a corto y medio plazo y que ya representan el 5% del consumo total de carburantes, el gas natural y, a más largo plazo, el hidrógeno. La difusión de combustibles de sustitución, en concreto de biocarburantes procedentes de productos agrícolas, contribuirá de forma eficaz a reducir la dependencia energética de la Unión Europea y a mejorar el medio ambiente según la Comisión. Pero en seguida han surgido voces alertando de los posibles problemas que acarrearían los biocarburantes. El primero es el del propio suelo de cultivo. La demanda que ejercen los productores de biocombustibles sobre el suelo puede menoscabar la producción de otros tipos de cultivos principalmente alimentarios, lo que supondría un aumento del precio de estos alimentos que ya se viene observando en las grandes zonas de producción de biocombustibles. Además, debido a que la producción de materias primas para la industria del biocombustible demanda una gran cantidad de agua, el suministro para su uso doméstico puede verse mermado produciendo una gran amenaza sanitaria.

En la Tabla 10 pueden observarse los consumos y las producciones de distintos combustibles alternativos en la UE. La Comisión hace especial hincapié en los entornos urbanos con el fin de reducir la congestión del tráfico y la contaminación de las ciudades y potenciar el empleo de autobuses propulsados con hidrógeno, mejorando la calidad del aire y la eficiencia del transporte en las áreas urbanas [22].

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE SOSTENIBLE A TRAVÉS DEL PLANEAMIENTO DE ENTORNOS URBANOS

	1991			1996			2001			2006			2011		
	Bio-diesels	Other liquid biofuels	gasoline	Bio-diesels	Other liquid biofuels	gasoline	Bio-diesels	Other liquid biofuels	gasoline	Bio-diesels	Other liquid biofuels	gasoline	Bio-diesels	Other liquid biofuels	gasoline
Austria	0	0	291	0	0	510	0	0	792	10 241	0	2 607	15 439	2 772	3 451
Production	0	0	291	0	0	510	0	0	792	3 263	0	2 607	5019	2 188	3 313
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 433	12 959	1 782	1 933
Belgium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 209	10 423	5 332	1 638
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	348	714	0	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	348	591	0	0
Bulgaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	53
Croatia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	281	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	684	0
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Czech Republic	0	0	0	913	0	0	1 909	0	0	711	48	0	10 035	2 538	0
Production	0	0	0	710	0	0	2 631	0	0	4 076	48	0	7 773	1 469	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	311	0	5 824	4 015	9
Denmark	0	0	0	0	0	0	940	0	0	2 632	0	0	2 964	0	9
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estonia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Finland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	2 070	3 891	1 893
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8411	0	549
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
France	0	0	0	7 971	1 616	0	11 421	2 425	0	23 897	6 209	0	85 089	16 469	0
Production	0	0	0	7 971	1 616	0	11 057	2 425	0	22 406	6 209	0	68 038	17 900	0
Consumption	0	0	0	0	0	2 024	0	0	13 324	35 081	13 722	109 728	86 117	32 300	31 786
Germany	0	0	0	0	0	2 024	0	0	13 324	116	9 112	109 728	106	15 314	31 786
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	0	0	121	0	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 897	0	0	8 887	0	0
Greece	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 757	0	0	4 102	0	0
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 399	2 282	0
Hungary	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iceland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ireland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	27	55	2 889	1 275	19
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	27	62	985	0	18
Italy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8 340	0	0	54 443	4 762	22 291
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8 340	0	0	22 097	3 198	22 291
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Latvia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	43	3	1 432	318	81
Production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumption	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 10. Consumo interior bruto y la producción primaria de biodiesel, biogasolina y otros biocombustibles líquidos en la EEE-33 en TJ (Fuente: “A closer look at urban transport-TERM 2013: Transport Indicators Tracking Progress Towards Environmental Targets in Europe” European Environment Agency).

2.1.5 Hacia una estrategia para la integración del desarrollo sostenible en la política de transportes

Si bien es cierto, que los progresos alcanzados en el sector transporte para integrarlo en el desarrollo sostenible han sido considerables, no es menos cierto que sus nocivos efectos externos, siguen manteniéndose como consecuencia del fuerte incremento del tráfico, constituyendo un peligro para la sociedad y un freno para alcanzar la sostenibilidad deseada. Ello implica la necesidad de intensificar las actuaciones que a tal fin están llevando a cabo los Estados miembros y a implantar otra serie de nuevas acciones que permitan mitigar las consecuencias negativas de los transportes sobre el medio ambiente:

Los problemas que continúan vigentes, y que deben centrar las futuras actuaciones de los sectores públicos y ser apoyadas o impulsadas por la Unión Europea son los siguientes:

- i. La creciente congestión del tráfico, sobre todo el de carretera y aéreo.
- ii. El creciente volumen de transporte de mercancías, que aumenta a un ritmo superior al PIB (hasta 2007 que comienza la crisis).
- iii. El elevado y creciente grado de dependencia que tiene la Unión Europea de las fuentes de energía exteriores.
- iv. El elevado y creciente nivel de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte, principalmente CO₂.
- v. El insuficiente desarrollo de las energías renovables, aplicables a los transportes.
- vi. El lento desarrollo de los carburantes de sustitución (biocarburantes, gas natural e hidrógeno).
- vii. Los niveles crecientes de ruido, contaminación y accidentes.

Los dos objetivos generales que plantea la nueva estrategia de desarrollo sostenible en el caso del transporte son [3] y [4]:

- i. La disociación del crecimiento del transporte (o de la movilidad) del crecimiento económico, sin que éste tenga que disminuir.
- ii. La reducción de la dependencia de las fuentes energéticas exteriores, en este caso del petróleo.

Una vez planteado el problema al que se quiere hacer frente, a continuación, se realizará un análisis de las políticas que a nivel europeo y del Gobierno Vasco tienen relación con el transporte sostenible. El objetivo sería resumir el proceso que se ha seguido primero a nivel comunitario y luego a nivel autonómico para definir el problema y luego afrontarlo con distintas soluciones.

2.2 POLÍTICAS COMUNITARIAS

Este apartado consta de seis partes bien diferenciadas. En la primera, se hace un repaso a nivel mundial o global de los distintos informes, cumbres, acciones, etc., que han hecho que los distintos gobiernos tomen conciencia de la necesidad de introducir la defensa del medio ambiente en las políticas intersectoriales creando el concepto de sostenibilidad.

En la segunda, se describen los distintos tratados de la Unión Europea en los que se ha ido introduciendo, intersectorialmente, el medio ambiente. En ellos, puede observarse que la UE se compromete con el respeto al medio ambiente y aboga por la sostenibilidad.

En la tercera parte, se mencionan acciones concretas de interacción medioambiental: programas de acción, conferencias y estrategias. Se explica que el transporte se considera un sector prioritario a la hora de integrar consideraciones medioambientales

y que como respuesta al consejo Europeo de Gotemburgo [9] la comisión presenta el “LIBRO BLANCO.- La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad” [3].

En la cuarta y quinta parte se hace un análisis del “LIBRO BLANCO.- La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad” y de su revisión intermedia “Por una Europa en movimiento - Movilidad sostenible para nuestro continente - Revisión intermedia del Libro Blanco de 2001”[23], ya que constituyen el marco de referencia para las decisiones que se han ido adoptando en materia de transportes.

Y por último, debido a que la Unión Europea hace un llamamiento internacional sobre la necesidad de reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con el fin de limitar el calentamiento mundial a menos de 2°C, y aunque se han logrado muchos avances desde el libro Blanco sobre el Transporte [3] el sistema de transporte actual no es sostenible, la Comisión Europea publica la *Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte* [4]. En el último apartado se presenta su **visión** del transporte y se mencionan las **medidas clave** propuestas en este sector para alcanzar los objetivos marcados.

2.2.1 Sostenibilidad: antecedentes y marco internacional

Para conocer los antecedentes del proceso de las políticas intersectoriales de medio ambiente a nivel global, hay que remontarse al Informe “Nuestro Futuro Común” o “Informe Brundtland” [1], que determinó la necesidad de lograr un desarrollo sostenible. Creada por la Asamblea General de la ONU de 1983, esta Comisión se había reunido, por primera vez, en el año 1984. El principio del desarrollo sostenible significa hacer compatibles el crecimiento económico con la cohesión social y la protección del medio ambiente, con la finalidad de no comprometer la supervivencia

de los ecosistemas y de las generaciones futuras y permitir el acceso global a una digna calidad de vida.

Se considera un resultado del “Informe Brundtland” que en marzo de 1990 se llegó al acuerdo de convocar una Conferencia a escala internacional del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, [24]. Dicha conferencia se celebraría en Río de Janeiro (Brasil) del 3 al 14 de junio de 1992 y es conocida como “Cumbre de la Tierra”.

Posteriormente, en mayo de 1990, la Comisión Económica para Europa (CEPE), como apoyo a la iniciativa del Gobierno noruego de organizar en su país una Conferencia regional para el seguimiento del Informe Brundtland, organizó la Conferencia de Bergen, bajo el título “Acciones para el futuro común”. Como resultado de dicha Conferencia se redactó un documento en el que se exigía ya a los países industrializados el compromiso de orientar sus esfuerzos hacia la integración de las consideraciones ambientales en las políticas económicas y, en general, hacia el estímulo de actividades sostenibles [25].

En la Conferencia de Río [24], 172 Gobiernos, incluidos 108 Jefes de Estado y de Gobierno, aprobaron tres grandes acuerdos, que habrían de regir la labor futura:

- i. El Programa de Acción Agenda 21, plan de acción mundial para promover el desarrollo sostenible, que contiene más de 2.500 recomendaciones prácticas.
- ii. La Declaración de Río sobre el medio Ambiente y el desarrollo, un conjunto de principios en los que se definían los derechos civiles y las obligaciones de los Estados.
- iii. Una Declaración de principios relativos a los bosques, serie de directrices para la ordenación más sostenible de estos ecosistemas.

Además se abrieron a la firma, dos instrumentos con fuerza jurídica obligatoria para los países firmantes: la Convención Marco sobre el Cambio Climático [26] y el

Convenio sobre la Diversidad Biológica [27]. Por otra parte, se iniciaron negociaciones con miras a una Convención de lucha contra la desertificación.

De esta manera, la obligatoriedad de aplicar el principio del desarrollo sostenible se convierte en exigencia, en el marco de estos Convenios.

En la actualidad, la integración de los mecanismos de protección del entorno en las políticas de desarrollo económico está cada vez más presente en las políticas de las principales organizaciones internacionales y de los Estados desarrollados.

Esta preocupación adquirió especial relevancia de cara a la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible (Río+10), a celebrar en Johannesburgo (Sudáfrica), desde el 26 de agosto al 4 de septiembre de 2002 [28].

Así, los ministros y representantes de los 30 países que formaban la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), aprobaron en París, a mediados de mayo de 2001, la Estrategia Ambiental de la OCDE, para su aplicación en la primera década del siglo XXI [29]. Este documento, base de la participación de la OCDE en la citada Cumbre de Río+10, busca separar el desarrollo económico y el progreso social de los efectos perjudiciales en el medio ambiente, que anteriormente se venían considerando, por lo general, como consecuencias inevitables.

La última reunión preparatoria de la Cumbre de Johannesburgo tuvo lugar en Bali (Indonesia), del 24 de mayo al 7 de junio de 2002 [30]. En ella se debatió una Declaración Política, por la que los líderes mundiales renovaban su compromiso con el desarrollo sostenible a los diez años de Río, y que sería adoptada posteriormente en la reunión de Sudáfrica. Además, se trabajó en un Plan de Acción con propuestas en materia de erradicación de la pobreza, protección de los recursos naturales, gobernanza para el desarrollo sostenible, globalización sostenible, cambio en los modelos de producción y consumo no sostenibles, salud e iniciativas para Africa y para pequeñas islas.

En la conferencia de Johannesburgo participaron 190 países y gran número de empresas y de agentes sociales [31]. El objetivo principal de la Cumbre fue la aprobación de un Plan de Acción y de la Declaración Política.

El **Plan de Acción** aprobado constituye un documento con 152 recomendaciones y objetivos, destacando el de reducir a la mitad el porcentaje de personas que carecen de acceso al agua potable y al saneamiento, para el año 2015 [32]. Otras metas son conseguir que los productos químicos no causen efectos adversos para la salud y el medio ambiente en el año 2020, detener la pérdida de los recursos naturales para el año 2015 y de la biodiversidad para el año 2010.

La **Declaración Política** es un documento de 32 puntos, en los que los países asumen una responsabilidad colectiva para hacer avanzar y reforzar la interdependencia y el mutuo apoyo entre los pilares del desarrollo sostenible: desarrollo económico, social y protección del medio ambiente, a nivel local, nacional, regional y global. Por ello, en esta declaración se reafirma el compromiso de respetar los Principios de Río y cumplir completamente la Agenda 21 [33].

La primera reunión regional después de la Cumbre de Johannesburgo en que se intenta incorporar los principales objetivos, plazos e iniciativas surgidos en la misma, es la V Conferencia Ministerial “Medio Ambiente para Europa”, celebrada en mayo de 2003, en Kiev. En este escenario se contemplaron importantes Estrategias y Planes Europeos y se aprobaron diversos Protocolos para elevar el nivel de protección medioambiental en contextos transfronterizos, con vistas a una defensa conjunta e integral del medio ambiente y del desarrollo sostenible en Europa y en el resto del mundo [34].

Para terminar, habría que mencionar “Rio+20” que es el nombre abreviado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil (del 20 al 22 de junio de 2012), veinte años después de la histórica Cumbre de la Tierra en Río en 1992 [24].

En la Conferencia Río +20 [35], los líderes mundiales, junto con miles de participantes del sector privado, las ONG y otros grupos, se unieron para dar forma a la manera en que puede reducir la pobreza, fomentar la equidad social y garantizar la protección del medio ambiente en un planeta cada vez más poblado. Las conversaciones oficiales se centraron en dos temas principales: cómo construir una economía ecológica para lograr el desarrollo sostenible y sacar a la gente de la pobreza, y cómo mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible.

2.2.2 El medio ambiente y su integración intersectorial en los tratados de la unión europea

La interacción del medio ambiente es una de las cuestiones prioritarias dentro de la política general de la Unión Europea, que asume este compromiso en diversos documentos.

Ya en 1987, el Acta Única Europea dotó a la legislación ambiental de una base jurídica formal y estableció la protección del medio ambiente, la salud humana, y el uso prudente y racional de los recursos naturales como sus tres objetivos básicos [36]. El Acta Única que consta de bloques llamados “Títulos” que luego a su vez se dividen en capítulos, consagró por primera vez su Título VII al Medio Ambiente donde, entre otras consideraciones, se especificaba en el artículo 130-R: *“Las exigencias de la protección del Medio Ambiente serán una componente de las demás políticas comunitarias”*.

Más aún, el Tratado de la Unión Europea firmado en Maastricht (7 de febrero de 1992), estableció formalmente el concepto del “desarrollo sostenible” en la legislación comunitaria [37]. Según su artículo 2, “la Comunidad tiene por misión ... promover un desarrollo armonioso y equilibrado de las actividades económicas en el conjunto de la Comunidad, un crecimiento durable y no inflacionista respetando el Medio Ambiente”. Por otra parte, el Tratado mantuvo un Título, el XVI, dedicado al

Medio Ambiente, y profundizó en el Artículo 130-R estableciendo que “las exigencias de la protección del Medio Ambiente deben integrarse en la definición y realización de las otras políticas de la Comunidad”.

Posteriormente, el Tratado de Amsterdam [38], por el que se modifican el Tratado de la Unión Europea, los Tratados constitutivos de las Comunidades Europeas y determinados actos conexos (2 de octubre de 1997, en vigor desde el 1 de mayo de 1999), consolida el artículo 2, ya citado, al indicar que “*la Comunidad tendrá por misión promover...un desarrollo armonioso y sostenible de las actividades económicas en el conjunto de la Comunidad, ... un alto nivel de protección y de mejora de la calidad del Medio Ambiente...*”. Crea, además, un nuevo artículo 6, retomando el concepto fundamental del antiguo artículo 130- R, con lo que establece que “*las exigencias de la protección del Medio Ambiente deberán integrarse en la definición y en la realización de las políticas y acciones de la Comunidad a que se refiere el artículo 3, en particular con objeto de fomentar un desarrollo sostenible*”. Mantiene, por último, un Título, el XIX, dedicado al Medio Ambiente.

Esta regulación se mantiene sin modificación en el posterior Tratado de Niza [39], por el que se modifican el Tratado de la UE, los Tratados constitutivos de las Comunidades Europeas y determinados actos, firmado en Niza el día 26 de febrero de 2001.

Por su parte, el Tratado de Lisboa, firmado en Lisboa el 13 de diciembre de 2007, introduce nuevas modificaciones en el Tratado de la Unión Europea y el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea [40]. El nuevo texto, proporcionará a la Unión el marco jurídico y los instrumentos necesarios para hacer frente a los retos del futuro y dar respuesta a las exigencias de los ciudadanos.

2.2.3 Acciones concretas de integración medioambiental en las políticas comunitarias de desarrollo económico: programas de acción, conferencias y estrategias

La Unión Europea no sólo ha tratado de dotarse de un marco legislativo que proteja el medio ambiente y favorezca el desarrollo sostenible, sino que, ya a raíz de la citada “Cumbre de la Tierra” y del desarrollo de la Agenda 21, inició en la práctica un verdadero proceso de la integración de la sostenibilidad en su V Programa de Política y Actuación en Materia de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [41]. El objetivo del quinto programa de actuación en materia de medio ambiente es transformar el modelo de crecimiento de la Comunidad, a fin de fomentar el desarrollo sostenible. El programa sigue buscando soluciones a los problemas medioambientales (cambio climático, contaminación de las aguas, gestión de los residuos, etc.) pero también persigue el establecimiento de nuevas relaciones entre los agentes que intervienen en el sector del medio ambiente [42].

Para el V Programa el esfuerzo medioambiental (1995) debía centrarse en la integración de las consideraciones medioambientales en cinco sectores prioritarios: industria, energía, **transporte**, agricultura y turismo. Además, abordaba siete temas medioambientales en los que hacer un esfuerzo más importante para aumentar su eficacia, ya que son, en cierta medida, barómetros de la salud humana y medioambiental: cambio climático, acidificación y contaminación atmosférica, merma de los recursos naturales y de la biodiversidad, agotamiento y contaminación de los recursos hídricos, deterioro de las zonas costeras, residuos, medio ambiente urbano y ruido.

En la cumbre de Cardiff (15-16 de junio 1998), la Comisión Europea presentó al Consejo de jefes de Estado y de Gobierno la Comunicación “Estrategia para la integración del medio ambiente en las políticas de la Unión Europea”, como uno de los objetivos prioritarios comunitarios, al lado de la “Agenda 2000”, la ejecución del

Protocolo de Kioto (11 de diciembre de 1997) sobre cambio climático y la ampliación de la UE [43]. La Comunicación establece que la integración del medio ambiente en las diferentes políticas comunitarias debe ser una realidad, por tratarse de un instrumento de progreso, que crea valor añadido y empleo, por lo que los miembros del Consejo deberán establecer sus propias estrategias. Los progresos realizados deberán analizarse teniendo en cuenta las orientaciones de la Comisión y determinando indicadores.

En respuesta a dicha Comunicación, el Consejo Europeo de Cardiff instó a los Consejos de Ministros de Energía, Transportes y Agricultura, por considerarlos sectores prioritarios, a iniciar el proceso para establecer sus propias estrategias sectoriales de integración medioambiental. Se ponía así en marcha el denominado “proceso de Cardiff”.

Otro avance del Consejo Europeo de Cardiff fue el refrendo por el propio Consejo del principio según el cual todas las propuestas políticas fundamentales de la Comisión tienen que ir acompañadas de una evaluación de su impacto ambiental.

Posteriormente, el **Consejo Europeo de Viena** (11-12 de **diciembre 1998**), examinó los informes sectoriales presentados por agricultura [44], transportes [45] y energía [46] e instó a los citados Consejos a proseguir en sus propias estrategias sectoriales con vistas a presentar al Consejo Europeo de Helsinki estrategias globales de integración, incluyendo un calendario de medidas adicionales y una serie de indicadores. Además, hizo extensiva la invitación, iniciada en Cardiff, a otras políticas comunitarias, mediante la elaboración de estrategias sectoriales análogas por los Consejos de Desarrollo, Mercado Interior e Industria. Por otra parte, invitó a la Comisión a presentar, antes de la cumbre de Colonia, un informe.

Una nueva contribución al proceso de integración tuvo lugar en octubre de 1999, al adoptar la Comisión Europea una Comunicación al Consejo de Ministros y al Parlamento Europeo sobre la “integración del medio ambiente y del desarrollo

sostenible en la política económica y de cooperación al desarrollo”, con el objetivo de apoyar la cooperación de la UE con todos los países en desarrollo, integrando las consideraciones medioambientales en sus políticas [47].

El **Consejo Europeo de Helsinki**, celebrado en **diciembre de 1999**, examinó el documento “De Cardiff a Helsinki y más allá” [48], aprobado por la Comisión Europea a finales de noviembre de 1999, en el que se evaluaba el estado de las distintas estrategias sectoriales de integración y se resaltaba la importancia de incrementar los esfuerzos para reducir los problemas en su origen, en lugar de intentar corregir los efectos. En consecuencia, se debía profundizar en la aplicación de las estrategias ya aprobadas relacionadas con la agricultura, los transportes y la energía, y continuar la elaboración de las que habían sido encargadas a los Consejos de Mercado Interior, Desarrollo, Industria, Asuntos Generales, EcoFin (Economía y Finanzas) y Pesca.

En la cumbre de Helsinki se decidió que todas las estrategias sectoriales deberían estar definidas para la reunión de junio de 2001, a celebrar en Goteborg (Gotemburgo), durante la presidencia sueca de la UE. También se tomó nota de los Informes, presentados por la Comisión, sobre la Evaluación Global del V Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente [49].

Por otra parte, el Consejo de Helsinki decidió pedir a la Comisión la preparación de un proyecto de Estrategia Europea para un Desarrollo Sostenible, que también debería presentarse en el Consejo Europeo de Gotemburgo. La Comisión definía **seis tendencias**, que significan una amenaza para el desarrollo sostenible comunitario: **disparidades sociales (pobreza), salud, envejecimiento, clima, recursos y movilidad (transportes)**.

En mayo de 2001, la Comisión, en una comunicación sobre el desarrollo sostenible, propuso la citada Estrategia al futuro Consejo de Gotemburgo [50]. El documento constituía parte de la aportación de la UE a la cumbre mundial sobre el desarrollo

sostenible a celebrar en 2002 en Johannesburgo [28], como seguimiento de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992 [24].

Finalmente, **el Consejo Europeo de Gotemburgo**, en la cumbre celebrada los días 15 y 16 de **junio de 2001**, aprobaba la propuesta de la Comisión Europea sobre la Estrategia Europea para un desarrollo sostenible, instrumento de conjunto para integrar los tres niveles afectados: la sostenibilidad económica, social y medioambiental.

El 12 de Septiembre de 2001, la comisión presenta el “LIBRO BLANCO.- La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad” [3] que responde a la estrategia de desarrollo sostenible aprobada por el Consejo Europeo de Gotemburgo en junio de 2001. El objetivo del presente Libro Blanco es conciliar el desarrollo económico y las exigencias de una sociedad que demanda calidad y seguridad al efecto de fomentar un transporte moderno y sostenible de cara al 2010.

El pilar “medio ambiente” de la Estrategia para el Desarrollo Sostenible de la UE está constituido por el **Sexto Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente, 2000-2009**, También denominado “**Medio Ambiente 2010: nuestro futuro, nuestra elección**” [51], el VI Programa resalta la necesidad de continuar integrando las consideraciones ambientales en otras políticas, al tiempo que explica los problemas, fija los objetivos y enumera las acciones esenciales que deben emprenderse en cada una de las áreas prioritarias. Para ello establece, efectivamente, **cuatro áreas prioritarias de actuación: cambio climático, naturaleza y biodiversidad, medio ambiente y salud y calidad de vida, y recursos naturales y residuos.**

Los principios y prioridades del nuevo Programa se fijaron en el Consejo Europeo de Ministros de Medio Ambiente, reunido el 30 de **marzo de 2000** en **Bruselas**. La correspondiente propuesta, que recogía las prioridades de actuación para los próximos cinco a diez años, fue adoptada por la Comisión en una Comunicación de 24 de enero de 2001 [52].

Tras debatirse los aspectos de la propuesta del Sexto Programa en el Consejo de ministros de Medio Ambiente de la UE celebrado en Bruselas en marzo de 2001, y en el Consejo Informal de Kiruna, en marzo-abril de 2001, al que ya se hizo referencia, el Consejo de ministros de Medio Ambiente de la UE de junio del mismo año impulsó la parte estratégica del documento del nuevo Programa, confirmando las cuatro prioridades previamente establecidas.

Finalmente, se aprobaba la Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de julio de 2002, por la que se establece el Sexto Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente [53]. Se trata del primero de estos instrumentos aprobados por el procedimiento de co-decisión.

Lógicamente, la propia reforma de los fondos de financiación comunitaria, para el período 2000-2006, estuvo en línea con esta política, estableciendo como principio horizontal, en virtud del citado Tratado de Amsterdam [38], el desarrollo sostenible [54]. Por ello, **la reforma de los fondos promovía que la política de la Comunidad integre las necesidades de protección medioambiental en la definición y aplicación de las medidas de los Fondos Estructurales** [55]. Concretamente, de conformidad con lo dispuesto en el Tratado de Ámsterdam sobre la obligación de la integración de las consideraciones ambientales en las demás políticas, integra el medio ambiente en sus principios generales, en los considerandos y en el articulado, establece, en su artículo 1, que “... *la Comunidad contribuirá a promover un desarrollo armonioso, equilibrado y sostenible de las actividades económicas, el empleo y los recursos humanos, y la protección y mejora del medio ambiente...*”. El artículo 2 señala que “... *la Comisión y los Estados miembros velarán por que la protección del medio ambiente se integre en la definición y aplicación de la acción de los Fondos*”.

Por lo tanto, el medio ambiente y el desarrollo sostenible pasan a ocupar un papel principal, incorporándose desde entonces ambos elementos en los propios objetivos

de los **Fondos Estructurales**, y estableciendo garantías para que las consideraciones ambientales sean tenidas en cuenta en todo momento, desde la fase de planificación y programación, a la fase de ejecución de las iniciativas susceptibles de recibir ayudas comunitarias.

Continuando con la Estrategia comunitaria, el Consejo Europeo, formado por los Jefes de Estado y de Gobierno de los 25 Estados miembros de la Unión Europea, en su reunión del 15 y 16 de junio de 2006 en Bruselas, aprobó la Estrategia revisada de la Unión Europea para un desarrollo sostenible [56].

El 22 de junio de 2006 se produce una Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento sobre la revisión intermedia del Libro Blanco sobre la política de transportes - «Por una Europa en movimiento - Movilidad sostenible para nuestro continente - Revisión intermedia del Libro Blanco sobre la política de transportes de la Comisión Europea de 2001», reafirmando los principios del 2001 [23].

Desde el Libro Blanco sobre el Transporte [3] y su revisión intermedia [23] se logran muchos avances:

- i. El mercado continúa su apertura en el transporte aéreo, por carretera y en parte por ferrocarril. Se ha lanzado con éxito la iniciativa del Cielo Único Europeo.
- ii. Se aumenta la seguridad y la protección en todos los modos de transporte.
- iii. Se adoptan nuevas normas sobre condiciones de trabajo y derechos de los pasajeros.
- iv. Las redes transeuropeas de transporte (financiadas a través de las RTE-T, los Fondos Estructurales y el Fondo de Cohesión) contribuyen a la cohesión territorial y a la construcción de líneas ferroviarias de alta velocidad.
- v. Se refuerzan los lazos internacionales y la cooperación.
- vi. Se dan grandes pasos también en la mejora del comportamiento medioambiental del transporte.

Y sin embargo, el sistema de transporte actual no es sostenible. Si se piensa en los próximos 40 años, es evidente que el transporte no puede desarrollarse por la misma vía puesto que la dependencia del crudo podría seguir siendo algo inferior al 90%, con fuentes de energía renovable que superasen sólo de forma marginal el objetivo del 10% establecido para 2020. Para el año 2050, las emisiones de CO₂ procedentes del transporte seguirían estando una tercera parte por encima de su nivel de 1990. Los costes de la congestión aumentarían cerca del 50% para 2050 y el desequilibrio de accesibilidad entre las zonas centrales y periféricas se acentuaría. Seguirían aumentando los costes sociales de los accidentes y del ruido.

Por estos motivos la Comisión Europea publica la *Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte*, en la que presenta su **visión** del transporte y se proponen **medidas clave** para alcanzar los objetivos marcados [4].

Una vez realizado el repaso del problema general de la sostenibilidad y en particular de la sostenibilidad del transporte haciendo referencia a los distintos informes, cumbres, acciones, consejos, tratados, etc. Se va a proceder a resumir cuales son los objetivos y estrategias que persiguen los dos últimos libros blancos del transporte [3 y 4].

2.2.4 Libro blanco.- la política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad

Tal y como se ha mencionado en el apartado 2.2.3 , en el camino que conduce a la UE hacia el “desarrollo sostenible” el transporte es un sector de vital importancia que se haya en una permanente contradicción, entre una sociedad que siempre solicita mayor movilidad y una opinión pública que soporta cada vez menos la congestión de algunas redes, el deterioro del medio ambiente y la calidad mediocre de las prestaciones que ofrecen algunos servicios de transporte.

El objetivo del Libro Blanco [3] era conciliar el desarrollo económico y las exigencias de una sociedad que demanda calidad y seguridad al efecto de fomentar un transporte moderno y sostenible. La Comisión, propone casi sesenta medidas dirigidas a crear un sistema de transporte capaz de equilibrar los medios de transporte, revitalizar el ferrocarril, fomentar el transporte marítimo y fluvial y controlar el crecimiento del transporte aéreo.

La Comunidad Europea tenía dificultades a la hora de aplicar la política común de transportes contemplada por el Tratado de Roma [57], por ello en el Tratado de Maastricht [37] se reforzaron sus fundamentos políticos, institucionales y presupuestarios, introduciendo asimismo el concepto de red transeuropea (RTE), que surge del reconocimiento de la necesidad de promocionar una macro infraestructura europea de transporte integrada.

Debido al distinto grado de rapidez en la aplicación de las decisiones comunitarias según los medios de transporte existen algunas dificultades, como por ejemplo:

- i. El crecimiento desigual de los distintos modos de transporte. La carretera representa un 44% del transporte de mercancías frente al 8% del ferrocarril y el 4% de las vías navegables. El transporte por carretera de pasajeros representa un 79%, el aéreo, el 5%, y el ferroviario, el 6%.
- ii. La congestión de algunos grandes ejes viales y ferroviarios, de las grandes ciudades y de algunos aeropuertos.
- iii. Los problemas medioambientales o de salud de los ciudadanos y la inseguridad vial.

Estas tendencias podrían acentuarse con el desarrollo económico y la ampliación de la Unión Europea.

A continuación, se hace un resumen por modos de transporte, de los problemas que presenta cada uno de ellos, y de cuáles son los objetivos a cumplir y las medidas propuestas para ello en el mencionado libro blanco [3].

2.2.4.1 *Transporte por carretera*

Para el transporte de mercancías y pasajeros, la carretera es el modo de transporte dominante, puesto que concentra un 44% del transporte de mercancías y un 79% del de pasajeros. Entre 1970 y 2000 el parque automovilístico de la Comunidad se triplicó, pasando de 62,5 millones de vehículos a aproximadamente 175 millones.

Los **objetivos** que se persiguen son:

- i. La mejora de la calidad del sector del transporte por carretera.
- ii. La aplicación de la normativa existente mediante el refuerzo de las sanciones y los controles.

La Problemática es la siguiente: el transporte internacional de mercancías es un sector objetivo, ya que las previsiones para 2010 predicen un aumento del 50%. Pese a su capacidad para transportar mercancías por toda la UE con gran flexibilidad y a precios aceptables, algunas pequeñas empresas tienen dificultades para mantener su rentabilidad. La congestión aumenta incluso en las carreteras principales y al transporte por carretera corresponde un 84% de las emisiones de CO₂ del transporte.

Para hacer frente a lo mencionado, las principales medidas propuestas contemplan:

- i. Armonizar el tiempo de conducción, con un máximo de 48 horas por semana por término medio (excepto los conductores autónomos).
- ii. Aproximar las normas nacionales relativas a la prohibición de circulación de los camiones los fines de semana.
- iii. Introducir un certificado de conductor que permita comprobar la regularidad de la situación laboral del conductor.

- iv. Fomentar la formación profesional.
- v. Fomentar la uniformidad de la legislación en el ámbito de los transportes por carretera.
- vi. Armonizar las sanciones y las condiciones de inmovilización de los vehículos.
- vii. Aumentar el número de controles.
- viii. Estimular los intercambios de información.
- ix. Reforzar la seguridad vial con el fin de reducir a la mitad el número de víctimas mortales.
- x. Velar por una fiscalidad armonizada del combustible profesional para el transporte por carretera reduciendo las distorsiones de competencia en el mercado liberalizado del transporte por carretera.

2.2.4.2 *Transporte ferroviario*

La cuota de mercado de transporte ferroviario pasó de un 21% en 1970 a un 8,4% en 1998, mientras que sigue siendo del 40% en los Estados Unidos. Paralelamente, el transporte de viajeros por ferrocarril pasó de 217.000 millones de pasajeros/km en 1970 a 290.000 millones en 1998. En este contexto, 600 km de ferrocarril se ponen fuera de servicio cada año.

El Libro Blanco [3] señala la falta de infraestructuras adaptadas al transporte moderno, la ausencia de interoperabilidad entre las redes y los sistemas, la escasa investigación sobre tecnologías innovadoras y, por último, la dudosa fiabilidad de un servicio que no responde a las necesidades de los ciudadanos. No obstante, el éxito de los nuevos servicios de trenes de alta velocidad ha propiciado un crecimiento significativo del transporte de viajeros de larga distancia.

Los **objetivos** serán:

- i. Revitalizar el ferrocarril gracias a la creación de un espacio ferroviario integrado, eficaz, competitivo y seguro.
- ii. Poner en marcha una red especial para el transporte de mercancías.

Para ello, la Comisión Europea adopta un segundo paquete de cinco medidas de liberalización y armonización técnica de los ferrocarriles, destinadas a revitalizar el ferrocarril gracias a la rápida constitución de un espacio Ferroviario europeo integrado. Las cinco nuevas propuestas contemplan:

- i. Fomentar un planteamiento común de seguridad con el fin de integrar progresivamente los sistemas nacionales de seguridad.
- ii. Completar las medidas de la interoperabilidad al efecto de facilitar la circulación transfronteriza y reducir los costes en la red de alta velocidad.
- iii. Hacerse con una herramienta de control eficaz: la Agencia Europea de la seguridad y la interoperabilidad ferroviarias.
- iv. Ampliar y agilizar la apertura del mercado del transporte ferroviario de mercancías para abrir el mercado del transporte de mercancías nacional.
- v. Adherirse a la Organización Intergubernamental para los Transportes Internacionales por Ferrocarril (OTIF).

Complementarán a este «paquete ferroviario» otras medidas contempladas en el Libro Blanco [3]:

- i. Garantizar servicios ferroviarios de alta calidad.
- ii. Eliminar barreras a la entrada en el mercado de los servicios ferroviarios de transporte de mercancías.
- iii. Mejorar el rendimiento medioambiental del transporte ferroviario de mercancías.

- iv. Dedicar gradualmente al transporte de mercancías una red de líneas ferroviarias.
- v. Abrir progresivamente el mercado del transporte de pasajeros por ferrocarril.
- vi. Mejorar los derechos de los pasajeros del ferrocarril.

2.2.4.3 *Transporte aéreo*

El porcentaje del transporte aéreo del transporte de pasajeros se prevé que se duplique entre 1990 y 2010 y pasar del 4% al 8%. El transporte aéreo es responsable de 13% de las emisiones de CO₂ atribuidas al transporte. Los retrasos causan un exceso de consumo de combustibles cifrado en un 6%.

Este crecimiento vuelve obligatoria una reforma de la gestión del espacio aéreo y una mejora de las capacidades aeroportuarias de la UE. La Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea, Eurocontrol, está limitada por un sistema de decisión por consenso, por sistemas de control precarios y por la confusión de sus responsabilidades.

Los objetivos serán:

- i. Controlar el crecimiento del transporte aéreo.
- ii. Combatir la saturación del espacio aéreo y preservar el nivel de seguridad garantizando al mismo tiempo la protección del medio ambiente.

Para ello, la creación del cielo europeo único constituye una de las prioridades actuales a través de las siguientes medidas:

- i. Un marco reglamentario basado en normas comunes de utilización del espacio aéreo.
- ii. Una gestión común civil/militar del tráfico aéreo.
- iii. Un diálogo con los interlocutores sociales con el fin de celebrar acuerdos entre las organizaciones interesadas.

- iv. Una cooperación con Eurocontrol.
- v. Un sistema de vigilancia, inspección y sanción encaminado a garantizar la aplicación efectiva de las normas.

Además de las medidas destinadas a reestructurar el espacio aéreo, la Comisión pretende armonizar el nivel técnico de los controladores mediante la creación de una licencia comunitaria de controlador aéreo.

En paralelo a la instauración del cielo único, una utilización más eficaz de las capacidades aeroportuarias pasa por la creación de un nuevo marco reglamentario que contemple:

- i. La modificación de la asignación de franjas horarias en 2003. La franja horaria aeroportuaria constituye el derecho a aterrizar o despegar a una hora concreta de un aeropuerto. A tal efecto, la Comisión presentará nuevas normas.
- ii. Una modificación de los cánones aeroportuarios para promover la redistribución de los vuelos durante todo el día.
- iii. Normas medioambientales con el fin de limitar las consecuencias nocivas para el medio ambiente. El transporte aéreo debe hacer frente a problemas como la contaminación sonora generada por el tráfico. La UE debe tener en cuenta los compromisos internacionales celebrados en el marco de la OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional).
- iv. La intermodalidad con el ferrocarril facilitando la complementariedad entre estos dos medios de transporte, sobre todo cada vez que exista una alternativa ferroviaria de alta velocidad.
- v. La creación de una Autoridad Europea para la Seguridad de la Aviación Civil (EASA) destinada a preservar un alto nivel de seguridad.
- vi. El fomento de los derechos de los pasajeros, incluidas las posibles indemnizaciones por retrasos o denegación de embarque.

2.2.4.4 *Transporte marítimo y fluvial*

Desde principios de los años ochenta la UE ha perdido un 40% de sus marinos. En cambio, el transporte marítimo representa un 70% del total de los intercambios entre la Comunidad y el resto del mundo. Por los puertos europeos pasan cada año aproximadamente 2.000 millones de toneladas de mercancías diversas.

El transporte marítimo y el transporte por vía navegable son verdaderamente competitivos frente a los trayectos terrestres. Se trata de transportes fiables, económicos y poco contaminantes y ruidosos. Sin embargo, su capacidad está infrutilizada, sobre todo la del transporte fluvial, que podría aprovecharse mejor. A este respecto, existe aún una serie de obstáculos de infraestructura, tales como cuellos de botella, gálibos inadecuados, altura de los puentes, funcionamiento de las esclusas, falta de equipamientos de transbordo, etc.

Los **objetivos** serán:

- i. Desarrollar las infraestructuras.
- ii. Simplificar el marco reglamentario mediante la creación de ventanillas únicas e integrar la legislación social con el fin de crear verdaderas autopistas del mar.

Medidas propuestas: el transporte marítimo y el transporte fluvial son elementos clave que mediante la intermodalidad permitirán sobre todo atravesar los cuellos de botella entre Francia y España en los Pirineos o entre Italia y el resto de Europa en los Alpes, así como entre Francia y el Reino Unido y en el futuro entre Alemania y Polonia.

La Comisión propone un nuevo marco legislativo para los puertos destinado a:

- i. Establecer nuevas normas más claras en los ámbitos de pilotaje, manutención, estibadores, etc.

- ii. Simplificar las normas de funcionamiento de los puertos y agrupar todos los agentes de la cadena logística (cargadores, armadores, transportistas, etc.) en una ventanilla única.

En cuanto al transporte fluvial, los objetivos son:

- i. Eliminar los cuellos de botella.
- ii. Uniformizar las prescripciones técnicas.
- iii. Armonizar los certificados de conducción y las condiciones relativas al tiempo de descanso.
- iv. Crear sistemas de ayuda a la navegación.

2.2.4.5 *Intermodalidad (utilización de varios medios de transporte)*

Se pretende reequilibrar el reparto de los distintos medios de transporte gracias a una política voluntarista en favor de la intermodalidad y la promoción de transporte ferroviario, marítimo y fluvial.

A este respecto, uno de los desafíos mayores fue el programa comunitario de apoyo “Marco Polo” [58], que sustituiría al programa PACT (programa de acciones piloto de transporte combinado) [59]. Este programa de intermodalidad, tuvo una dotación de 115 millones de euros para el periodo 2003-2007.

El reparto equilibrado de los medios de transporte debía hacer frente a la falta de un vínculo estrecho entre el transporte marítimo, por vía navegable y por ferrocarril.

“Marco Polo” [58] estuvo abierto a todas las propuestas pertinentes dirigidas a transferir el transporte de mercancías de la carretera a otros medios más respetuosos con el medio ambiente, con el objeto de convertir la intermodalidad en una realidad competitiva y económica viable, especialmente con el fomento de las autopistas del mar.



Figura 16. Autopistas del mar (Fuente: <http://www.bmcf.org.uk/2012/09/looking-into-the-maritime-future/>).

Una vez terminado este periodo, surge el programa Marco Polo II (2007-2013) [60] con el mismo objetivo: desviar las mercancías del transporte por carretera a otros modos más compatibles con el medio ambiente y siguiendo las mismas líneas de actuación.

Terminado el periodo abarcado por el programa, El Tribunal de Cuentas Europeo evaluó si la planificación de los programas por la Comisión, así como su gestión y supervisión, se habían efectuado con el fin de optimizar su eficacia, y si los proyectos financiados habían conseguido sus objetivos y constató que los programas eran ineficaces ya que no alcanzaban sus objetivos en materia de realizaciones, su impacto en el desvío de la carga de las carreteras fue limitado y no se dispone de datos que permitan evaluar los beneficios previstos de reducción del impacto medioambiental

del transporte de mercancías, limitación de la congestión y mejora de la seguridad viaria.

2.2.4.6 *Cuellos de botella y red transeuropea*

En este caso el problema son los retrasos de las redes transeuropeas que se deben a la falta de financiación. Las travesías alpinas que requieren la construcción de largos túneles se enfrentan a la dificultad de reunir los capitales para su realización. La Comisión propone completar sobre todo la red ferroviaria rápida de viajeros que comprenden las líneas de alta velocidad y los sistemas que permiten su conexión a los aeropuertos, así como la travesía ferroviaria de gran capacidad a través de los Pirineos.

Los proyectos prioritarios son los siguientes:

- i. Terminar las travesías alpinas por razones de seguridad y capacidad.
- ii. Garantizar la permeabilidad de los Pirineos, concretamente mediante la conexión ferroviaria Barcelona- Perpiñán.
- iii. Poner en marcha nuevos proyectos prioritarios, como el TAV/transporte combinado Stuttgart- Múnich-Salzburgo/Linz-Viena, el Fehmarn que conecta Dinamarca y Alemania, la mejora de la navegabilidad del Danubio entre Straubing y Vilshofen, el proyecto de radionavegación Galileo, la red TAV ibérica y la adición de la línea ferroviaria Verona-Nápoles y Bolonia-Milán, con una extensión hacia Nimes del TAV meridional.
- iv. Reforzar la seguridad en los túneles gracias a normas de seguridad específicas tanto para los túneles ferroviarios como para los de carretera.

En el ámbito de la financiación de las infraestructuras y de las reglamentaciones técnicas, la Comisión propone:

- i. Una modificación de las normas de financiación de la red transeuropea mediante el aumento hasta el 20% del tipo máximo de financiación comunitaria, lo que afectará a los proyectos ferroviarios transfronterizos que crucen barreras naturales, cordilleras o brazos de mar, y a los proyectos sitios en las zonas fronterizas de los países candidatos a la adhesión;
- ii. La instauración de un marco comunitario que permita financiar sobre todo proyectos ferroviarios mediante la tarificación en las rutas competidoras (por ejemplo, los camiones);
- iii. Una Directiva por la que se pueda garantizar la interoperabilidad de los sistemas de peaje en la red transeuropea de carreteras.

2.2.4.7 Usuarios

A este respecto se pretende situar a los usuarios en el centro de la política de transportes, esto es, luchar contra los accidentes, armonizar las sanciones y favorecer el desarrollo de tecnologías más seguras y menos contaminantes.

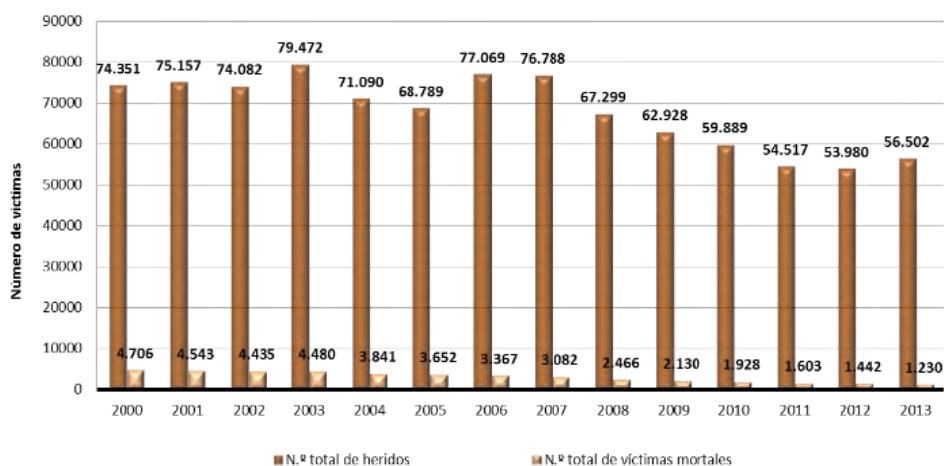


Figura 17. Número de heridos y víctimas mortales en accidentes de tráfico por carretera en vías interurbanas. 2000-2013, (Fuente: “Observatorio del transporte y la logística en España: Informe anual 2015” Ministerio de Fomento).

La primera preocupación de los usuarios del transporte es la inseguridad de las carreteras. Sin embargo, los recursos financieros no corresponden a la gravedad de la situación. En el ámbito de la tarificación, los usuarios tienen el derecho a saber lo que pagan y por qué. Lo ideal sería que el coste de utilización de las infraestructuras sea el resultado de la suma de los costes de mantenimiento y explotación y de los costes externos, tales como los accidentes, la contaminación, el ruido y la congestión. Por último, la ausencia de una fiscalidad armonizada de los combustibles parece un obstáculo al buen funcionamiento del mercado interior.

Sobre seguridad vial, la Comisión propone:

- i. Un programa de acción de seguridad vial para el período 2002-2010 con el fin de reducir a la mitad el número de víctimas mortales en la carretera.
- ii. Armonizar las sanciones, la señalización y las tasas de alcoholemia.
- iii. Establecer nuevas tecnologías, como el permiso de conducción electrónico, los limitadores de velocidad para automóviles y los sistemas de transportes inteligentes.

A este respecto, los avances actuales tienen por objeto proteger a los ocupantes de los vehículos, reforzar la protección de los peatones y ciclistas y mejorar la gestión de la velocidad.

En cuanto a la tarificación del uso de las infraestructuras, la Comisión propone:

- i. Una directiva marco sobre los principios de tarificación del uso de las infraestructuras y la estructura de los cánones, incluyendo metodología común de la tarificación de los costes internos y externos y destinados a establecer una competencia leal entre los medios de transporte.
 - a. En el sector de los transportes por carretera, los cánones se calcularán en función del comportamiento medioambiental de los vehículos (emisiones de gases y ruido), el tipo de infraestructura utilizado

- (autopistas, carreteras nacionales y urbanas), la distancia recorrida, el peso y el nivel de congestión.
 - b. En el sector ferroviario, los cánones se calcularán según la escasez de las capacidades de infraestructura y los daños medioambientales.
 - c. En el sector marítimo, las medidas propuestas estarán relacionadas con la seguridad marítima.
- ii. Una Directiva relativa a la interoperabilidad de los sistemas de peajes aplicados a la red transeuropea de carreteras.

En cuanto a fiscalidad de los combustibles, la Comisión propone:

- i. Desligar los impuestos de los combustibles de uso privado de los de uso profesional (Directiva sobre los impuestos especiales sobre el consumo);
- ii. Fijar una fiscalidad armonizada para el combustible profesional.

Otras medidas tienen por objeto mejorar la intermodalidad de los desplazamientos mediante diferentes modos, en particular en los que se emplea el ferrocarril y el avión mediante taquillas integradas y conseguir una mejor gestión de los equipajes.

2.2.5 Por una Europa en movimiento - movilidad sostenible para nuestro continente - revisión intermedia del libro blanco de 2001

Esta Comunicación [23] establece una revisión intermedia de la estrategia europea en materia de transportes, definida en 2001 [3]. La Comisión reafirma los grandes principios en que se basa su actuación, llamando la atención sobre el cambio de contexto desde 2001 y sobre la necesidad de hallar soluciones a los problemas surgidos en este marco. La ampliación, la aceleración de la globalización, los compromisos internacionales en materia de cambio climático, el contexto geopolítico de encarecimiento del precio del petróleo y los temores en materia de seguridad han influido en el sector y requieren soluciones.

El Libro Blanco de 2001 [3] proponía unas sesenta medidas para crear un sistema de transporte capaz de reequilibrar los distintos modos, revitalizar el ferrocarril, fomentar el transporte marítimo y fluvial y controlar el crecimiento del transporte aéreo. El Libro Blanco respondía así a la Estrategia de Desarrollo Sostenible aprobada por el Consejo Europeo de Gotemburgo en junio de 2001 [9].

La presente Comunicación reafirma los principios de 2001 en que se basa la política europea de transportes: satisfacer las necesidades económicas, sociales y medioambientales de la sociedad [23]. Este sector representa un 7 % del PIB de la UE y un 5 % de sus puestos de trabajo. La movilidad de las mercancías y de los ciudadanos, además de un derecho, es una fuente de cohesión y un elemento esencial de la competitividad de la industria y de los servicios europeos.

2.2.5.1 Objetivos de la política de transportes

Esta Comunicación permite pasar revista a los distintos sectores para hallar nuevas soluciones en un contexto en constante evolución. Incluye asimismo objetivos a largo plazo, con la búsqueda de un equilibrio entre crecimiento económico, bienestar social y protección del medio ambiente en todas las opciones estratégicas. Así pues, se trata de:

- i. Disociar la movilidad de sus efectos secundarios (congestión, accidentes y contaminación).
- ii. Optimizar las posibilidades específicas de cada modo de transporte. Por ejemplo, el transporte por vías navegables no se aprovecha al máximo.
- iii. Fomentar la propulsión no contaminante y el uso de transportes más ecológicos, seguros y eficaces desde el punto de vista energético.
- iv. Promover el uso eficiente de diferentes modos de transporte por separado y en combinación, para un uso óptimo y sostenible de los recursos.

Además, la Comisión desea adaptar el transporte ferroviario y el transporte por vías navegables a los principios del mercado interior. Con el aumento de eficiencia que permitan las políticas de la UE, estos modos deberían ser más competitivos, especialmente respecto del transporte por carretera.

Para alcanzar estos objetivos, se definen cuatro pilares para la política de transportes:

- i. La movilidad de las personas y de las empresas en toda la Unión.
- ii. La protección del medio ambiente, la seguridad del suministro energético, el cumplimiento de las normas laborales mínimas y la protección tanto de los pasajeros como de los ciudadanos.
- iii. La innovación, que deberá contribuir a la consecución de los dos objetivos anteriores, haciendo que la actividad del sector sea más eficaz y sostenible.
- iv. La actuación a escala internacional, para que los terceros países queden asociados a estos objetivos.

2.2.5.2 *Contexto en evolución*

Sin embargo, se subraya que ha cambiado el contexto de la política de transportes de la UE:

- i. **La ampliación ha otorgado a la UE una dimensión continental:** Europa ha adquirido más diversidad y sus Estados miembros presentan situaciones diversas, en ocasiones opuestas que requiere soluciones diferenciadas:
 - a. congestión en el Oeste,
 - b. problemas de accesibilidad en el Este.
- ii. **El sector de los transportes ha cambiado:** se está realizando una consolidación a escala europea, especialmente en el sector aéreo y marítimo. Por otra parte, la globalización ha dado lugar a la creación de grandes empresas de logística, que ejercen su actividad en el mundo entero. La política europea de transportes deberá tener en cuenta esta nueva situación.

- iii. **El transporte se transforma rápidamente en un sector de alta tecnología:** la investigación y la innovación desempeñan un papel fundamental. Entre los ámbitos prioritarios más prometedores figuran los sistemas de transporte inteligentes, que incluyen la comunicación, la navegación y la automatización, así como una tecnología de motores que permita una mejora del rendimiento energético y el fomento de los combustibles alternativos.
- iv. **Los compromisos internacionales en materia de medio ambiente,** por ejemplo los contraídos en virtud del Protocolo de Kioto [61], han de integrarse en la política de transportes.
- v. **La política de transportes debe seguir alcanzando los objetivos de la política europea de la energía:** los transportes representan un 30 % del consumo energético total de la UE, con una dependencia del petróleo que asciende a un 98 %. El alto nivel de precios del petróleo influye en el sector y estimula una mejora del rendimiento energético.
- vi. **El contexto internacional ha cambiado:** la amenaza que supone el terrorismo ha influido en el sector de la demanda, especialmente hacia los países emergentes.
- vii. **La gobernanza europea evoluciona:** el marco jurídico de base del mercado interior ya está en gran parte establecido, por lo que ahora depende sobre todo de su aplicación efectiva sobre el terreno; la Comisión, por su parte, procura simplificar la reglamentación.

2.2.5.3 *Movilidad, protección, innovación y relaciones con países terceros*

Si en 2001 los retos prioritarios radicaban en el desequilibrio entre los distintos modos de transporte y la congestión, la situación ha evolucionado. La congestión de la red vial se ha agravado y cuesta a la Unión Europea un 1 % de su PIB.

El tránsito aéreo también ha registrado un crecimiento continuo, al igual que su impacto ambiental. El problema de los gases de efecto invernadero y del cambio

climático ha pasado a primer plano. Globalmente, el transporte interior es responsable de un 21 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. Dichas emisiones han aumentado un 23 % desde 1990 y ponen en peligro la consecución de los objetivos de Kioto [61].

Las medidas contempladas por la Comisión en 2001 [3] no bastarán para alcanzar los objetivos iniciales, por lo que será necesario un abanico más amplio y flexible de instrumentos de acción. Así pues, para idear y evaluar políticas futuras, la Comisión desea fomentar un debate sobre las hipótesis de transporte que pueden barajarse en un plazo de 20 a 40 años, con el fin de perfilar un enfoque global del transporte sostenible. Para ello, se dividen los temas en cuatro pilares: Movilidad, protección, innovación y relaciones con países terceros.

Movilidad:

Se liberaliza la vertiente internacional del transporte por carretera, mientras que sigue estando ampliamente protegida a escala nacional. Por ello, La Comisión desea establecer normas comunes sobre las cualificaciones profesionales y las condiciones laborales, que ahora varían mucho entre Estados miembros. Además, el impacto en la competencia de las diferencias de niveles de imposición de los combustibles de un Estado miembro a otro es un factor importante que influye en la evolución futura. La Comisión desea, por tanto, tomar medidas para reducir las diferencias excesivas que existen en ese sentido.

En lo referente al transporte ferroviario, tras la liberalización del transporte de mercancías, el transporte ferroviario debe abrir a la competencia el transporte internacional de viajeros. Para ello la comisión desea proponer medidas para: el acceso al mercado y a la profesión, regular el nivel de los impuestos especiales, tener el respaldo de organismos reguladores en los Estados miembros, crear una red para el transporte de mercancías por ferrocarril en el marco de una política de logística del

transporte y supervisar el mercado ferroviario con la elaboración de un cuadro de indicadores.

El transporte aéreo ha sufrido una reestructuración y la integración del mercado interior del sector aéreo avanzan de forma satisfactoria. No obstante, la Comisión quiere: extender el mercado interior y ampliar sus aportaciones a los enlaces aéreos con el exterior, crear un cielo único para aumentar la eficacia del transporte aéreo en la UE, invertir para aumentar las capacidades aeroportuarias y por último reducir efectos ambientales debidos al crecimiento rápido del tráfico.

La Comisión estima que el sector marítimo es una solución de recambio al transporte terrestre, por las posibilidades considerables que representa en las distancias cortas. El desarrollo del transporte marítimo debe responder aún a dos grandes retos: La creación de un espacio interior de la navegación ya que los trayectos marítimos de un Estado miembro a otro se consideran exteriores, por la normativa internacional y el desarrollo de las capacidades portuarias: para absorber el crecimiento marítimo previsto.

La Comisión subraya las posibilidades que representa el transporte fluvial, que podrían aprovecharse mediante su integración en cadenas logísticas multimodales. El programa Naiades expone un plan de acción de la Comisión para el fomento del sector [62].

Protección:

El sector del transporte es un sector con más de 10 millones de puestos de trabajo en la Unión. Ahora bien, en algunos sectores concretos, como el transporte ferroviario y el transporte por carretera, se ha observado escasez de personal cualificado. La Comisión desea centrar sus esfuerzos en la formación y motivar a los jóvenes para que opten por las profesiones relacionadas con el transporte.

La Comisión propone igualmente examinar las normas sobre las condiciones laborales.

Innovación

La Comisión desea integrar la innovación de forma transversal en la política de transportes para acelerar la definición de algunas soluciones. Dispositivos de seguridad inteligentes, nuevos modos de comunicación y gestión del tráfico: todo ello podría facilitar la movilidad y la integración de las redes transeuropeas. Además, las empresas de la UE podrían conquistar nuevos mercados merced a su excelencia en el ámbito de las tecnologías del transporte. Para ello se defiende:

- i. Mejorar el rendimiento energético a escala de la UE y que se respalden las actividades de investigación, demostración e introducción en el mercado de nuevas y prometedoras tecnologías.
- ii. Crear cadenas logísticas multimodales.
- iii. Movilizar fuentes de financiación para las redes transeuropeas (RTE).
- iv. Movilidad inteligente solicitando el pago por el uso de las infraestructuras de transporte. Para ello, se debe proponer un modelo universal, transparente y comprensible para evaluar todos los costes externos, que servirá de base para el cálculo de los gastos en materia de infraestructura.
- v. Todos los modos de transporte deben poder contar con medios de comunicación, de navegación y de automatización perfeccionados, que se apoyen, en particular, en el sistema Galileo¹. En esta óptica se inscriben los

¹ Sistema Europeo de navegación por satélite.

programas Vehículo Inteligente², SESAR (Single European Sky ATM Research)³ para el transporte aéreo, ERTMS⁴ para el transporte ferroviario y SIF⁵ para el transporte fluvial.

Relaciones con los terceros países:

Por estar el sector del transporte intrínsecamente relacionado con las problemáticas internacionales, la Comisión desea inscribir su política en el marco de relaciones más amplias con los terceros países. Además, la convergencia de las normas de la UE y de las normas internacionales abre mercados de exportación para las tecnologías europeas. Sin embargo, las empresas de transporte de la UE registran a menudo una limitación de sus actividades por el mantenimiento de obstáculos a la importación o a la inversión en los terceros países. La Comisión se propone desarrollar cooperaciones políticas y diálogos industriales con los principales socios comerciales y agrupaciones regionales, especialmente mediante la celebración de acuerdos. Asimismo, desea elaborar un marco estratégico para ampliar los ejes principales del mercado interior de los transportes y crear una red con los países vecinos que lo deseen.

² *Iniciativa de la Comisión Europea que tiene por objeto fomentar la utilización de nuevas tecnologías a fin de lograr automóviles más seguros, limpios y eficientes. Pretende ofrecer una respuesta a los problemas sociales causados por el transporte por carretera, esencialmente en materia de accidentes y de congestión del tráfico.*

³ *Nombre que se le ha dado al proyecto tecnológico y operativo para modernizar la Gestión del Tránsito Aéreo (ATM) en Europa y que complementa el marco regulatorio de la iniciativa comunitaria de Cielo Único Europeo.*

⁴ *European Traffic Management System o Sistema Europeo de Gestión del Tráfico: es un sistema de mando y control de trenes que fue adoptado por la Unión Europea para equiparar todas las nuevas líneas que se construyan en los países que la componen. El objetivo es que la señalización y las comunicaciones entre vía y equipos de a bordo sean compatibles en toda Europa y se posibilite la interoperabilidad de las circulaciones ferroviarias entre los diversos Estados de la Unión Europea.*

⁵ *Servicio de información Fluvial.*

2.2.6 Libro blanco 2011.- hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible

Con el fin de limitar el calentamiento mundial a menos de 2° C, la UE necesita reducir un 80-95% sus emisiones por debajo de los niveles de 1990, y hacerlo antes de 2050, en el contexto de las reducciones necesarias del grupo de los países desarrollados.

En su Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica⁶ competitiva en 2050 [63], la Comisión muestra que, aunque pueden lograrse reducciones más radicales en otros sectores de la economía, el sector del transporte, que es una fuente importante de GEI en continuo aumento, ha de realizar una reducción de al menos el 60% de GEI para 2050, con respecto a los niveles de 1990. Para 2030, el objetivo correspondiente al transporte será reducir las emisiones de GEI a cerca del 20% por debajo de su nivel en 2008. Habida cuenta del importante incremento en las emisiones procedentes del transporte en las últimas dos décadas, esto las situaría todavía un 8% por encima del nivel de 1990.

Desde el Libro Blanco sobre el Transporte [3] se han logrado muchos avances pero si se piensa en los próximos 40 años, y el desarrollo sigue por la misma vía, la dependencia del crudo podría seguir siendo algo inferior al 90%, con fuentes de energía renovable que superasen sólo de forma marginal el objetivo del 10% establecido para 2020. Para el año 2050, las emisiones de CO₂ procedentes del transporte seguirían estando una tercera parte por encima de su nivel de 1990. Los

⁶ El término hipocarbónico es una adaptación al español de "low carbon economy", concepto que establece que en una economía –y una sociedad– baja en carbono, las emisiones de CO₂ son inferiores a las requeridas para estabilizar a largo plazo su concentración en la atmósfera.

costes de la congestión aumentarán en cerca del 50% para 2050 y el desequilibrio de accesibilidad entre las zonas centrales y periféricas se acentuaría. Seguirán aumentando los costes sociales de los accidentes y del ruido.

Por estos motivos la Comisión Europea publica el “*Libro Blanco 2011: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte*” [4], en la que presenta su visión del transporte y se proponen medidas clave para alcanzar los objetivos marcados.

2.2.6.1 *Objetivos*

a) Transporte creciente, apoyo a la movilidad, y reducción de emisiones del 60%:

El reto es romper la dependencia de los sistemas de transporte respecto del petróleo sin sacrificar su eficiencia ni comprometer la movilidad. En línea con la iniciativa *Una Europa que utilice eficazmente los recursos* establecida en la Estrategia Europa 2020 [64], el objetivo principal de la política de transporte europea es contribuir a establecer un sistema que sustente el progreso económico europeo, mejore la competitividad y ofrezca servicios de movilidad de gran calidad, utilizando al mismo tiempo los recursos de forma más eficiente. En la práctica, el transporte ha de usar menos energía, y más limpia, explotar mejor una infraestructura moderna y reducir su impacto negativo en el medio ambiente y en sus valores naturales esenciales, como son el agua, la tierra y los ecosistemas.

La evolución futura debe basarse en mejorar la eficiencia energética de los medios de transporte, optimizar el rendimiento de las cadenas logísticas multimodales y en utilizar de forma más eficaz las infraestructuras mediante sistemas mejorados de gestión del tráfico.

b) Una red básica eficiente para los desplazamientos y el transporte interurbanos y multimodales:

En las distancias intermedias, las nuevas tecnologías no están tan desarrolladas y las opciones modales son más limitadas que en la ciudad. Sin embargo, es aquí donde la acción de la Unión Europea puede tener el impacto más inmediato.

La mayor integración de las redes modales dará lugar a mejores opciones modales, así habrá cada vez habrá más conexiones entre aeropuertos, puertos, ferrocarril, metro y estaciones de autobús, y se transformarán en plataformas de conexión multimodales para los usuarios.

La información en línea y los sistemas de reserva y pago electrónicos que abarquen todos los medios de transporte deberán facilitar los viajes multimodales. El uso más extendido de los modos colectivos de transporte irá acompañado de un conjunto adecuado de derechos de los pasajeros.

c) Condiciones de competencia equitativas para los desplazamientos a larga distancia de pasajeros y el transporte de mercancías intercontinental:

El sector de la aviación debe seguir mejorando la eficiencia de las aeronaves y las operaciones de gestión del tráfico aéreo. Además de reducir las emisiones, constituirá una ventaja competitiva.

Es preciso optimizar la capacidad aeroportuaria y, cuando sea necesario, incrementarla para hacer frente a la creciente demanda de desplazamientos hacia y desde terceros países y zonas de Europa que están mal comunicadas por otros medios de transporte, lo cual puede dar lugar a que en 2050 la actividad del transporte aéreo de la UE sea más del doble de la actual. La industria de la aviación de la UE debe ir en cabeza en el uso de combustibles hipocarbónicos para alcanzar el objetivo de 2050.

d) Transportes urbanos y suburbanos no contaminantes:

Dado que el transporte urbano es responsable de casi una cuarta parte de las emisiones de CO₂ originadas por el transporte, la eliminación progresiva de los vehículos de propulsión comercial en las ciudades supondrá una contribución fundamental a una reducción significativa de la dependencia del petróleo, las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación atmosférica local y la contaminación acústica. Los vehículos híbridos se presentan como una opción de cambio pero para su implantación completa se debe desarrollar la infraestructura adecuada para que los nuevos vehículos puedan repostar combustible o cargar sus baterías.

Por otra parte la gestión de la demanda y la ordenación territorial pueden reducir los volúmenes de tráfico. Una parte integrante de la movilidad urbana y del diseño de infraestructuras debe centrarse en facilitar los desplazamientos a pie y en bicicleta. Debe fomentarse el uso de vehículos de pasajeros más pequeños, más ligeros y más especializados en el transporte por carretera, así como introducción de sistemas de propulsión y de combustibles alternativos en las grandes flotas de autobuses urbanos, taxis y camionetas de reparto de mercancías. Esto podría contribuir sustancialmente a la reducción de la intensidad de carbono del transporte urbano, y servir de banco de pruebas para las nuevas tecnologías y de oportunidad para su rápida implantación en el mercado.

e) Valores de referencia para lograr el objetivo del 60% de reducción de las emisiones de GEI:

- i. Reducir a la mitad el uso de automóviles de propulsión convencional en el transporte urbano para 2030; eliminarlos progresivamente en las ciudades para 2050; lograr que la logística urbana de los principales centros urbanos en 2030 esté fundamentalmente libre de emisiones de CO₂.

- ii. Llegar a una cuota del 40% de combustibles sostenibles hipocarbónicos en el sector aéreo para 2050; reducir, también para 2050, las emisiones de CO₂ de la UE procedentes del fuelóleo para calderas del sector marítimo en un 40% y, si es posible, en un 50%.
- iii. Intentar transferir a otros modos, como el ferrocarril o la navegación fluvial, de aquí a 2030, el 30% del transporte de mercancías por carretera, y para 2050, más del 50%, apoyándose en corredores eficientes y ecológicos de tránsito de mercancías.
- iv. Para 2050, completar una red europea de ferrocarriles de alta velocidad. Triplicar la longitud de la red existente de ferrocarriles de alta velocidad para 2030 y mantener una densa red ferroviaria en todos los Estados miembros. En 2050, la mayor parte del transporte de pasajeros de media distancia debería realizarse por ferrocarril.
- v. Disponer para 2030 de una “red básica” de RTE-T⁷ que cubra toda la UE, multimodal y plenamente operativa, con una red de alta calidad y capacidad para 2050 y el conjunto de servicios de información correspondiente.
- vi. De aquí a 2050, conectar todos los aeropuertos de la red básica a la red ferroviaria, preferiblemente de alta velocidad; garantizar que todos los puertos de mar principales estén suficientemente conectados con el sistema ferroviario de transporte de mercancías y, cuando sea posible, con el sistema de navegación interior.
- vii. Implantar la infraestructura de gestión del tráfico aéreo modernizada (SESAR) en Europa para 2020 y finalizar la construcción de la Zona Europea Común de Aviación⁸. Implantar sistemas equivalentes de gestión del transporte para

⁷ Red Transneuropea de transporte (Trans-European Transport Networks, abreviado como TEN-T).

⁸ La Zona Europea Común de Aviación (ZECA), creada en el 2006 por un acuerdo de los Estados miembros de la UE y varios países extracomunitarios, se fundamenta en “el acceso mutuo a los mercados de transporte aéreo [...], la

- el transporte terrestre (Vehículo inteligente), marítimo y fluvial (SIF).
Implantar el sistema global de navegación por satélite europeo (Galileo).
- viii. Para 2020, establecer el marco para un sistema europeo de información, gestión y pago de los transportes multimodales.
- ix. De aquí a 2050, aproximarse al objetivo de “cero muertes” en el transporte por carretera. En línea con este objetivo, la UE se ha fijado la meta de reducir a la mitad las víctimas en la carretera para 2020. Asegurarse que la UE es líder mundial en seguridad y protección en el transporte en todos los modos de transporte.
- x. Avanzar hacia la aplicación plena de los principios del “usuario pagador” y de “quien contamina paga” y del compromiso del sector privado para eliminar distorsiones, incluidas subvenciones perjudiciales, generar ingresos y asegurar la financiación para futuras inversiones en transportes.

2.2.6.2 Estrategias

a) Espacio Único Europeo del Transporte:

Contar con un Espacio Único Europeo del Transporte debería facilitar los movimientos de los ciudadanos y el transporte de mercancías, reducir costes e incrementar la sostenibilidad del transporte europeo. El Cielo Único Europeo debe ser implementado según las previsiones, para después tratar el tema de la capacidad y la calidad de los aeropuertos.

Por otra parte es importante aunar la competitividad con los aspectos sociales, sobre la base del diálogo social, con el fin de evitar conflictos sociales, que han demostrado

libertad de establecimiento en igualdad de condiciones de competencia y el respeto a las mismas normas, incluidos los ámbitos de la seguridad aérea, la protección de la aviación, la gestión del tránsito aéreo, la armonización social y el medio ambiente”.

que son la causa de importantes pérdidas económicas en una serie de sectores, fundamentalmente en la aviación.

La calidad, accesibilidad y fiabilidad de los servicios de transportes son aspectos que ganarán una creciente importancia en los próximos años, entre otras cosas debido al envejecimiento de la población y a la necesidad de fomentar el transporte público. Las principales características de un servicio de calidad son horarios convenientes, comodidad, facilidad de acceso, fiabilidad de los servicios e integración intermodal. La disponibilidad de informaciones relativas a la duración de los trayectos y a los itinerarios alternativos es igualmente importante para una movilidad puerta a puerta sin discontinuidad, tanto para el transporte de pasajeros como para el de mercancías.

La protección del transporte ocupa un lugar destacado en la agenda de la UE. La estrategia global de la UE en materia de política, legislación y control de la protección del transporte aéreo y marítimo debe seguirse consolidando y reforzando mediante la cooperación con los principales interlocutores internacionales. Se elaborará una estrategia europea para la seguridad de la aviación civil, que incluya la adaptación a las nuevas tecnologías.

b) Innovar para el futuro – tecnología y comportamiento:

Una estrategia europea para la investigación, la innovación y la implantación en el Transporte:

La innovación tecnológica puede lograr una transición más rápida y económica hacia un sistema de transporte europeo más eficiente y sostenible, actuando sobre tres factores principales:

- i. La eficiencia de los vehículos mediante nuevos motores, materiales y diseño;
- ii. El recurso a una energía más limpia mediante nuevos combustibles y sistemas de propulsión.

- iii. Una mejor utilización de las redes y unas operaciones más seguras mediante los sistemas de información y comunicación.

La política de investigación e innovación del transporte deberá apoyar cada vez más y de forma coherente el desarrollo e implantación de las tecnologías claves necesarias para hacer evolucionar el sistema de transporte de la UE hacia un sistema moderno, eficiente y fácil de utilizar. La Comisión concebirá una estrategia de innovación e implantación para el sector del transporte, en estrecha colaboración con el Plan de Tecnologías Energéticas Estratégicas⁹, que identifique los instrumentos adecuados de gobernanza y financiación, con el fin de garantizar la rápida implantación de los resultados de la investigación. La investigación e innovación revisten especial importancia en el campo de las tecnologías de propulsión de vehículos y combustibles alternativos.

La estrategia incluirá también la implantación de sistemas inteligentes de movilidad, desarrollados mediante investigación financiada con fondos de la UE, como es el futuro sistema de gestión del tráfico aéreo SESAR (Single European Sky ATM Research).

La innovación e implantación han de estar apoyadas por las condiciones del marco reglamentario. Los requisitos de normalización e interoperabilidad, incluso a nivel internacional, evitarán la fragmentación tecnológica y permitirán a las empresas europeas obtener plenos beneficios de la totalidad del mercado del transporte europeo, y crear oportunidades de mercado a escala mundial.

⁹ *Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE): La Comisión presenta un plan estratégico para acelerar el desarrollo y la implantación al mínimo coste de tecnologías con baja emisión de carbono. Este plan comprende medidas relativas a la planificación, la aplicación, los recursos y la cooperación internacional en el sector de las tecnologías energéticas.*

Pautas de movilidad innovadoras:

Para fomentar un comportamiento más ecológico, hay que promocionar activamente una mejor planificación de la movilidad. Es necesario que exista información, ampliamente disponible, sobre todos los modos de transporte, tanto de pasajeros como de mercancías, y sobre las posibilidades de su uso combinado y su impacto medioambiental. Es vital contar con sistemas inteligentes de expedición de billetes intermodales, con normas comunes en toda la Unión Europea.

En el contexto urbano, es necesaria una estrategia mixta que incluya ordenación del territorio, regímenes de tarificación, servicios de transporte público eficientes e infraestructuras para los modos no motorizados y para la carga/repostado de los vehículos no contaminantes, con el fin de reducir la congestión y las emisiones.

Los planes de movilidad urbana deberán estar plenamente en consonancia con los planes de desarrollo urbano integrados.

c) Infraestructura moderna, tarificación inteligente y financiación:

Una red de movilidad europea

Europa necesita una red básica de corredores por los que circulen grandes volúmenes consolidados de tráfico de mercancías y de pasajeros con alta eficiencia y bajas emisiones, gracias a la utilización extensiva de modos más eficientes de combinaciones multimodales y a la situación generalizada de tecnologías avanzadas e infraestructura de suministros para combustibles no contaminantes. Debe garantizar conexiones multimodales eficientes entre las capitales de la UE y otras ciudades importantes, puertos, aeropuertos y pasos fronterizos terrestres clave, así como con otros centros económicos importantes.

Para que una red de transportes funcione correctamente se requiere importantes recursos. Los Estados miembros han de garantizar que cuentan con financiación

nacional suficiente en su programación presupuestaria, así como de suficiente capacidad para la planificación y ejecución de los proyectos.

Aplicar precios correctos y evitar distorsiones

Las tasas e impuestos del transporte tienen que ser reestructuradas en la dirección de una aplicación más general del principio de “quien contamina paga” y del cobro al usuario. La carga global para el sector debe reflejar los costes totales del transporte, incluidos los costes de las infraestructuras y los costes externos.

Por lo que respecta a las emisiones de gases de efecto invernadero, se están utilizando dos instrumentos fundamentales con base en el mercado: la imposición a la energía y los regímenes de comercio de emisiones. La revisión de la Directiva sobre imposición de los productos energéticos¹⁰ ha sido una oportunidad de garantizar una mayor coherencia entre los dos instrumentos.

El coste de las externalidades locales, como el ruido, la contaminación del aire y la congestión podría ser internalizado mediante el cobro por el uso de la infraestructura.

¹⁰ Directiva sobre fiscalidad de los productos energéticos NUM. 111/2004 (99-120): La Unión Europea (UE) establece un régimen global de imposición de los productos energéticos y de la electricidad. Largo tiempo reservado únicamente a los aceites minerales, el sistema de los mínimos europeos de imposición se amplía al carbón, al gas natural y a la electricidad. El régimen fija los tipos mínimos de imposición aplicables a los productos energéticos, cuando estos productos se utilizan como carburante o combustible de calefacción, y a la electricidad. Por tanto, tiene por objeto mejorar el funcionamiento del mercado interior, reduciendo las distorsiones en competencia entre los aceites minerales y los demás productos energéticos. Para alcanzar los objetivos ecológicos de la UE y del Protocolo de Kioto, promueve una utilización más eficaz de la energía con el fin de reducir la dependencia de las energías importadas y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. Siempre en la perspectiva de la protección del medio ambiente, autoriza a los países de la UE a conceder ventajas fiscales a las empresas que adoptan medidas específicas de reducción de sus emisiones.

Dimensión exterior

La Comisión se centrará en ampliar las disposiciones del mercado interior mediante el trabajo en organismos internacionales como la OACI¹¹. Fomentará las normas europeas de seguridad, protección, privacidad y protección del medioambiente en todo el mundo mediante la cooperación bilateral y multilateral. Reforzar el diálogo en el ámbito de los transportes con los principales interlocutores.

Se finalizará la construcción del Espacio Aéreo Común Europeo de 58 países y 1000 millones de habitantes. Promoverá la utilización de las tecnologías de SESAR en el mundo y se establecerán asociaciones de investigación e innovación también a nivel internacional.

Por último se fomentará nuestro enfoque en todo el mundo: abrir los mercados de transporte a una competencia libre y sin distorsiones y a soluciones ecológicamente sostenibles.

Una vez visto cuales son los objetivos y estrategias propuestas por la UE para conseguir la sostenibilidad del sistema de transporte, se va a proceder a ver de qué manera se asimila y aplican todas estas directivas a nivel local para el caso concreto de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

¹¹ *Organización de la Aviación Civil Internacional.*

2.3 POLITICAS DE MOVILIDAD DEL GOBIERNO VASCO-EUSKO JAURLARITZA

2.3.1 Introducción

El “Plan director del transporte sostenible. La política común de transportes en Euskadi 2002-2012” (PDTS) fue aprobado por el Consejo de Gobierno el 19 de noviembre de 2.002 y tenía por objeto formular la política común del transporte que el Gobierno Vasco se proponía desarrollar en los próximos diez años [65].

Este Plan reconoce el Transporte como un sector con valor estratégico y básico, con capacidad de cohesión social y territorial, así como instrumento de relación económica, social y cultural de Euskadi con su entorno.

La política que se quiere impulsar a través del Plan está articulada en torno a cinco objetivos, que son:

- i. Desvincular el desarrollo económico del incremento de demanda de transporte.
- ii. Lograr una accesibilidad universal.
- iii. Impulsar un reequilibrio entre los modos de transporte.
- iv. Potenciar la posición estratégica de Euskadi en Europa.
- v. Avanzar hacia un modelo de transporte sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Para ello se proponen dos pilares básicos:

- i. La Autoridad del Transporte como órgano coordinador de las diferentes competencias administrativas, de los diferentes intereses económicos y la endémica atomización del sector.

- ii. La Plataforma Logística Euskadi-Aquitania, como instrumento para hacer valer la posición estratégica de Euskadi en las comunicaciones norte-sur europeas.

El presente PDTS [65] define el Transporte Sostenible como:

“Una actividad de naturaleza económica que tiene por objeto el traslado de personas y/o bienes, sujeta ó no a autorización administrativa, la cual debe garantizar la accesibilidad universal mediante la utilización equilibrada de los diferentes Modos de Transporte en condiciones de seguridad, calidad y eficiencia, que debe garantizar, también, la capacidad de las generaciones futuras en la resolución de sus necesidades.”

Mediante esta definición, se intenta conciliar la exigencia de eficacia y calidad de la política del Transporte, con la diversidad de las actividades y agentes, y se inscribe en una economía de mercado equilibrada y social.

El Plan tiene un doble objetivo operativo: conseguir una eficiencia creciente mediante la aplicación de las medidas previstas y una mayor cohesión entre esas medidas y las demás políticas de las Administraciones. Hay que tener en cuenta que en la CAPV (Comunidad Autónoma del País Vasco), y en su específico marco competencial, el aspecto administrativo del Transporte está estructurado en dos niveles: Gobierno Vasco y Diputaciones. El Gobierno tiene la competencia planificadora, coordinadora, ordenadora y legisladora en desarrollo de la básica del Estado, así como ejecutiva y gestora de los Sistemas de Transporte, y las Diputaciones las competencias ejecutivas y gestoras en el concreto ámbito de la red viaria interurbana.

Antes de analizar la situación del transporte en Euskadi, en el apartado 2.3.2 se va a hacer una breve descripción del modelo territorial de la comunidad autónoma, y en el 2.3.3 de lo que se entiende por “accesibilidad”, para poder entender y abordar mejor

posibles los problemas relacionados con el transporte tanto de personas como de mercancías.

2.3.2 Modelo territorial

Puede afirmarse que el modelo territorial actual de Euskadi se basa en la existencia de tres ciudades importantes, situadas a corta distancia entre ellas.

De acuerdo con el análisis que hacen las D.O.T. (Directivas de Ordenación del Territorio) aprobadas en 1.997 en desarrollo de la Ley de Ordenación del Territorio [66], las tres ciudades del Sistema Polinuclear Vasco, Bilbao Metropolitano, Donostia-San Sebastián y Vitoria-Gasteiz, por su tamaño funcional y estratégica situación geográfica ejercen un papel estructurante desde el punto de vista económico, cultural y urbano.



Figura 18. Infraestructuras CAPV (Fuente: “Plan director del transporte sostenible. La política común de transportes en Euskadi 2002-2012” del Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco).

El Bilbao Metropolitano es el área geográfica de mayor dimensión urbana de la Cornisa Cantábrica, donde se concentra el mayor porcentaje de población de Euskadi.

El resto del Territorio Histórico de Bizkaia se define en torno a cabeceras de áreas funcionales medias como Gernika, Durango y Markina, quedando en un segundo lugar áreas con tamaño funcional menor como las Encartaciones, Arratia y Mungia.

El territorio Histórico de Araba/Álava presenta una configuración macrocefálica y desequilibrada, sin ciudades intermedias de distribución. Excepto el alto valle del Nervión (Llodio, Amurrio) que funcionalmente se relaciona con el Bilbao Metropolitano, los núcleos de población alaveses son de escasa entidad, dándose la circunstancia que las poblaciones más importantes de la Rioja Alavesa presentan funcionalmente vinculaciones importantes con núcleos ajenos a Euskadi (Haro, Logroño, Miranda).

La situación del Territorio Histórico de Gipuzkoa es más equilibrada ya que casi todos los núcleos de población se encuentran próximos a alguna cabecera de suficiente nivel, en general la capital del valle donde se ubican. Gipuzkoa se constituye así como un conjunto de ciudades de tamaño medio distribuidas de forma bastante homogénea en el Territorio, sin que la importancia de la capital Donostia-San Sebastián llegue a romper ese equilibrio general.

En resumen, contrasta el equilibrio territorial de Gipuzkoa con la excesiva concentración espacial que se produce tanto en el Área Funcional de Vitoria-Gasteiz como del Bilbao Metropolitano.

El modelo territorial de las infraestructuras de la CAPV está definido actualmente en las Directrices de Ordenación Territorial (DOT), y concretamente en su Directriz 13 “Infraestructuras de Transportes, Comunicaciones y Energía” [66].

Del modelo territorial que informan las DOT cabe señalar que consolida el existente, disponiendo su complemento y mejora, pero sin aportar novedades, aunque señala una serie de criterios sin carácter vinculante o normativo, como los siguientes:

- i. Las distintas infraestructuras y equipamientos para el transporte deben estar concebidas con criterio de intermodalidad.
- ii. Establecer o potenciar el transporte público de alta capacidad en las áreas urbanas.
- iii. Potenciar el Sistema Aeroportuario Vasco
- iv. Favorecer la ampliación de los Puertos de Bilbao y Pasajes.
- v. Estimular el desarrollo de infraestructuras náutico- deportivas de forma compatible con la preservación del medio natural.
- vi. Limitar el uso del automóvil privado.
- vii. Planificar el desarrollo de equipamientos: Estaciones de autobús, intercambiadores, Centros Integrados de Transportes.
- viii. Potenciar el ferrocarril como modo de transporte de mercancías.
- ix. Integrar la infraestructura de transporte de las áreas urbanas.

2.3.3 Accesibilidad

La accesibilidad significa que cualquier persona o cosa, por sí mismo o por acción externa, pueda alcanzar libremente cualquier punto del espacio en todo momento. La accesibilidad tiene atributo de universalidad, es decir, la Administración tiene que proporcionar (garantizar) la accesibilidad a todos los ciudadanos/ as en una sociedad moderna.

La accesibilidad comprende tres aspectos:

- i. Física: supone dotar a cualquier lugar con la infraestructura precisa.
- ii. Funcional: supone la existencia de un sistema (modo) que utiliza eficazmente la infraestructura.
- iii. De derecho: el derecho a la accesibilidad se configura como atributo básico de cualquier sujeto de derecho – por ello se promulgan las Leyes de promoción de la accesibilidad, con el objeto de garantizar éste derecho de

forma universal, general. Pero éste derecho básico se ve modulado por el respeto a otros derechos igualmente reconocidos, como es el derecho a disfrutar el medio físico en su estado natural, y que debe transmitirse a las generaciones futuras. Esta idea está imponiendo el concepto de “sostenibilidad”, aplicable a todos los ámbitos de las actividades de carácter económico. Por ello la accesibilidad se adjetiva en estos momentos con el término “sostenible”, de modo y manera que el derecho a una accesibilidad física y funcional se entiende dentro de los límites del mantenimiento de las condiciones actuales del entorno ó medio físico.

2.3.4 Modos de transporte: situación actual

Si se establecen los modos actuales de transporte en la Comunidad Autónoma definiéndolos y jerarquizándolos, se obtiene con independencia de que la movilidad se refiera a personas o bienes, un sistema con sus competencias institucionalmente dispersas junto a una primacía absoluta de la carretera sobre otras alternativas de transporte.

Sistema	Infraestructura	Órgano	Ente/Operador
Sistema Ferroviario	Red Transeuropea Red Peninsular	Estado	RENFE
	Red Métrica	Comunidad Autónoma del País Vasco Estado	Euskotren FEVE
	Metro/Tranvía	Comunidad Autónoma del País Vasco	Metro B., Euskotren
Sistema Viario	Red Gral. Carreteras	Diputaciones Forales	Concesionarios de Servicio Público de Transporte
	Red Local y vecinal	Ayuntamientos	
	Autopista A-68	Estado	Usuario particular
Sistema Portuario	Puertos Interés General	Estado	Autoridad Portuaria
	Puertos Autonómicos	Comunidad Autónoma del País Vasco	Comunidad Autónoma del País Vasco
Sistema Aéreo	Aeropuertos Interés General	Estado	AENA

Figura 19. Clasificación de infraestructuras CAPV (Fuente: “Plan director del transporte sostenible. La política común de transportes en Euskadi 2002-2012” del Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco).

En el ámbito de la movilidad de las personas en el momento en el que se realizó el PDTS [65], se constata un amplio dominio del transporte por carretera siendo el vehículo privado el modo más utilizado en los desplazamientos intercomarcales; el dominio del transporte por carretera se puede sintetizar en los siguientes hechos:

- i. La mitad de los desplazamientos motorizados se realizan en vehículo privado.
- ii. El uso de vehículo privado se realiza con ocupación media de 1,66 persona/vehículo.
- iii. El 67% de los desplazamientos intercomarcales se realiza en vehículo propio.

Ha pasado una década y los datos han mejorado algo, aunque dentro de los desplazamientos motorizados el vehículo privado siga teniendo un peso elevado como puede verse en la Figura 20 y Figura 21 :

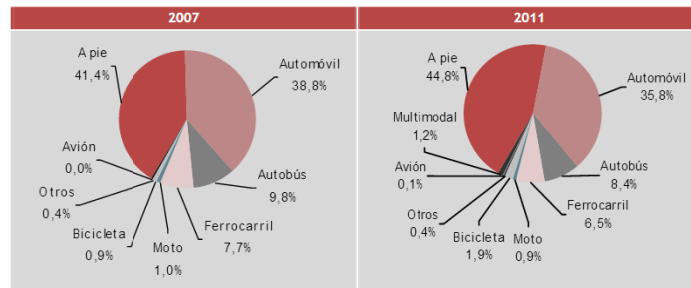


Figura 20. Distribución de la movilidad de personas en la CAPV según modo de transporte 2007-2011 (%) (Fuente: Panorámica del transporte en Euskadi 2011).

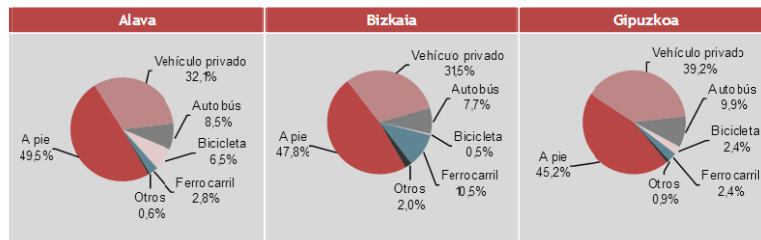


Figura 21. Distribución de la movilidad de personas en la CAPV por territorios según modo de transporte 2011 (%) (Fuente: Panorámica del transporte en Euskadi 2011).

El transporte de mercancías por carretera experimentó fuertes incrementos anuales (período 94/99 = 57 %), con importante incidencia del tráfico de tránsito en la evolución interanual debido, sobre todo, a la ubicación geográfica de la CAPV. El transporte de tránsito que no aporta en la actualidad un valor añadido, impone costes añadidos ambientales, de infraestructuras, congestión, siniestralidad...

Según las últimas informaciones [67] el tráfico de mercancías en un día laborable medio en la CAPV ha sufrido una reducción del 17,1% en el periodo 2006-2010. Este descenso es atribuible a la sensibilidad del sector a los ciclos económicos, por ello la demanda sufre un gradual debilitamiento consecuencia de la crisis económica internacional que desde agosto del 2007 viene afectando a las economías europeas.

El reparto modal del transporte de mercancías presenta las cuotas que se muestran en la Figura 22:

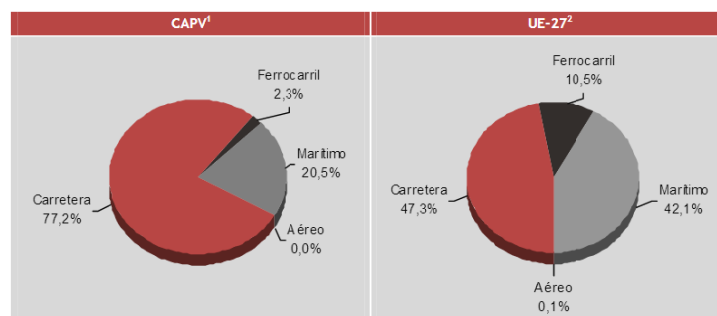


Figura 22: distribución modal del transporte de mercancías 2010 (%)(Fuente: Panorámica del transporte en Euskadi 2011).

Cabe destacar que el transporte de mercancías en la UE-27 presenta una distribución modal muy diferente a la observada en la CAPV. Se constata que el peso del transporte de mercancías por carretera en la CAPV es todavía muy superior al de la media de la UE-27. Por ello, las administraciones públicas vascas trabajan para implementar medidas que favorezcan el trasvase de mercancías transportadas por carreteras a modos más sostenibles, como el marítimo el ferrocarril.

Hace una década, la demanda de servicios se atendía por el transporte por carretera, debido entre otros motivos, a la falta de competitividad de los otros modos de transporte y a que los operadores de transporte en ese momento no eran suficientemente potentes en todas las modalidades, ya sea debido a su estructuración interna, a su pequeño desarrollo ó a su práctica inexistencia. Por éste motivo y, en consonancia con las utilizaciones preferentes del transporte, se estuvo actualizando durante décadas la red de carreteras, mientras que la red ferroviaria no sólo se estancó, sino que se encontraban sin desarrollar los últimos planes y programas. En la Figura 23 pueden observarse las inversiones en infraestructuras por modo de transporte.

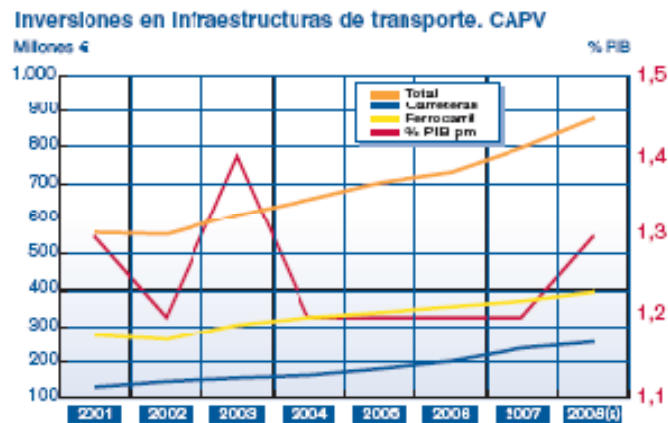


Figura 23. Inversiones en infraestructuras en CAPV (Fuente: “Coyuntura” Febrero 2009, Cámara de Gipuzkoa).

Atendiendo a la problemática concreta del subsector del transporte de bienes por el modo carretera, el Departamento de Transportes y Obras Públicas de la Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, elaboró el “Plan de Organización del Transporte de Mercancías por Carretera en la Comunidad Autónoma de Euskadi”. [68].

Este Plan, que persigue la modernización del sector, establece una jerarquización de acciones, que se pueden resumir en las siguientes áreas de actuación:

1. Instalaciones físicas especializadas para transportistas.
2. Modernización de flota.
3. Abandono de la actividad.
4. Concentración empresarial.
5. Extensión de redes comerciales.
6. Formación.
7. Inversiones para la implantación de nuevas tecnologías.
8. Certificaciones de calidad y ambientales.

En resumen, será necesario reconducir a la mayor brevedad posible la situación expuesta, intentando corregir el desequilibrio entre los diferentes modos de transporte, en el marco de los siguientes condicionantes:

- i. Ordenación y coordinación desde una Política Común del Transporte.
- ii. Exigencias medioambientales establecidas por la UE. Coordinación con el Programa de Acción Comunitario en materia de Medio Ambiente (PMA).
- iii. Dentro del ámbito del transporte por carretera se debe tender a superar la actual situación de congestión y alta siniestralidad.
- iv. Colapsos generalizados en las áreas metropolitanas. Control y restricción en los accesos a los principales núcleos urbanos.
- v. Desarrollar y modernizar la red ferroviaria, propia y transeuropea.
- vi. Modernizar y potenciar nuestros puertos, desarrollando el tráfico marítimo de cabotaje, principalmente de carácter endógeno.
- vii. Definir el Sistema Aeroportuario.
- viii. Promover la gestión integral de los transportes.

2.3.5 Transporte sostenible para euskadi

Se considera que un Sistema de Transporte Sostenible para Euskadi debería cumplir los siguientes requisitos:

- i. Puesto que un exceso de movilidad genera costes económicos, sociales y ambientales inaceptables, será objetivo contener el crecimiento del transporte, situándolo por debajo del crecimiento del PIB.
- ii. Permitir que se satisfagan las necesidades básicas de movilidad que demandan tanto las actividades, como las personas.
- iii. Ser asequible a todos los estratos y grupos sociales.
- iv. Limitar el nivel de emisiones, en especial las debidas a los GEIs, y la producción de residuos, en desarrollo de los compromisos asumidos por la U.E. con el objetivo de ajustarse a la capacidad del planeta para absorber dichas emisiones.
- v. Fomentar el uso de combustibles limpios.
- vi. Colaborar en la consecución de una Ordenación territorial y urbana que garantice la aplicación satisfactoria del transporte público, en términos de Sostenibilidad, limitando los usos del suelo, los costes externos y los impactos ambientales.

2.3.6 Objetivos, estrategias y líneas de actuación

El propósito del Plan Director del Transporte Sostenible [65] es poner en práctica los principios y criterios señalados en el “LIBRO BLANCO.- La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad” [3]. Para ello el PDTS se estructura en Objetivos, Estrategias y Líneas de Actuación.

Constituyen objetivos la formulación teórica de la Política de Transporte que el Departamento plantea a la Sociedad, la cual se alcanza mediante las Estrategias ó formulación práctica de acciones para conseguir los objetivos, que asimismo el

Departamento propone al conjunto de la Sociedad. Por último, las Líneas de Actuación son la asignación de valores cuantitativos para la consecución final de los Objetivos.

Objetivo 1: Desvincular el desarrollo económico del incremento de demanda del Transporte

Un transporte sostenible implica crecimientos menores a los del PIB. Las estrategias propuestas son:

- i. Impulsar una cultura de sostenibilidad, mediante una planificación y ordenación del transporte de forma coordinada, desde: las administraciones implicadas, el sector del transporte y el productivo, y los ciudadanos/as en general.
- ii. El Sector Empresarial en la nueva era de las relaciones. La mundialización de las transacciones y la intermodalidad.
- iii. Aplicar criterios de "transporte preventivo" para la gestión de la demanda de servicios y de la movilidad. Eliminación de los desplazamientos innecesarios y "de vacío", promoviendo el transporte combinado y la intermodalidad.

Objetivo 2: Lograr una accesibilidad universal y sostenible

Procurar una accesibilidad asequible a todos los grupos sociales, y que se desarrolle en clave de eficiencia, evitando la siniestrabilidad y ofreciendo la libertad de elección en el modo de transporte. Las estrategias propuestas son:

- i. Gestionar la demanda de movilidad.
- ii. Mejorar el asentamiento espacial y distribución equilibrada de las actividades residenciales y socioeconómicas en el territorio.

Objetivo 3: Impulsar un nuevo equilibrio de los modos de Transporte

Se trata de buscar un mayor equilibrio en el uso de los modos de transporte, impulsando y favoreciendo a través de la mejora de su calidad y la inversión en infraestructura de los modos ferroviario y marítimo, de forma que resulten más atractivos para los cargadores y para los usuarios, en términos económicos y de tiempo, la elección de estos modos de transporte, todo ello junto con la adopción de medidas de mejora de la calidad en la carretera, para paliar los problemas inherentes a este modo de transporte (congestión, accidentes, contaminación, etc.). Las estrategias propuestas son:

- i. Potenciar el desarrollo de la intermodalidad tanto en el transporte de personas como de mercancías.
- ii. Transformar servicios de transporte concurrentes en complementarios.
- iii. Potenciación de los Modos de Transporte de menor impacto ambiental especialmente los sistemas marítimo y ferroviario.

Objetivo 4: Potenciar la posición estratégica de Euskadi en Europa

Euskadi tiene una ubicación geográfica estratégica en el paso Atlántico del Pirineo, constituyendo un eslabón clave en la red transeuropea de transportes. Se propone dar más valor a esta posición, no sólo como gestores de flujos de tránsito, sino también como gestores de nodo logístico de las comunicaciones continentales. Las estrategias propuestas son:

- i. Potenciación de la Plataforma Logística Aquitania – Euskadi para la gestión, coordinación y planificación del Transporte.
- ii. Creación de Centros Logísticos con capacidad para atender y gestionar el Transporte integral.
- iii. Gestionar tráficos en tránsito mediante alianzas con otros Territorios.

Objetivo 5: Hacia un Transporte sostenible

Hacer posible un sistema de transporte que se desarrolle en clave de sostenibilidad, de tal forma que considerando el crecimiento económico, las necesidades de movilidad y accesibilidad, la rentabilidad y, la calidad y seguridad, se garantice un mayor bienestar y salud pública, el respeto al medio ambiente y la equidad y solidaridad entre generaciones. Las estrategias propuestas son:

- i. Concienciar a la sociedad en general y a las instituciones y empresas en particular, sobre la necesidad de un transporte sostenible.
- ii. Mejorar y promover una mayor utilización del transporte público.
- iii. Fomentar la utilización más racional del vehículo privado.
- iv. Discriminación positiva a favor del transporte colectivo.
- v. Impulso de una política tarifaria.

El 20 de marzo de 2003: El Parlamento Vasco ratifica el plan e insta al Gobierno Vasco a presentar un plan de acciones temporalizadas para cada una de las líneas de actuación previstas en el mismo.

2.4 EL PROBLEMA DE LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE

En los apartados anteriores, una vez contextualizado el término “Transporte sostenible” se han resumido brevemente los tres documentos principales a nivel europeo que constituyen el marco de referencia para las decisiones que se vayan a adoptar en materia de transportes: LIBRO BLANCO.- La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad” [3], “Por una Europa en movimiento - Movilidad sostenible para nuestro continente - Revisión intermedia del Libro Blanco

de 2001” [23] y “Libro Blanco: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible” [4].

En los mencionados documentos, la Comisión, propone medidas dirigidas a crear un sistema de transporte capaz de equilibrar los medios de transporte, revitalizar el ferrocarril, fomentar el transporte marítimo y fluvial y controlar el crecimiento del transporte aéreo reduciendo las emisiones de CO₂. Tal y como se ha podido observar, son medidas muy generales, con escaso nivel de concreción que marcan la tendencia a seguir. El problema consiste en encontrar soluciones para tener un transporte sostenible sin frenar el desarrollo económico ni limitar la movilidad. Con este objetivo y el de reducir la dependencia de Europa respecto al petróleo importado y reducir las emisiones de CO₂ debidas al transporte en un 60% para el año 2050, la Comisión Europea adopta una hoja de ruta para la próxima década con 40 iniciativas concretas [69]. Para el año 2050, los objetivos clave incluyen [70]:

- i. No más coches alimentados convencionalmente en las ciudades.
- ii. Uso del 40% de combustibles bajos en carbón en aviación, y una reducción mínima del 40% de las emisiones en transporte marítimo.
- iii. Una reducción del 50% para el transporte interurbano de media distancia por carretera de pasajeros y mercancías, a favor del transporte por ferrocarril y el transporte fluvial.
- iv. Todo lo que contribuya a una reducción del 60% en las emisiones del transporte a mitad de siglo.

A continuación, se baja la escala territorial hasta llegar al nivel autonómico y se hace un resumen del “Plan Director del Transporte Sostenible” cuyo propósito es poner en práctica los principios y criterios señalados el “LIBRO BLANCO.- La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad” [3]. Para ello, el PDTS [65] se estructura en Objetivos, Estrategias y Líneas de Actuación. Aunque se hayan

producido más comunicaciones de la Comisión europea, no se ha actualizado ni se han realizado nuevos planes a nivel autonómico con el mismo objetivo.

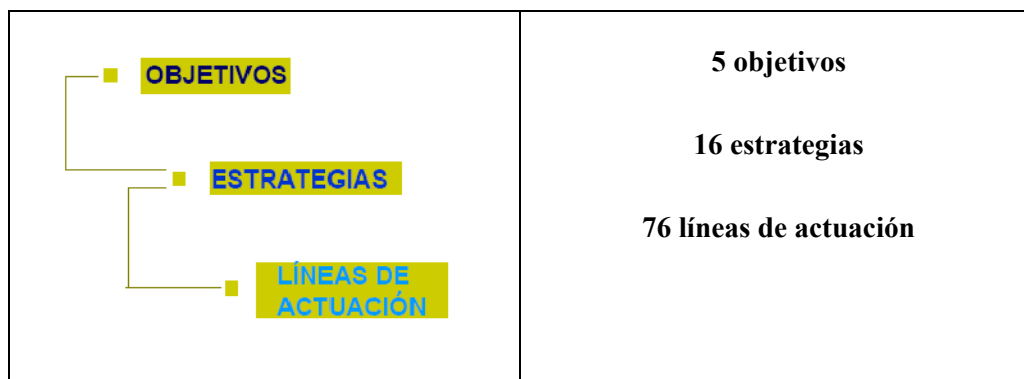


Figura 24. Esquema del “Plan Director del Transporte Sostenible” del Gobierno Vasco.

Todo ello encaminado a:

- i. Desvincular el desarrollo económico del incremento de demanda de transporte.
- ii. Lograr una accesibilidad universal y sostenible.
- iii. Implantar un nuevo equilibrio de los modos de transporte.
- iv. Potenciar la posición estratégica de Euskadi en Europa.
- v. Hacia un Transporte Sostenible.

Tanto los objetivos, las estrategias, como algunas de las líneas de actuación mencionadas son generalistas, sin excesiva concreción o sino, sugieren acciones poco compaginables con el modelo económico actual. Se intuye que de existir alguna solución para el problema debería de pasar por un profundo cambio del sistema productivo y de mentalidad de los usuarios ya que todo lo demás serán mejoras locales para intentar solucionar problemas puntuales.

De manera que se podría hacer una distinción entre la solución del problema del transporte, que parece compleja y difícil de obtener a corto y medio plazo debido al

profundo cambio que se debería de producir a nivel social y económico, y entre las medidas que se pueden ir adoptando para que la situación deje de empeorar al ritmo al que ha ido hasta el momento.

Aunque la atención del público se suele centrar en los problemas del transporte de viajeros y del tráfico de automóviles privados, que resultan más cercanos y más visibles para los ciudadanos, el transporte de mercancías es, a escala europea, el problema de transporte más serio, peor resuelto, y con posibles efectos más negativos en materia económica y ambiental. La tensión que reinaba en el sector del transporte en Europa a comienzos de la década anterior se hizo patente con la publicación en septiembre de 2001 del nuevo Libro Blanco sobre el Transporte [3], en él, la idea tradicional de afrontar los problemas del transporte terrestre, y particularmente del transporte viario, mediante la construcción de nuevas infraestructuras, se empieza a cuestionar.

El objetivo estratégico que la Unión Europea afirma perseguir con el Libro Blanco [3] es avanzar en el desacoplamiento o disociación entre crecimiento económico y crecimiento del transporte. El transporte, sin embargo, no sólo no ha estado nunca desacoplado del PIB, sino que ha venido creciendo siempre por encima de éste, en todos los países o grupos de países, y en todas las circunstancias. Esta es una especie de regla general de la economía del desarrollo, que si falla es sólo de modo localizado y transitorio, y por alguna razón muy específica, como ha sucedido con la actual crisis económica que sufre Europa desde 2007. Ello es debido a que el crecimiento económico, en cualquiera de sus formas conocidas, parece inseparable del aumento de la dimensión geográfica de los mercados de bienes y servicios. Crecer económicamente no es otra cosa que ampliar los mercados, ya sea incorporando al sistema de intercambio nuevos territorios, o nuevos recursos naturales, o nuevos grupos sociales que anteriormente estaban vinculados a la tierra en su ámbito local. Todas estas incorporaciones se basan en el transporte.

La conclusión que se debería de extraer de la larga experiencia de la lucha contra la saturación del transporte, es que la congestión no es nada buena, pero que las medidas que intentan paliarla mediante la construcción de infraestructuras son todavía peores. Y las medidas de apoyo a los modos alternativos, ya se ha visto que tampoco reducen la congestión ni solucionan la saturación del transporte, simplemente pueden ofrecer alternativas para quien quiere evitarla, pero siempre hay candidatos dispuestos a rellenar los huecos que quedan libres en el atasco.

En esta situación, como solución a lo mencionado, los estamentos tradicionales del transporte europeo clamaban a favor de la ampliación de las infraestructuras, y las autoridades comunitarias y estatales trataban de introducir las tasas necesarias para financiarlas. A estas alturas ya se sabía perfectamente que esa solución no funciona, pero no se conocía otra, y al menos esta permitía mantener en amplios estratos de la población la ilusión de que había política de transportes y de que los problemas del tráfico tenían solución.

En Europa, el ingeniero escocés Colin Buchanan lanzó la primera advertencia en fecha tan temprana como 1963 [71]. La conclusión central de Buchanan señalaba que las ciudades europeas tienen una capacidad finita para absorber tráfico motorizado, debido a su estructura urbana, su carácter y su edificación. En consecuencia, argumentaba que si la sociedad deseaba obtener plena accesibilidad en automóvil “*hasta la puerta de casa*”, ciertamente podía conseguirlo, pero con costes enormes, tanto financieros como de pérdida del patrimonio edificatorio y del carácter de las ciudades.

Las conclusiones que Buchanan obtuvo para las ciudades británicas eran igualmente aplicables a la mayor parte del territorio europeo, densamente poblado y poseedor de un valioso patrimonio histórico y cultural. Buchanan describió su visión del problema que se estaba incubando con la expansión del automóvil, señalando que “estamos

alimentando, a costes inmensos, un monstruo de gran potencial destructivo, al que sin embargo amamos tiernamente”.

Cuando estas políticas persisten durante el suficiente tiempo, la saturación del tráfico y la congestión generalizada están aseguradas para muy largo tiempo, si es que no para siempre. La congestión se convierte en un fenómeno estructural, porque la configuración del territorio es ya plenamente dependiente del automóvil. Un amplio estudio realizado en 2001 por el Texas Transportation Institute en Estados Unidos, examinaba la evolución de la congestión del tráfico en 68 áreas metropolitanas norteamericanas entre 1982 y 1999, y concluía que la congestión había aumentado en todas las áreas examinadas, pese a que en general el incremento de las infraestructuras viarias había sido superior al crecimiento poblacional. Además, demostraba que las áreas metropolitanas que habían realizado mayores inversiones en nuevas infraestructuras viarias no conseguían mejores resultados que las menos inversoras. En las áreas que habían realizado más inversiones en transporte público tampoco disminuía la congestión, pero al menos a una parte de los ciudadanos se les había ofrecido la oportunidad de “evitar o reducir su exposición a la congestión”. El estudio recomendaba el abandono de las políticas de ampliación de las redes viarias, y apoyaba la concentración de los recursos en la implantación de medios de transporte público masivo [72].

La cuestión es la siguiente: si parece demostrado que la ampliación de la infraestructura genera más tráfico, ¿cómo reaccionará el sistema ante una reducción de la capacidad de la infraestructura? Fuera de las restricciones de circulación en centros urbanos, que siguen patrones muy especiales, no existen muchos casos reales en los que se haya reducido significativamente la capacidad de la infraestructura de transporte. Lo normal es ampliarla, no reducirla.

A esta pregunta, sin embargo, trató de responder en 1998 un estudio de casos financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, Transporte y Regiones del Reino

Unido (Department for Transport, Local Government and the Regions (DETR), en colaboración con London Transport, sobre los resultados de sesenta experiencias de reducción de capacidad viaria localizadas en una docena de países en todo el mundo [73]. Con este estudio se pretendía averiguar si funciona o no en la práctica la inversa de la regla de la inducción de tráfico por la creación de infraestructuras, treinta años después de ser sugerida por los trabajos de Buchanan [71]. Teóricamente, la regla debía funcionar en las dos direcciones: si a un aumento de la infraestructura le sigue un aumento del tráfico, a una reducción de la infraestructura debería de seguirle una reducción del tráfico.

Los datos empíricos confirmaron la hipótesis central del trabajo. En los casos estudiados se observó una media de más del 20% de reducción del tráfico sobre los volúmenes anteriores a la adopción de las medidas, llegando en algunos casos al 60%. En el estudio se computaba no sólo el tráfico que permanecía en la vía con capacidad reducida (en los casos en los que no se había cerrado totalmente), sino también el tráfico que se desplazaba a itinerarios alternativos. El estudio fue bastante concluyente, y se le conoce como “el estudio de la evaporación del tráfico”.

Por otra parte, no sólo no se detectó ningún caso de colapso de tráfico después de la implantación de reducciones de capacidad, sino que incluso se observó que en las vías alternativas, tras algún trastorno transitorio, los niveles de tráfico volvían a su situación anterior, esto es, al nivel de congestión socio-culturalmente aceptada por cada comunidad de usuarios en cada momento.

Si es cierto que la reducción del espacio viario hace disminuir el tráfico, por ahí podría abrirse una vía que no solucionaría el problema del transporte, pero al menos sería una medida que permitiría estabilizar el problema y evitar que empeore. Si sus efectos fueran realmente los que parecen, una buena “gestión de la congestión” ayudaría por igual a controlar todos los tipos de transporte, ya sea de viajeros o de mercancías, urbano o interurbano, público o privado.

Viendo que el transporte abarca un campo de acción muy amplio, este trabajo se centra en el transporte urbano y los problemas que conlleva. En este sentido, para poder tener una referencia a la hora de planificar el transporte urbano, sería de gran utilidad la elaboración un modelo o herramienta de diseño para el transporte sostenible en entornos urbanos que marcara las pautas a seguir a la hora de diseñar los sistemas de transporte y que además permitiera medir de alguna manera el beneficio obtenido al implementar una u otra medida. De este modo, sería posible saber como de sostenible es el transporte de un determinado entorno urbano, y cuanto se podría mejorar implementando distintas medidas.

Esta herramienta, debería de tener en cuenta distintos aspectos del sistema de transporte urbano desde el punto de vista de la sostenibilidad, como por ejemplo:

- i. Un sistema de transporte eficiente (que satisfaga las necesidades de movilidad y accesibilidad).
- ii. Un entorno de transporte más seguro.
- iii. La protección del medio ambiente.
- iv. Reducción del consumo de energía.
- v. Mejora de la calidad de vida/economía.

Para ello, la herramienta debería de poder evaluar la sostenibilidad de las pautas de actuación generales dirigidas a los distintos agentes que forman parte del sistema de transporte de un entorno urbano como por ejemplo:

Dirigidas al Transporte Público (TP):

- i. Creación de sistemas completos y totalmente integrados.
- ii. Introducción de nuevos enlaces/servicios/modos de TP.
- iii. Mejora de la infraestructura y los sistemas de información.
- iv. Introducción de nuevos sistemas de priorización de vehículos.

- v. Diseño y control de redes de carreteras que favorezcan el TP y otros vehículos con prioridad.
- vi. Aumento de la concienciación/aceptación del TP.

Dirigidas a los Vehículos con Prioridad (taxi, de reparto,...)

- i. Creación de ventanas temporales: distribución de mercancías en horarios determinados.
- ii. Introducción de nuevos enlaces/servicios/modos de DUM (Distribución urbana de Mercancías).
- iii. Gestión eficiente del reparto en la última milla.

Dirigidas a la optimización de los Sistemas Generales de Transporte

- i. Introducir/promover medidas que eviten las necesidades de viaje.
- ii. Optimización del funcionamiento de la infraestructura.
- iii. Optimización de la utilización de la infraestructura.
- iv. Crear/promover soluciones multimodales.

Dirigidas a Peatones y ciclistas

- i. Creación de infraestructuras completas/utilizables para peatones y ciclistas.
- ii. Cambio de las prioridades de accesibilidad hacia los peatones y ciclistas.
- iii. Reducción de la importancia de los conflictos entre peatones y ciclistas.
- iv. Modificación del comportamiento peligroso de los peatones/ciclistas/vehículos.
- v. Cambios en el 'status'/concienciación de los modos de desplazamiento a pie y bicicleta

Dirigidas a los vehículos motorizados privados

- i. Aumento del coste/duración/distancias del viaje

- ii. Limitar el acceso a áreas sensibles.

El modelo serviría para evaluar la sostenibilidad del sistema de transporte de un entorno urbano, de esta manera se podría tener un valor inicial de referencia para poder ver como variaría ante cualquier tipo de modificación o nueva alternativa presentada. De esta forma, se podría utilizar como una herramienta de toma de decisión de la gestión del transporte urbano para la administración.

2.5 OBJETIVOS DE LA PRESENTE TESIS DOCTORAL

Una vez definido el problema de la sostenibilidad del transporte en general y el del transporte urbano en concreto, a lo hora de introducir cualquier mejora surge la necesidad de poder evaluarla. Es decir, al presentar como posible solución alguna actuación se necesitará cuantificar o evaluar la mejora obtenida al implementarla y más aún si se duda entre dos posibles soluciones para un mismo problema, se deberá valorar la mejora obtenida por cada una de ellas para saber cuál es la medida más efectiva.

Inicialmente, se planteaba la sostenibilidad como un equilibrio entre tres factores que son el medio ambiente, la economía y la sociedad, pero de cara a realizar una evaluación de la sostenibilidad, se fijaban principalmente en los parámetros de carácter ambiental, buscando impactos como el consumo de recursos, los vertidos realizados o las emisiones generadas. Como estos impactos se encuentran ligados en gran medida con unos costes asociados, también desarrollaron herramientas, y factores de evaluación de la sostenibilidad relacionados con la vertiente económica. Respecto a la parte social de la sostenibilidad, la mayor parte de la bibliografía inicialmente estaba relacionada con parámetros relacionados con la seguridad vial, concretamente con los accidentes de tráfico y las víctimas. Pero además de éstas,

existen otras cuestiones con las que el transporte urbano tiene una estrecha relación y que se pretenden tener en cuenta en este trabajo de investigación.

Para ello, se plantea el índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad, que se obtendrá atendiendo a las peculiaridades que presenta el transporte urbano en el ámbito de la sostenibilidad. Este conjunto de elementos se compone de tres niveles, el primero correspondiente a los requerimientos principales, encargados de agrupar una serie de criterios con un denominador común. En un segundo nivel se encuentran los criterios de evaluación de la sostenibilidad, donde según las características del transporte urbano se plantean alternativas o soluciones que mejoren los requerimientos frente a la sostenibilidad. El proceso de evaluación culmina mediante la cuantificación de los criterios a partir de un tercer nivel correspondiente con los indicadores encargados de valorar numéricamente en una escala predefinida el grado de adecuación de los mismos frente a la sostenibilidad.

El modelo planteado para evaluar un índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad, tiene como primer paso, la definición de los requerimientos necesarios en dicho proceso. Ya se ha definido como un requerimiento, un objetivo a perseguir en la búsqueda de aquella solución, que se plantee como la más acorde con los planteamientos definidos en la sostenibilidad.

Inicialmente, se planteaba la sostenibilidad como un equilibrio entre tres factores que son el medio ambiente, la economía y la sociedad, pero de cara a realizar una evaluación de la sostenibilidad, se fijaban principalmente en los parámetros de carácter ambiental, buscando impactos como el consumo de recursos, los vertidos realizados o las emisiones generadas. Como estos impactos se encuentran ligados en gran medida con unos costes asociados, también desarrollaron herramientas, y factores de evaluación de la sostenibilidad relacionados con la vertiente económica. Respecto a la parte social de la sostenibilidad, la mayor parte de la bibliografía inicialmente estaba relacionada con parámetros relacionados con la seguridad vial,

concretamente con los accidentes de tráfico y las víctimas. Pero además de éstas, existen otras cuestiones que puedan permitir estudiar con más profundidad, aquellas peculiaridades que presenta este tipo de sistemas de transporte y que se pretenden tener en cuenta en este trabajo de investigación. Por todo ello, el modelo que se plantea está formado por seis requerimientos que se definen a continuación:

2.5.1 Requerimiento medioambiental

Este requerimiento estará enfocado en la evaluación de acciones y políticas cuyo objetivo sea la reducción de las emisiones de partículas y gases contaminantes, de los GEI y que busquen mejorar los modos de transporte no motorizados (todo ello directamente relacionados con la salud, la polución y los problemas medioambientales).

2.5.2 Requerimiento económico

Tendrá como objetivo evaluar el crecimiento del transporte respecto del crecimiento económico y el nivel de consumo de energía del transporte. Dentro del objetivo de reducir el consumo energético del transporte, subyace el interés de que dentro del a energía consumida los derivados del petróleo cada vez tengan menos peso).

2.5.3 Requerimiento social

El requerimiento social trata de evaluar la seguridad, rapidez y comodidad que los usuarios buscan en sus desplazamientos. Las estadísticas muestran que hay una relación directa entre el número de muertes en las carreteras en nuestras ciudades y el número de viajes en coche y que las lesiones graves y muertes para el transporte público son alrededor de 10 o 20 veces menos por pasajero * km que para el vehículo privado. Centrándose en la accesibilidad, todos los ciudadanos deben tener acceso a un nivel razonable de transporte público y movilidad en las zonas urbanas sin necesidad de recurrir a vehículos privados. Además, los escolares, los ancianos, los

que carecen de permiso de conducir y los socialmente desfavorecidos necesitan transporte público.

2.5.4 Requerimiento modelo urbano

Cada entorno urbano se aproxima a un modelo urbano particular, y la sostenibilidad de su sistema de transporte está directamente relacionada con este modelo. Para un transporte urbano eficiente y sostenible, se requiere un modelo de ciudad compacto y diverso en todos sus aspectos. Este requerimiento trata de evaluar este aspecto del sistema de transporte.

2.5.5 Requerimiento características de la flota de vehículos

Este requerimiento se centra en la evaluación de políticas y medidas encaminadas a reducir la progresión de la motorización y la renovación de la flota de vehículos, reduciendo el uso de combustibles fósiles en favor de alternativas más ecológicas.

2.5.6 Requerimiento reparto de mercancías

Este requerimiento trata de evaluar el la logística del reparto de las mercancías en el núcleo urbano. En las sociedades desarrolladas, el consumo excesivo e ineficiente aumenta la necesidad y la frecuencia de la oferta. Las actividades de distribución en la última milla, en la etapa final de la cadena de suministro, las operaciones tienen solventar barreras físicas (calles estrechas, zonas peatonales, carreteras sobrecargadas, etc.). Por lo tanto, es necesario trabajar en encontrar las mejores soluciones logísticas para asegurar un suministro diario efectivo de productos a las zonas urbanas, sin comprometer el medio ambiente, los medios de vida y la calidad de vida de los residentes y otros usuarios de estas áreas.

Una vez definidos los requerimientos, se seleccionan los criterios para su evaluación y los indicadores necesarios para cada criterio, formando así un modelo de evaluación

que presenta una estructura jerarquizada. El modelo así construido es fácil de usar, accesible, versátil e intuitivo.

A la hora de utilizar el modelo, no se necesitan estudios específicos para obtener los datos de entrada ya que están públicamente disponibles en los resúmenes estadísticos proporcionados por el gobierno o administración local. El índice pretende ser una herramienta global, ajustable a la realidad de cualquier entorno urbano con características diferentes. Cada indicador tiene una breve descripción de los datos requeridos, con el fin de evitar problemas relacionados con la recopilación de datos y su interpretación. De esta manera, estas descripciones podrán usarse como una guía para diferentes usuarios de la herramienta. Los resultados son fáciles de entender y dan una idea de la sostenibilidad en el área urbana, ya sea global o en particular. Mediante la aplicación de esta metodología, se podrá calcular un valor total para el transporte sostenible y los aspectos que conforman los requisitos son aquellos que pueden mejorarse para obtener mejores resultados globales, proporcionando pautas para mejorar el municipio en el futuro.

3 METODOLOGÍA PARA LA MEDIDA DE LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE EN ENTORNOS URBANOS

3.1 INTRODUCCION

El transporte urbano en las grandes ciudades, es uno de los principales renglones de la inversión social y la deuda pública que tiene un impacto enorme en la contaminación y el medio ambiente, no sólo de la ciudad sino de su región y sus cuencas hidrográficas. El sistema de transporte es a menudo el factor más importante de la estructura urbana en términos de usos de terrenos, densidad y extensión territorial. Estas características hacen que el transporte urbano sea una de las variables principales del desarrollo sostenible [4].

Uno de los principios de la sostenibilidad y su metodología es la integración vertical de los sistemas [74]. El concepto de integración se utiliza para describir un proceso de toma de decisiones teniendo en cuenta todas las herramientas legales y políticas

aplicables para lograr un resultado particular. Cuando la integración debe hacerse entre múltiples partes, sus intereses pueden ser comunes o antagónicos. Si existe una relación jerárquica entre los tomadores de decisiones, se produce la integración vertical y los niveles más altos tienen autoridad sobre los niveles inferiores. Dado que el transporte urbano es un sistema que sirve a la gente, el comercio y la administración que gobierna un núcleo urbano, todas las partes interesadas deben tener una representación en el proceso de toma de decisiones. Una mayor movilidad amplía las alternativas de lugar de vivienda, empleo y compras por habitante, por ello la planificación urbana de usos del suelo y de los sistemas de transporte deben concebirse a la vez. Cualquier política, obra o acción de transporte afectará la accesibilidad, función potencial y precio del terreno [75].

El transporte urbano utiliza varios sistemas, que se podrían clasificar de la siguiente manera:

- i. Individuales privados: coches, motos, y bicicletas, con su infraestructura pública de carreteras, peajes, bonos, leyes, policías y estacionamientos. Provee máxima accesibilidad potencial al usuario y a sus destinos, pero es el más caro y excluyente, consume una gran cantidad de recursos no renovables que lo hacen insostenible.
- ii. Colectivos privados: autobuses, taxis y/o motocicletas con una regulación que compiten por los pasajeros y dependen de la misma infraestructura que los medios individuales privados.
- iii. Colectivos organizados: autobuses, trenes, tranvías y/o trolebuses que operan sin competir en rutas fijas separadas con controles y requisitos. Es el más sostenible y equitativo.

En general, se podría definir un sistema de transporte sostenible como un sistema de transporte que se pueda emplear por tiempo indefinido, cuyas demandas de suelo y al ecosistema sean estables y se ajusten a los límites sostenibles y que a la vez mejore la

eficiencia y calidad de vida urbana así como la equidad social [76]. La sostenibilidad del transporte urbano ha de ser un objetivo para las administraciones locales, y cualquier acción, decisión o política que se quiera aplicar debe estar encaminada en esa dirección. A este respecto, la Comisión Europea adoptó una hoja de ruta con 40 iniciativas concretas para la próxima década con el objetivo de obtener un transporte competitivo incluyendo una sección referente al transporte urbano [69].

En los últimos años, ha habido diversas investigaciones relacionadas con estos temas con diferentes enfoques y aplicados a diferentes áreas territoriales de diversos tamaños. Algunos trabajos se centran en medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector del transporte, sugiriendo diferentes políticas para poner fin a este, reducir el consumo de energía y promover el transporte sostenible [77-83] u otros estudios examinan la influencia de diferentes variables en la elección modal y en el comportamiento de los desplazamientos para obtener una reducción en el uso del vehículo privado [84-86]. Resumiendo, todas estas investigaciones tienen como objetivo una mejora en la sostenibilidad del transporte, actuando en diferentes temas. Cada uno se centra en algunos de los factores y características relacionadas con la sostenibilidad del transporte.

Si se proponen varias acciones en este sentido, surge la necesidad de evaluar la mejora obtenida por los mismos. En este sentido, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) informa anualmente desde el año 2000 en su serie de publicaciones "Transport and Environment Reporting Mechanism" (TERM) de las mediciones de sostenibilidad del transporte, con sujeción a la disponibilidad de datos [87]. El informe TERM 2013 incluye la evaluación de los progresos realizados respecto a los objetivos medioambientales del Libro Blanco de 2011 y otros reglamentos de transporte y medio ambiente. También se centra directamente en los impactos ambientales del transporte urbano. Además, algunos autores han trabajado en los antecedentes sobre definiciones y temas de sostenibilidad, en la teoría sobre

cómo aplicar la sostenibilidad, y en referencias y recursos, para su uso en forma de un manual [88].

Centrándose en los sistemas de transporte urbano, ha habido sucesivas investigaciones relacionadas con estas cuestiones, obteniendo diferentes grupos de indicadores para el desarrollo de la sostenibilidad del transporte a nivel local. El proyecto de investigación PROPOLIS desarrolló y comprobó herramientas integradas de uso del suelo y de transporte y metodologías de evaluación de fácil comprensión para encontrar estrategias urbanas sostenibles a largo plazo y demostrar sus efectos en las ciudades europeas con resultados positivos en la mayoría de los casos. La conclusión fue que su objetivo se alcanzó cuando se utilizó el mismo tipo de aproximación combinando la fijación de precios, la inversión y las políticas de uso del suelo, y que el enfoque podría ser transferible y estrategias similares podrían también funcionar en otras ciudades europeas [89]. Otras investigaciones trataron de identificar y/o probar otros indicadores o metodologías para la sostenibilidad del transporte o la movilidad con diferentes implicaciones políticas [90-93].

En resumen, tras concluir que en los entornos urbanos el transporte es uno de los responsables de la degradación del medio ambiente y que las posibles soluciones deben estar dirigidas a reducir la necesidad de viajar (sobre todo en coche privado), se plantea la necesidad de contar con una herramienta para medir la sostenibilidad del sistema de transporte de cualquier zona urbana, utilizando indicadores multidisciplinares.

3.2 DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA DE MEDIDA

El objetivo será la realización del estudio de sostenibilidad del transporte urbano de manera integrada, teniendo en cuenta las características del entorno urbano al que

pertenece, así como los requerimientos básicos exigibles a todo sistema de transporte urbano [76].

La mayor parte de la literatura existente se ha referido a la sostenibilidad como un balance entre tres factores, el ambiental, el económico y el social [94-97]. Sin embargo, además de estos tres factores, se asume que la sostenibilidad del transporte urbano está relacionado con otros factores como la energía, el uso del suelo o el reparto modal y deben de ser tomados en cuenta a la hora de evaluar la sostenibilidad del mismo.

Tomando como punto de partida esta situación, se han realizado diferentes estudios utilizando distintos indicadores y métodos de evaluación. Bilbao-Ubillos [98] formuló un método para estimar los costes y pérdidas de bienestar de todo tipo que la congestión en las carreteras de enlace que atraviesan la ciudad provoca en el tejido social de las zonas afectadas. Se identificaron ocho costes principales, y se propusieron técnicas para medir y fijar el precio del coste total de la congestión proporcionando resultados que podrían ser utilizados por los tomadores de decisiones del sector público para la elaboración de un sistema general de transporte más eficiente.

Bastani et al. [99], mediante tecnología estocástica y un modelo para estimar la incertidumbre de las emisiones y el uso de combustible de la flota de vehículos en US trataron de marcar el camino para obtener una reducción del 50% en emisiones de GEI para el 2050. Como los efectos de la alta densidad de pasajeros son diversos, Tirachini et al. [100] desarrollaron un modelo de maximización del bienestar social para demanda espacialmente segregada en el que los usuarios elegían viajar en autobús, en coche, o a pie en un corredor de transporte concluyendo que la frecuencia de autobús óptima es aquella que equilibra el nivel de congestión dentro de los autobuses y el nivel de congestión fuera de ellos.

Shiau y Jhang [101] incluyeron consideraciones orientadas a diferentes políticas en un análisis envolvente de datos (DEA) y un modelo de integración (RST) basado en la regla (80/20) de Pareto. La mayor contribución de estos modelos es proporcionar información simple y significativa para los decisores. El trabajo simplifica los indicadores de sostenibilidad del transporte a sólo cinco indicadores de eficiencia, que son: Coste de eficiencia, coste de eficacia, eficacia del servicio, reducción de servicio e impacto del servicio. Awasthi y Chauhan [102] presentaron una aproximación híbrida para evaluar el impacto de medidas de transporte amigables con el ambiente como soluciones de transporte multimodales, soluciones de transporte inteligente, o medidas para la sostenibilidad de la ciudad. El objetivo de su estudio era evaluar la sostenibilidad usando el Índice de Sostenibilidad del Transporte (TSI). Para ello, se propone utilizar el índice antes y después de implantar una determinada medida de transporte y comparar la diferencia de los valores obtenidos antes y después. Shiau [103] utilizó un enfoque híbrido en la evaluación y priorización de estrategias de transporte sostenible para la ciudad de Taipei. Se examinaron quince estrategias de tres categorías, planificación de los usos del suelo, modos de desplazamiento y el uso de energías limpias. Creo un índice compuesto que cubría aspectos económicos, energéticos, ambientales, sociales y de financiación y que medía la sostenibilidad del transporte. Fitzgerald et al. [104] presentaron un método para evaluar la sostenibilidad urbana llamado “Sustainability Evaluation Metric for Policy Recommendation (SEMPRe)”. SEMPRE asigna a cada posible política un valor numérico que indica su efectividad en la mejora de la sostenibilidad como una ayuda para la toma de decisiones basada en la evidencia.

Páez et al. [105] desarrollaron un prototipo de calculadora de accesibilidad basada en una web para el Área de Montreal en Canadá. El modelo se implementó de manera amigable para que pudiera ser usado por los responsables de planificar y diseñar políticas para medir el nivel de accesibilidad de una dirección específica y perfil personal de los usuarios de diversos medios de transporte.

Shiau y Liu [106] propusieron veintiún indicadores para medir y monitorizar la sostenibilidad del transporte a nivel urbano. Los indicadores se agruparon en diferentes aspectos como la economía, el medio ambiente, la sociedad y la energía. El estudio utilizó para la evaluación de estrategias sostenibles de transporte mapas cognitivos difusos (FCMs) y el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Los resultados predijeron que la estrategia de expandir las líneas de metro produciría las mejoras más significativas.

Todos estos estudios, utilizan diferentes métodos e indicadores para evaluar la sostenibilidad de determinadas áreas urbanas y de sus sistemas de transporte, y en cada caso se utilizaron para evaluar diferentes alternativas relacionadas con diversos aspectos. Para que una alternativa sea más sostenible que otra, ésta debe cumplir con muchos aspectos que hacen que pueda o no prolongarse a lo largo del tiempo. Es decir, se deben evaluar una serie de aspectos de muy diversa índole o decidir consensuadamente los criterios a analizar. En ese caso es muy importante conocer la importancia relativa de cada uno de éstos para posteriormente poder evaluar de una forma integrada todos ellos. Dependiendo de la importancia que se le dé a un aspecto u otro una alternativa puede ser más sostenible que otra o a la inversa.

Como consecuencia se deduce que dependiendo de quién sea el decisor, una alternativa será mejor que otra. Un ejemplo claro puede ser la elección de una alternativa u otra en una obra de ingeniería donde intervienen multitud de agentes: proyectista, contratista, dirección de obra, administración, asistencia técnica, personas o servicios afectados durante la obra, la sociedad que se va a beneficiar de dicha obra, etc. Por ello, es importante a la hora de escoger una alternativa que exista un consenso entre todas las partes implicadas.

En la presente tesis se pretende definir el “Índice de sostenibilidad del transporte en áreas urbanas” obtenido teniendo en cuenta un grupo de factores relacionados con la sostenibilidad del transporte urbano. Para ello, se debe de definir la metodología que

se pretende utilizar y cuál va a ser el modelo que se creará para poder evaluar la sostenibilidad del sistema de transporte de un entorno urbano. Tal y como se ha descrito hasta ahora, queda demostrado que la sostenibilidad del transporte urbano está directamente relacionado con un número elevado de agentes y variables que habrá que tener en cuenta a la hora de crear el modelo a utilizar. A continuación, se va a proceder a describir algunas de las distintas metodologías multi-criterio que existen para poder elegir una que sirva para cuantificar la sostenibilidad del sistema de transporte de una ciudad. Una vez seleccionada la metodología multicriterio, se procederá a definir la estructura del modelo a utilizar con el objetivo de obtener un valor inicial del índice de sostenibilidad para luego poder compararse los beneficios obtenidos con diferentes posibles políticas y estrategias a seguir.

3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS TOMAS DE DECISIÓN

Asumiendo esta situación en el que la sostenibilidad del transporte está directa o indirectamente relacionada con un amplio rango de aspectos, no existe una única y verdadera solución óptima, ya que eso sólo es posible cuando se considera un único criterio y en éste caso eso no sería suficiente. En este contexto, la toma de decisión mediante métodos multicriterio es una metodología más apropiada para evaluar este problema ya que este método ayuda en la toma de decisiones cuando existen un amplio rango de criterios y participan múltiples actores en el proceso [107, 108].

Los problemas de toma de decisión se pueden clasificar atendiendo a cuatro criterios [109] según: el estado del entorno, el número de aspectos de decisión, la naturaleza de las alternativas y las características del decisor.

3.3.1 Clasificación según el estado del entorno

Según el estado del entorno, los problemas de decisión se pueden clasificar en problemas bajo certidumbre y problemas bajo riesgo de incertidumbre:

- i. Los problemas bajo certidumbre: son aquellos en los que se conoce la naturaleza de las alternativas. Es decir, se conoce la cuantificación de cada uno de los indicadores evaluados para las alternativas estudiadas y el grado de satisfacción que producen.
- ii. Los problemas bajo riesgo de incertidumbre: son aquellos en los que existe un factor probabilístico de ocurrencia ya que las cuantificaciones de los indicadores para las alternativas estudiadas no son perfectamente conocidas. Es decir, existe un cierto grado de desconocimiento de la evolución temporal de las alternativas.

3.3.2 Clasificación según el número de aspectos de decisión

Según el número de aspectos a tener en cuenta, los problemas se pueden clasificar en tomas de decisión monocriterio o multicriterio:

- i. Problemas monocriterio: las decisiones se toman bajo un único aspecto. Si además existe certidumbre, la elección de la mejor alternativa es la que mejor valoración tiene en el aspecto estudiado.
- ii. Problemas multicriterio: las decisiones se toman bajo un conjunto de aspectos, en los que existe normalmente una contradicción entre alternativas, de forma que la solución eficiente está formada por más de una alternativa y se debe encontrar una solución de compromiso.

3.3.3 Clasificación según la naturaleza de las alternativas

Según la naturaleza de las alternativas, los problemas de decisión se pueden clasificar en problemas continuos y problemas discretos:

- i. Problemas continuos: el conjunto de alternativas es no numerable. Las alternativas están definidas de forma implícita. Este tipo de problemas de decisión son habituales en el mundo de la ciencia y la técnica, en el que se busca optimizar el valor de una variable continua.
- ii. Problemas discretos: el conjunto de alternativas es numerable y el número de alternativas puede ser finito o infinito. Salvo que se diga lo contrario, se suele suponer que las alternativas consideradas están definidas explícitamente y su número no es muy elevado.

3.3.4 Clasificación según las características del decisor

Según las características del decisor, los problemas de decisión se pueden clasificar en problemas uniexperto y problemas multiexperto:

- i. Problemas uniexperto: son aquellos en los que quién toma la decisión es una sola entidad física o jurídica.
- ii. problemas multiexperto: el decisor está formado por más de una entidad, un conjunto de individuos interesados en la decisión, que tiene que adoptar una solución única que refleje globalmente las opiniones o intereses del grupo y que se pueda llegar a un consenso. Este tipo de problemas de decisión son cada vez más frecuentes, sobre todo en el ámbito universitario y empresarial debido a la multidisciplinariedad.

3.4 CLASIFICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE TOMA DE DECISIÓN

Existen cuatro grandes grupos en que se pueden agrupar las diferentes metodologías de análisis de tomas de decisión con enfoques claramente diferenciados:

- i. La teoría de la utilidad multiatributo (MAUT): se basa en encontrar una función global proveniente de la agregación de cada una de las funciones de valor de los diferentes indicadores considerados.
- ii. La programación multiobjetivo: las metodologías aquí presentadas son muy parecidas a la anterior clasificación. La diferencia principal es que se aplica a problemas de tomas de decisión continuas. Estas metodologías son una generalización al caso multiobjetivo de la programación lineal.
- iii. La teoría de las relaciones de sobreclasificación: proviene del enfoque de la ciencia a la ayuda de la toma de decisión y se basa en la comparación sistemática de cada par de alternativas en todos los aspectos estudiados.
- iv. Los métodos de disgregación de preferencias: se centran en crear un modelo que sea coherente con las decisiones que previamente ya han sido tomadas. Es decir, el proceso es justo el inverso que en las anteriores metodologías. Primero se decide que alternativa es mejor y luego se crea el modelo de valor coherente con las elecciones tomadas [110].

Existen muchas metodologías de toma de decisión y muchas de ellas con características muy diferentes. En la Tabla 11 se pretenden mostrar algunas de las metodologías más utilizadas dentro de los cuatro enfoques mencionados para decidir cuál sería la más adecuada para la aplicación de la presente tesis, no se pretende realizar un análisis exhaustivo de todas las metodologías.

<i>Enfoque del problema multicriterio</i>	<i>metodologías más utilizadas</i>
Programación matemática multiobjetivo	Método de las restricciones Método de las ponderaciones Programación compromiso Programación por metas
Teoría de la utilidad multiatributo	Suma ponderada (metodología MIVES) Producto ponderado Métodos PRES y PRES II multiexperto Proceso Analítico Jerárquico (AHP) Proceso Analítico en Red (ANP)
Teoría de las relaciones de sobreclasificación	Métodos ELECTRE Métodos PROMETHE
Análisis de disgregación de preferencias	Método UTA

Tabla 11. Metodologías de análisis de las tomas de decisión multicriterio.

Los cuatro enfoques mencionados en la Tabla 11, contribuyen al análisis de problemas de toma de decisiones, tanto continuos como discretos. A continuación, se va a proceder a hacer una breve descripción de los mismos.

3.4.1 Programación matemática multiobjetivo

La programación matemática multiobjetivo se aplica cuando el problema de toma de decisión está definido por una serie de funciones objetivo a optimizar que deben satisfacer un determinado conjunto de restricciones [111]. Estas metodologías buscan encontrar un valor de x (variable continua) que maximiza m funciones objetivo. Como la optimización simultánea de todas las funciones objetivo suele ser imposible, el enfoque multiobjetivo establece el conjunto de soluciones eficientes o Pareto óptimas, en vez de intentar determinar una solución óptima que no existe. La formulación general es la siguiente (1):

$$\text{Maximo o minimo de } \vec{z} = [f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n)] \quad (1)$$

Donde:

$x \in B$, siendo x la variable de decisión

$f_j(x)$: son las funciones objetivo que se deben optimizar.

B : es el conjunto de restricciones que definen el conjunto de soluciones posibles.

El primer punto a resolver dentro de la programación matemática multiobjetivo es segregarse, del conjunto de soluciones posibles, un subconjunto de elementos con optimalidad paretiana, denominado subconjunto de soluciones eficientes. Para ello, se utiliza una información estrictamente técnica (restricciones, expresiones matemáticas de las funciones objetivo, etc.) sin incorporar información sobre las preferencias del decisor. Las técnicas analíticas multiobjetivo más utilizadas para encontrar las diferentes soluciones eficientes u óptimas de Pareto son el método de las restricciones y el método de las ponderaciones.

Una vez determinado el subconjunto de soluciones eficientes, se debe elegir de entre ellas la solución o soluciones que resulten óptimas para el decisor. Dos de los procedimientos más utilizados para introducir las preferencias del decisor son la programación compromiso y la programación por metas.

3.4.2 Teoría de la utilidad multiatributo

Partiendo de la teoría unidimensional de Von Neumann y Morgenstern [112] que Fishburn extendió al caso multicriterio [113], la teoría de la utilidad multiatributo (Multiple Attribute Utility Theory, MAUT) fue ampliamente desarrollada por Keeney y Raiffa [114]. Dicha teoría utiliza una función que toma valores dentro del conjunto de números reales para representar la utilidad o valor que cada alternativa tiene para el decisor en función de la cuantificación de sus indicadores. Posteriormente se obtiene un único índice de valor a partir de todos los valores de los indicadores reduciendo el problema multicriterio a un problema de optimización monocriterio. Los dos conceptos clave en la teoría de utilidad multiatributo son los pesos asignados

a los aspectos considerados como homogéneos y las funciones de valor de cada uno de los indicadores, distinguiéndose dos situaciones:

- i. El caso determinista: en el que para cada alternativa se conocen con certeza las cuantificaciones de cada indicador y la satisfacción que producen.
- ii. El caso en el que existe incertidumbre (probabilista): la cuantificación de los indicadores son variables aleatorias asociadas a cada alternativa.

Cuando el problema se plantea en un ambiente de certidumbre y se conoce la satisfacción que produce la cuantificación de un indicador, la función empleada se denomina función de valor. Cuando el ambiente es de incertidumbre y el decisor no conoce la satisfacción que puede producir cierta cuantificación de un indicador, si es capaz de asignar probabilidades a las distintas posibilidades que resulten de cada cuantificación, entonces la función se denomina función de utilidad. El principio de racionalidad de la teoría de la utilidad multiatributo se basa en los siguientes principios:

- i. El decisor intenta inconscientemente o implícitamente maximizar una función de utilidad o valor que agrega todos los puntos de vista relevantes. Si se interroga al decisor sobre sus preferencias, sus respuestas serán coherentes con la función de utilidad o valor, que no es conocida a priori. El papel del analista es estimar dicha función mediante una adecuada serie de preguntas.
- ii. Todo par de alternativas A_1 y A_2 pueden ser comparadas. Existe un ordenamiento de preferencia sobre el conjunto de alternativas.
- iii. Se asume que el orden de preferencia es transitivo, es decir, si A_1 se prefiere a A_2 y A_2 se prefiere a A_3 , entonces A_1 se prefiere a A_3 . Este principio junto con el anterior garantiza la consistencia en la comparación. El grado de cumplimiento de los objetivos por parte de las alternativas A ($j = 1, \dots, n$) se caracteriza por un conjunto de valoraciones \vec{z} del conjunto de indicadores \vec{I} . No se pueden comparar las magnitudes de la cuantificación del indicador I_j

con las del indicador I_i para $j \neq i$, porque en la mayoría de los casos cada indicador se mide en unidades diferentes [114]. En ciertos métodos multicriterio, como en la suma ponderada, hay una compensación entre los diferentes valores obtenidos por una misma alternativa respecto a diferentes indicadores. Esta compensación exige la utilización de escalas comparables. Por ello, es necesaria una función que transforma la cuantificación de un indicador en un valor adimensional.

3.4.2.1 *Asignación de pesos*

Existen numerosas metodologías para asignar pesos a los aspectos considerados como homogéneos. Estos métodos pueden clasificarse de la siguiente forma:

- i. Métodos de asignación directa: Este es el método más simple y rápido. El decisor da un valor a cada uno de los aspectos que representa la medida de la importancia del mismo.
- ii. Métodos de ordenación: El decisor simplemente debe ordenar los diferentes aspectos de más a menos importante o al revés [115,116]. Una de las ventajas de estos métodos es que la entrada de datos por parte del decisor es también muy sencilla.
- iii. Métodos de comparación a partir de una sola referencia: El decisor debe dar un valor cardinal para cada uno de los aspectos a los que se asigna el peso que representa la importancia relativa de éste respecto a un único aspecto considerado de referencia.
- iv. Métodos de comparaciones sucesivas: El decisor debe dar el valor cardinal de la comparación de importancias de un aspecto respecto varias comparaciones sucesivas. Es decir con otro aspecto, con la suma de dos más, etc.
- v. Cálculo de la diversidad de las valoraciones: El peso se obtiene a partir de las diferencias existentes en los valores de los indicadores en función de la alternativa estudiada. Es decir, el conjunto de valoraciones de un mismo

indicador para todas las alternativas evaluadas con mayor varianza es el que mayor peso tendrá.

- vi. Matriz de comparación por pares: Se debe realizar la comparación de la importancia relativa del aspecto *i* respecto al aspecto *j*. Dicho valor se colocará en la fila *i* y la columna *j* de la matriz. Posteriormente para obtener el vector de pesos se puede calcular la media ponderada, el producto ponderado o el autovector de dicha matriz de comparación por pares.
- vii. Matriz de dominación: Muy parecido a la matriz de comparación por pares con la diferencia de que solo se realiza una comparación ordinal entre las comparaciones de la importancia de los aspectos.

3.4.2.2 *Construcción de la función de valor*

Para construir una función de valor se han propuesto muy diversos métodos, por ejemplo Fishburn [117] enumeró veinticuatro maneras diferentes. De la bibliografía estudiada se desprende que hay métodos que definen varios puntos de la función de valor para posteriormente interpolar dicha función, mientras que otros métodos parten de expresiones matemáticas predefinidas en las que la función de valor puede adoptar diferentes formas en función de las preferencias del decisor.

3.4.2.3 *Agregación de utilidades parciales*

Una vez construida la función de valor, se asocian valores numéricos a las alternativas según las preferencias del decisor. Este proceso consta de dos pasos:

- i. La cuantificación y posterior obtención del valor de un indicador para cada una de las alternativas estudiadas.
- ii. La forma de agregar los valores de cada uno de los indicadores para obtener un único índice de valor.

El modelo de agregación puede adoptar diferentes expresiones, según el método empleado. Basados en la existencia de la función de valor, se describen a continuación el método clásico de la suma ponderada y su derivado, el producto ponderado, así como los métodos PRES y PRES II multiexperto. Dentro de este grupo también se suele incluir el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y su generalización, el Proceso Analítico en Red (ANP).

Suma ponderada:

Se supone un problema con m alternativas A_1, A_2, \dots, A_m y n indicadores I_1, I_2, \dots, I_n . Cada indicador j está representado por una función de valor $V_j(I_i)$ que está evaluada en la tabla de valores de los indicadores o matriz de decisión $z_{ij} = V_j(I_i)$ (fila i y columna j). Además, es necesario asignar a cada indicador I_j un peso positivo de tipo cardinal. Los valores de cada uno de los indicadores acostumbran a quedar comprendidos entre 0 y 1, con mejor evaluación cuanto más cercano a 1. Tal y como se comentó anteriormente, para esta metodología, existe una compensación entre los diferentes valores obtenidos por una misma alternativa respecto diferentes indicadores [114]. Para cada alternativa A_i se obtiene el valor global $V(A_i)$ de la siguiente forma (2):

$$V(A_i) = \sum_{j=1}^m w_j \cdot z_{ij} \quad (2)$$

Donde:

w_j es el peso del indicador j .

z_{ij} es el valor o utilidad del indicador j para la alternativa i .

De esta manera, se obtiene una ordenación de las diferentes alternativas, excepto aquellas que tengan una valoración igual. La alternativa escogida, será evidentemente la que tenga mayor evaluación global o índice de valor $V(A_i)$. Este método supone la existencia de una función de valor cardinal aditiva con ponderación de los indicadores. A la vez supone la independencia entre ellos. En este caso los pesos

vienen a ser tasas de sustitución entre indicadores. Es decir, indican cuanto debe aumentar el valor de un indicador para que la disminución en el valor de otro indicador no modifique la valoración final de la alternativa.

Producto ponderado:

El método del producto ponderado o ponderación multiplicativa deriva del método de la suma ponderada. Se parte de la tabla de valores de los indicadores o matriz de decisión $[Z] = \{z_{ij}\}$ y de los pesos w_j asociados a cada uno de los indicadores. Consiste en multiplicar los valores de la siguiente forma (3):

$$P(A_i) = (z_{i1}^{w_1}) \cdot (z_{i2}^{w_2}) \cdot \dots \cdot (z_{in}^{w_n}) = \prod_{j=1}^m z_{ij} \quad (3)$$

Donde:

w_j es el peso del indicador j .

z_{ij} es el valor o utilidad del indicador j para la alternativa i .

La mejor alternativa es la de producto ponderado mayor. Su escasa utilización en la práctica puede ser debida a que favorece (o perjudica) notablemente la evaluación global de las alternativas con una evaluación relativamente alta (o baja) (alejada de la media) en algún indicador. Es decir, el producto ponderado magnifica demasiado los valores extremos, lo que puede conducir a grandes variaciones en los resultados finales.

3.4.2.4 *Métodos PRES y PRES II multiexperto*

Los métodos multiexperto PRES [118] y PRES II [119-121] tienen como punto de partida una tabla con los valores de los indicadores en que aparecen los valores de cada indicador en función de cada alternativa (Tabla 12).

	<i>Indicador 1</i>	...	<i>Indicador n</i>
Alternativa 1	z_{11}	...	z_{1n}
Alternativa...			
Alternativa m	z_{m1}	...	z_{mn}

Tabla 12. Tabla con valores de los indicadores.

A continuación, el método PRES compara cada alternativa con todas las demás. La comparación de una alternativa A_i con otra A_j se realiza para cada indicador y se obtiene la matriz de dominación $[T] = \{t_{ij}\}$ de dimensión $m \times n$ (Tabla 13). El valor de cada elemento t_{ij} de la matriz de dominación se obtiene mediante la suma de las diferencias entre los valores correspondientes a aquellos indicadores en los que la alternativa A_i domina a la alternativa A_j , multiplicadas por los pesos respectivos de cada indicador. La alternativa A_i domina a la alternativa A_j para un indicador si la diferencia entre el valor de A_i y el de A_j para dicho indicador es positiva cuando el indicador es a maximizar o negativa cuando es a minimizar.

	<i>Indicador 1</i>	...	<i>Indicador n</i>
Alternativa 1	t_{11}	...	t_{1n}
Alternativa...			
Alternativa m	t_{m1}	...	t_{mn}

Tabla 13. Matriz de dominación.

Una vez calculada la matriz de dominación, las alternativas se ordenan de mayor a menor preferencia según el índice PRES (4) obtenido, que para cada alternativa se calcula como :

$$IP_i = \frac{D_i}{d_i} = \frac{\sum_{j=1}^m t_{ij}}{\sum_{i=1}^m t_{ij}} \quad (4)$$

Donde:

D_i es la suma de la fila i -ésima de la matriz de dominación.

d_i es la suma de la columna i -ésima de dicha matriz.

El índice PRES para la alternativa i -ésima (IP_i) establece la relación entre el grado con que la alternativa i -ésima domina a las demás alternativas y el grado con que éstas dominan a la alternativa i -ésima. Se ha demostrado que las alternativas más dominantes reflejan en este índice dicha dominación. El método PRES II multiexperto es una extensión del método PRES al caso de decisiones de un grupo de expertos. Es decir, buscando un consenso.

Una de las características principales de estos dos métodos es que cuando se realiza un nuevo estudio en que aparecen nuevas alternativas los índices de dominación varían ya que en la ecuación (4) aparecen nuevos términos tanto en el numerador como en el denominador consecuencia de que el valor de m (número de alternativas) aumenta.

3.4.2.5 *Proceso Analítico Jerárquico (AHP)*

El método de las Jerarquías Analíticas o Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP), fue desarrollado por el profesor Thomas L. Saaty [122-124]. La gran complejidad de un problema de toma de decisiones multicriterio se puede resolver representándolo como una jerarquía de diferentes niveles relacionados entre sí de forma unidireccional. El nivel superior de la jerarquía es el objetivo global o meta del problema. El nivel inferior está formado por las alternativas a evaluar y los niveles intermedios son los criterios e indicadores respecto a los que se evalúan las alternativas. El diseño de la jerarquía requiere experiencia y conocimiento del problema, por lo que es imprescindible disponer de toda la información necesaria.

AHP es una metodología que permite ordenar y organizar informaciones sobre un problema de manera eficiente [125]. Permite, mediante una comparación por pares de todos los elementos pertenecientes a un mismo grupo, encontrar un valor de la importancia de cada uno de ellos respecto a todo el conjunto. Esta característica, permite a la metodología AHP poder asignar pesos de diferentes aspectos

considerados homogéneos o realizar valoraciones adimensionales de los diferentes indicadores.

Mediante AHP se puede realizar todo el proceso de toma de decisión. En un primer nivel se calculan los distintos pesos de los aspectos valorados. En el segundo nivel se valoran los indicadores para cada una de las alternativas. Por último, se obtienen las valoraciones globales de cada alternativa.

Una de las características principales de la valoración de alternativas mediante AHP que la diferencia de las otras metodologías de la teoría de utilidad multiatributo, es que son valoraciones comparadas. Es decir, no es necesario conocer cuantificaciones concretas de los indicadores estudiados en cada alternativa. Por ejemplo, si se valora cada alternativa en el indicador coste, no será necesario conocer el coste concreto de cada alternativa, sólo saber la relación de importancia existente entre ellos. Esto también sucede en la metodología ANP y aunque inicialmente la valoración puede parecer sencilla conlleva el problema de que si en un análisis posterior quieren evaluarse más alternativas los resultados iniciales varían y por lo tanto no pueden tenerse en cuenta.

En este capítulo no se realiza una revisión exhaustiva de AHP, pero si se considera importante mostrar los axiomas en los cuáles se basa esta metodología para conocer en qué casos puede utilizarse. Los axiomas básicos en los que se basa el método AHP son [126] :

- i. Axioma de reciprocidad: El decisor debe ser capaz de realizar comparaciones y establecer la intensidad de sus preferencias. Se debe satisfacer la condición recíproca de que si A es x veces más preferido que B, entonces B es $\frac{1}{x}$ veces más preferido que A.
- ii. Axioma de homogeneidad: Las preferencias se representan por medio de una escala común.

- iii. Axioma de dependencia: Al expresar preferencias, se supone que los indicadores son independientes entre sí.
- iv. Axioma de las expectativas: Se supone que la jerarquía es completa. Es decir que contempla todos los aspectos que deben tenerse en cuenta y valora todas las alternativas factibles.

En la metodología MIVES (que se explicará en el capítulo 4), se utiliza la metodología AHP en la fase de asignación de pesos. Por ello, en dicho capítulo se explica la forma de calcular el vector de pesos de cada uno de los aspectos considerados como homogéneos mediante AHP.

3.4.2.6 *Proceso Analítico en Red (ANP)*

El Proceso Analítico en Red (Analytic Network Process, ANP) fue propuesto también por el profesor Saaty [127] y después fue completamente revisado y publicado en otros libros sobre ANP escritos por el mismo autor Saaty [128]. Tanto AHP como ANP tienen como objetivo obtener una ordenación de las alternativas a partir de comparaciones pareadas entre elementos del modelo. AHP es conceptualmente fácil de utilizar y proporciona resultados satisfactorios en problemas que se pueden modelar como una jerarquía de niveles parecida al árbol.

La característica principal en la metodología AHP es que se debe suponer y demostrar la independencia entre los elementos del mismo nivel. Sin embargo, en muchos problemas esta independencia no se puede verificar y la aplicación de AHP puede suponer una simplificación demasiado arriesgada de la realidad. Por este motivo Saaty propuso ANP, la generalización de AHP que permite analizar y cuantificar casos en los que hay dependencia entre diferentes aspectos del árbol de toma de decisión. Al igual que AHP, ANP tampoco se explica en detalle puesto que existen numerosísimas bibliografías sobre dicha temática.

3.4.3 Teoría de las relaciones de sobreclasificación

Cuando se necesita información precisa sobre las preferencias del decisor, existen dificultades para la construcción de la función de valor y entonces surge la teoría de las relaciones de sobreclasificación o superación (Outranking Relation Theory, ORT) [129,130]. Dicha teoría, se basa en la comparación por pares de cada una de las alternativas en todos los indicadores evaluados [131]. De esta manera, siendo A_1 la alternativa 1 y A_2 la alternativa 2, al comparar un determinado indicador puede suceder:

- i. A_1 es indiferente a A_2 (A_1IA_2).
- ii. A_1 es estrictamente preferida a A_2 (A_1PA_2).
- iii. A_2 es estrictamente preferida a A_1 (A_2PA_1).

Cuando existen desconocimiento por parte del decisor de las características de las alternativas o de sus preferencias en relación al grado de satisfacción que producen las cuantificaciones de un indicador determinado, pueden surgir dudas [132]. De acuerdo con estas dudas se puede hablar de preferencia débil (A_1QA_2) si existe duda entre A_1IA_2 y A_1PA_2 estando seguros de no A_2PA_1 , y de incomparabilidad (A_1RA_2) si la duda viene de A_1PA_2 y A_2PA_1 .

Una vez realizada la comparación por pares de las alternativas en todos los indicadores analizados, se define una relación de sobreclasificación (S) como una relación binaria definida sobre un conjunto de alternativas $A = (A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m)$ tal que A_1SA_2 si, dado el conocimiento sobre las preferencias del decisor y las características conocidas de las dos alternativas, hay suficientes argumentos para decidir que A_1 es al menos tan buena como A_2 en la mayoría de indicadores más importantes evaluados.

Los métodos de superación se basan principalmente en el siguiente concepto: cuando una alternativa A_i es al menos tan buena como otra A_j en una mayoría de los

indicadores y no hay ningún indicador en el que A_i sea notoriamente inferior a A_j se puede afirmar sin riesgo que A_i supera a A_j . Los distintos métodos de sobreclasificación difieren entre sí según la formalización de la definición de relación de sobreclasificación. Estos métodos se denominan de ayuda a la toma de decisión porque en muchos casos puede suceder que no se sepa que alternativa es mejor que la otra.

3.4.3.1 Métodos ELECTRE

La primera y más característica representación de los métodos de sobreclasificación la constituyen los métodos ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) [131- 136]. Consisten en dividir el conjunto de soluciones eficientes en subconjuntos de alternativas más favorables y otro menos favorables para el decisor, con el objetivo de reducir el tamaño del conjunto de soluciones eficientes.

Para indicar el grado de dominancia de una alternativa respecto a otra para un indicador determinado, se utilizan distintas funciones matemáticas. Las comparaciones entre alternativas se efectúan por pares, bajo cada uno de los indicadores de decisión, y a partir de ellas se obtiene el grado de dominancia o sobreclasificación de cada alternativa respecto a las demás. Se obtiene como resultado una selección del conjunto de alternativas, aunque puedan existir pares de alternativas que sean incomparables por la falta de conocimiento de sus características.

3.4.3.2 Métodos PROMETHEE

Los métodos PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), consisten en la construcción de relaciones de sobreclasificación con el objetivo de ordenar un conjunto de alternativas, incorporando concepto de grado de sobreclasificación [137 -140]. Este concepto es bastante similar al grado de dominancia que se obtiene al realizar el método ELECTRE.

La evaluación de las diferencias de valoración que dos alternativas poseen respecto a cada indicador ($d = z_j(A_1) - z_j(A_2)$), asociadas a la intensidad de preferencia de una alternativa sobre la otra para cada indicador j , puede realizarse mediante seis funciones de preferencia utilizadas de acuerdo a las características del decisor, quien además debe proporcionar los umbrales de indiferencia y preferencia asociados. Las funciones de preferencia toman valores entre 0 y 1 según la preferencia débil o fuerte de una acción respecto a otra para cada indicador. El valor 0 indica indiferencia, o no preferencia, y el valor 1 indica preferencia estricta. La determinación de la función de preferencia asociada a cada par de alternativas para un indicador específico es el concepto principal en el que se basa el método PROMETHEE.

3.4.4 Análisis de disgregación de preferencias

El análisis de disgregación de preferencias (Preference Disaggregation Analysis, PDA) consiste en el desarrollo de una metodología general para analizar las decisiones reales tomadas por el decisor y construir un modelo apropiado para representar dicho sistema de preferencias de la forma más consistente posible [141]. En este enfoque, no existe un modelo matemático predefinido para modelizar el sistema de preferencias del decisor como en la teoría de la utilidad multiatributo y la teoría de las relaciones de sobreclasificación.

El análisis de disgregación de preferencias, pregunta directamente al decisor sobre sus decisiones reales y con esta información analiza la manera de construir un modelo de agregación de indicadores que relacione su evaluación con las decisiones reales tomadas para reproducir el sistema de preferencias del decisor de la forma más consistente posible y se fundamenta en que es generalmente difícil obtener de los decisores una información específica sobre sus preferencias (por escasez de tiempo o desconocimiento). El objetivo es recopilar un conjunto de ejemplos de decisiones tomadas por el decisor (conjunto de referencia), que incorporen la información sobre sus preferencias, para desarrollar un modelo de ayuda a la decisión que represente los juicios del decisor con la mayor consistencia posible.

A pesar de que los primeros estudios sobre este tema se realizaron en los años 50 por Karst [142], Kelley [143] y Wagner [144], no fue hasta los años 70 cuando se utilizaron las formulaciones de la programación por metas para el desarrollo de modelos de regresión ordinal por Srinivasan y Shoker [145]. El concepto de análisis de disgregación de preferencias fue introducido por Jacquet-Lagrèze y Siskos a finales de los 70 y principios de los 80 a través del método UTA, con el objetivo de ayudar en la toma de decisiones [146-148].

3.4.4.1 Método de utilidades aditivas (UTA)

El método UTA (Utilités Additives) [147], asumiendo las bases axiomáticas de la teoría de la utilidad multiatributo por las que se acepta la existencia de una función de valor, plantea un procedimiento indirecto para la asignación de una función de valor aditiva. Las funciones de valor se asignan basándose en las comparaciones globales que el decisor efectúa sobre un conjunto de las alternativas denominado conjunto de referencia. El método se basa en la comparación de dos alternativas entre sí teniendo en cuenta simultáneamente todos los aspectos y no asigna una única función de valor, sino un conjunto de funciones todas ellas consistentes con las preferencias del decisor. El método se ejecuta en dos pasos:

- i. Determinación de una función de valor óptima mediante programación lineal.
- ii. Asignación de un conjunto de funciones de valor mediante análisis de Sensibilidad.

3.5 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE MIVES COMO METODOLOGÍA

La toma de decisión que se realiza en esta tesis doctoral es la evaluación de la sostenibilidad del sistema de transporte de un entorno urbano. Para ello, se va a justificar:

- i. La manera de ordenar los aspectos a tener en cuenta.
- ii. La función de valor genérica a utilizar.
- iii. El tipo de agregación de las diferentes funciones de valor.
- iv. Metodología de la asignación de pesos.

3.5.1 Clasificación de los aspectos a tener en cuenta

Se deberán de tener en cuenta los siguientes aspectos:

3.5.1.1 Estado del entorno

En el caso de toma de decisión de estudio, las alternativas se conocen perfectamente. En ningún caso se pretenderá valorar ninguna alternativa de las que no se conozcan todas sus características.

3.5.1.2 Número de aspectos de decisión

Según el número de aspectos de decisión, los problemas se pueden clasificar en problemas monocriterio o problemas multicriterio. En este caso concreto, la toma de decisión es claramente problema de toma de decisión multicriterio, ya que se deberán integrar diferentes aspectos relacionados con la sostenibilidad del transporte en entornos urbanos como por ejemplo aspectos medioambientales, sociales, económicos, etc.

3.5.1.3 Naturaleza de las alternativas

El número de alternativas que se valoran es en este caso un número discreto y finito. En primer lugar se valorará la sostenibilidad de un determinado entorno urbano, obteniendo un valor global y a continuación se valorarán diferentes barrios aplicando el modelo localmente.

3.5.1.4 Características del decisor

En este caso concreto el decisor es una unidad multiexperto tal y como se explicará más adelante ya que es importante trasladar las preferencias de los representantes de la administración local y general sin que puedan existir intereses particulares.

3.5.2 Corriente metodológica en la que debe englobarse la metodología utilizada

En este apartado se justifica dentro de las cuatro corrientes metodológicas explicadas anteriormente en cuál debe englobarse la metodología a utilizar para realizar las tomas de decisión de esta tesis. Las cuatro corrientes existentes son:

3.5.2.1 La programación multiobjetivo:

Esta teoría está pensada para resolver problemas de decisión multicriterio continuos y aunque en casos excepcionales puede aplicarse a tomas de decisión discretas, no están pensadas para ello. Puesto que el conjunto formado por las alternativas analizadas es finito y discreto, estas metodologías quedan descartadas.

3.5.2.2 La teoría de las relaciones de sobreclasificación:

Esta metodología se denomina así, porque en algunos casos no es posible encontrar cuál es la mejor alternativa ya que pueden existir diferentes alternativas que en varios aspectos considerados no sean estrictamente preferentes unas de otras. Como consecuencia, se hace inviable realizar una ordenación de las diferentes alternativas y tener un modelo de valor que pueda servir para futuras valoraciones de otras alternativas. Por ello, quedan descartadas todas las metodologías pertenecientes a esta corriente.

3.5.2.3 *Los métodos de disgregación de preferencias:*

En estos métodos inicialmente se le pregunta al decisor qué alternativa escogería en función de diversos aspectos y a partir de aquí se construye un modelo de valor coherente con las respuestas del decisor. En esta tesis se pretende escoger la mejor alternativa partiendo de un estudio previo y no escoger la alternativa en la primera fase del estudio sin un previo análisis. Por ello, es muy importante escoger los diferentes aspectos y cómo se valorarán antes de valorar ninguna alternativa así el decisor no se verá influenciado por el resultado de ninguna de las valoraciones de las alternativas. Por esta razón, todas las metodologías pertenecientes a esta corriente metodológica también quedan descartadas.

3.5.2.4 *La teoría de utilidad multiatributo:*

Se basa en encontrar un único índice de valor para cada una de las alternativas a partir de la agregación de las diferentes funciones de valor de cada uno de los indicadores estudiados. Este hecho, permite obtener una ordenación de todas las alternativas. Además, en la mayoría de metodologías, se obtiene un modelo de valor que permite valorar en un futuro otras alternativas con los mismos condicionantes que las anteriores valoraciones. Este modelo de valor, puede realizarse gracias a que se conocen las preferencias del decisor y por ello, se conocen los pesos de cada uno de los aspectos valorados así como la forma de valorarlos. Además, este tipo de metodologías está pensado para resolver problemas de toma de decisión en las que el número de alternativas es discreto. Debido a estos factores, se considera que las metodologías de toma de decisión multicriterio que siguen la corriente de la teoría de utilidad multiatributo son las que mejor se adaptan al problema de decisión de esta tesis.

3.5.3 Ordenación de los aspectos a tener en cuenta

Una vez seleccionados los aspectos a tener en cuenta en un problema de decisión Multicriterio, hay que estructurarlos de forma comprensible y útil para el análisis [114]. Una manera hacer dicha estructuración es la de una jerarquía representada mediante árboles propuesta por Manheim y Hall [149]. En la metodología MIVES utilizada en esta tesis a este árbol se le denomina árbol de toma de decisión.

A la hora de construir dicho árbol de toma de decisión, existe la posibilidad de construirlo de arriba abajo o de abajo a arriba. En el primer caso, utilizado Cuando el analista está familiarizado con el caso de estudio, primero se desglosan los aspectos más generales y a partir de ahí los criterios e indicadores. Cuando se construye de abajo a arriba, forma habitual de trabajo en caso de no estar familiarizado con el estudio, se hace es un listado de todos los indicadores y posteriormente se intentan agrupar en criterios y requerimientos.

El grado de detalle de subdivisión de los aspectos en una jerarquía afecta también a los pesos, observándose que un criterio ramificado en varios indicadores se beneficia siempre de un peso superior al que hubiese tenido sin la división [150].

Algunas de las ventajas principales de agrupar u ordenar todos los aspectos mediante un árbol de toma de decisión son:

- i. Los aspectos quedan agrupados según la temática.
- ii. Se puedan valorar zonas intermedias del árbol de toma de decisión. Por ejemplo, obtener el valor de un requerimiento económico, social, medioambiental o el valor de algún criterio específico de estos requerimientos para cada una de las alternativas estudiadas.
- iii. Es más difícil olvidarse de algún aspecto importante puesto que se intenta hacer hincapié en todos los temas generales que deben tratarse.

3.5.4 Función de valor utilizada

Una de las principales tareas del análisis multicriterio es encontrar la función de valor apropiada, y para su definición hay que tener en cuenta las siguientes cuestiones:

- i. Hay que conocer los puntos por los que debe pasar la función de valor. Es decir, que las preferencias del decisor sean perfectamente conocidas
- ii. Hay que encontrar una función de valor genérica, que cambiando ciertos valores de los parámetros que la definen pueda adoptar la mayoría de formas existentes.
- iii. Hay que definir la escala de medida del valor, que frecuentemente suele ser entre 0 y 1.

En el caso de esta tesis, se considera que las preferencias del decisor respecto a cada uno de los indicadores valorados son conocidas. Es decir, los puntos por los que debe pasar la función de valor están bien definidos. Tal y como se explicará detalladamente en el siguiente apartado, la metodología seleccionada es MIVES y dicha metodología trabaja con funciones de valor unimodales y no multimodales. Es decir, la función de valor será siempre creciente o decreciente además de flexible y que puede adoptar la mayoría de formas que representan la satisfacción del decisor en función de la cuantificación del indicador: forma lineal, logarítmica, exponencial y en forma “S”.

3.5.5 Tipo de agregación de las distintas funciones de valor

Dentro de las metodologías englobadas en la teoría de utilidad multiatributo podrían utilizarse algunos de los siguientes métodos de agregación:

- i. Suma ponderada.
- ii. Producto ponderado.
- iii. Método PRES o PRES II multiexperto.
- iv. Proceso Analítico jerárquico (AHP).

v. Proceso Analítico en Red (ANP).

AHP y ANP no son métodos de agregación sino metodologías que utilizan un método específico de agregación de las diferentes valoraciones, que es muy parecido a la suma ponderada. Si se utilizaran estas metodologías para valorar globalmente las alternativas los resultados variarían en el caso de que se introdujeran nuevas alternativas [151]. Los métodos PRES y PRES II al igual que AHP y ANP son metodologías de toma de decisión multicriterio más que un método de agregación de las valoraciones y les sucede algo parecido que con AHP o ANP. En este caso, el índice PRES para la alternativa i -ésima (IP_i) también varía en función de si se añaden más alternativas en la valoración. Por ello, estas metodologías se descartan para los estudios de toma de decisión de esta tesis.

Los dos métodos que podrían utilizarse en la agregación de las diferentes funciones de valor son: la suma o el producto ponderado. El producto ponderado no se utiliza debido a que favorece (o perjudica) notablemente la evaluación global de las alternativas con una evaluación relativamente alta o baja (alejada de la media) en algún indicador. Es decir, el producto ponderado magnifica demasiado los valores extremos, lo que puede conducir a grandes variaciones en los resultados finales. Por todo lo mencionado, se utiliza el método de la suma ponderada como método de agregación con la siguiente formulación (5):

$$V(A_i) = \sum_{j=1}^m w_j \cdot Z_{ij} \quad (5)$$

Donde:

W_j es el peso del requerimiento j .

Z_{ij} es el valor del requerimiento j para la alternativa i .

3.5.6 Tipo de metodología de asignación de pesos

Teniendo en cuenta que existen numerosas metodologías para asignar pesos a los aspectos considerados como homogéneos (los indicadores de un mismo criterio, los criterios de un mismo requerimiento y los propios requerimientos), a continuación se justifica que metodologías se consideran óptimas para la asignación de pesos en MIVES:

- i. Métodos de asignación directa: sería posible utilizar este método siempre que el decisor tuviera claro el valor de los pesos sin realizar un análisis previo.
- ii. Método de ordenación: No se considera porque sería necesario conocer cardinalmente las importancias relativas entre los diferentes aspectos, habría que cuantificarlos.
- iii. Métodos de comparación a partir de una sola referencia: No se considera una buena solución porque si se comparan importancias relativas de los diferentes aspectos, lo ideal sería comparar todos con todos y así calcular si existe o no coherencia en los diferentes juicios y realizar una media de las diferentes comparaciones.
- iv. Métodos de comparaciones sucesivas: Se considera que la información que se le pide al decisor no es sencilla y por lo tanto no es un método recomendable ni utilizado en la metodología MIVES.
- v. Métodos de compensación de alternativas: En este tipo de metodologías, antes de asignar pesos se deben realizarse las valoraciones. Por ello no se consideran en la metodología MIVES, puesto que se piensa que las diferentes valoraciones podrían verse afectadas por subjetividades del decisor.
- vi. Cálculo de la diversidad de las valoraciones: El peso se obtiene a partir de las diferencias existentes en los valores de los indicadores en función de la alternativa estudiada. El indicador que tiene mayor diversidad en las valoraciones será el que tiene mayor peso. No se considera correcto que las

- preferencias (pesos) sean función de las diferencias entre valoraciones de los distintos indicadores.
- vii. Matriz de comparación por pares: la información que se pide al decisor no es muy extensa y es posible analizar la consistencia o no de todos los juicios realizados. Además, al ser un método es preciso, conocido y que se ha aplicado en multitud de estudios de forma contrastada ha sido seleccionado para ser aplicado en MIVES.
 - viii. Matriz de dominación: Al carecer de valores cardinales, igual que los métodos ordinales no se considera suficientemente aproximado y no se utiliza.

3.5.6.1 Metodología AHP

La metodología AHP, es la metodología habitualmente utilizada para asignar pesos en MIVES. La información inicial que debe aportar el decisor es una comparación de un grupo de aspectos considerado como homogéneo (todos los indicadores de un mismo criterio, todos los criterios de un mismo requerimiento o todos los requerimientos) entre sí. Con todas estas comparaciones se crea una matriz denominada matriz de comparación por pares, a partir de la cual se puede calcular el vector de pesos y la consistencia o no de todos los juicios.

La matriz de comparación por pares es una matriz cuadrada de $n \times n$ (donde n es el número de indicadores, criterios o requerimientos según el caso) y cada uno de sus elementos se calcula a través de una comparación por pares entre ellos. Los valores que toma cada elemento de la matriz $[A]$, se calculan de acuerdo con la escala que se muestra en la Tabla 14.

<i>Importancia relativa</i>	<i>Intensidad (i respecto j)</i>	a_{ij}	a_{ji}
1	Igual importancia a...	1	1
2	Preferencia intermedia entre 1-3	2	1/2
3	Ligeramente más importante que...	3	1/3
4	Preferencia intermedia entre 3-5	4	1/4
5	Más importante que...	5	1/5
6	Preferencia intermedia entre 5-7	6	1/6
7	Mucho más importante que...	7	1/7
8	Preferencia intermedia entre 7-9	8	1/8
9	Absolutamente más importante que...	9	1/9

Tabla 14. Escala numérica de comparación propuesta por Saaty y términos de la matriz de decisión.

3.5.7 Resumen de los argumentos que justifican la elección de MIVES

A modo de resumen, se exponen las características que debe tener la metodología seleccionada para el estudio de esta tesis:

- i. La metodología utilizada debe estar englobada dentro de la corriente metodológica de la teoría de utilidad multiatributo.
- ii. Todos los aspectos a considerar se deben estructurar en forma de árbol.
- iii. La función de valor genérica debe adaptarse a la mayoría de preferencias que puede tener el decisor.
- iv. El tipo de agregación que se realice debe ser la suma ponderada.
- v. La metodología a utilizar para asignar pesos es la directa, de comparación mediante una sola referencia o AHP.

En el siguiente capítulo se va a proceder al estudio de la metodología MIVES para comprobar que cumple con todas las características comentadas anteriormente. Mediante la metodología MIVES es posible encontrar un único índice de valor de cada una de las alternativas, consiguiendo no sólo escoger la mejor de ellas sino establecer una ordenación de todas las alternativas y que exista la posibilidad de valorar en un futuro otras alternativas con el modelo creado sin que queden alteradas las anteriores valoraciones.

El uso de esta metodología de valoración ha quedado contrastada en diferentes trabajos de investigación ya realizados. Como resultado de los mismos, se han publicado alrededor de 35 artículos en revistas indexadas y 20 tesis doctorales, algunos de las cuales se pueden consultar en la bibliografía [152-168].

4 MODELO GENÉRICO DE LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD: MIVES

4.1 INTRODUCCION

En el Capítulo 3 de se ha justificado la utilización de la metodología MIVES (Modelo integrado de valor para evaluaciones sostenibles) para obtener un modelo de evaluación de la sostenibilidad del transporte en entornos urbanos. A continuación se va describir dicha metodología que plantea un árbol jerarquizado de requerimientos, criterios e indicadores, todos ellos debidamente ponderados a través del modelo analítico Jerarquizado (A.H.P.) con objeto de reducir el grado de subjetividad presente en el proceso de evaluación.

En la presente tesis, se pretende establecer un índice que evalúe la sostenibilidad del sistema de transporte de un entorno urbano. Para ello, hay que definir cuáles son los factores que asociados a este sistema urbano, deben ser estudiados y evaluados y establecer una clasificación en función de la influencia en la sostenibilidad del transporte urbano.

De esta forma, el planteamiento del problema inicialmente debe identificar el índice a medir, junto con todos aquellos aspectos relacionados tanto con el transporte urbano, como con la sostenibilidad, así como, las relaciones existentes entre los mismos. Partiendo de estos datos, y en base a la experiencia existente en el ámbito de la evaluación de la sostenibilidad, se debe de establecer una metodología de evaluación con la que cuantificar el índice de sostenibilidad planteado.

Se define por tanto el “índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad”, como un valor asociado a la potencialidad que presenta el sistema de transporte, en nuestro caso de carácter urbano, frente a una serie de criterios de sostenibilidad que han sido planteados de forma específica para este tipo de sistemas de transporte, y que se encuentran relacionados con las afecciones al medio ambiente, pero también con las repercusiones económicas que se generan y con una serie de consideraciones de interés social relacionadas en parte con los propios usuarios del sistema de transporte y con el entorno social en el que se ubica. De esta forma, este índice se plantea como un valor acotado entre 0, que sería el menor grado de adecuación posible a los criterios planteados, y 1 correspondiente a la solución que presenta un mayor acuerdo en relación a los factores de sostenibilidad.

La evaluación de la sostenibilidad se plantea como algo complicado, debido a la gran cantidad de factores que se encuentran relacionados con la misma. Para poder realizar una herramienta que permita abordar un estudio completo, tratando de abarcar todos los ámbitos posibles, se ha planteado una estructura jerárquica. De esta forma se permite ordenar y agrupar en distintos niveles todos los posibles factores que se encuentran relacionados con la sostenibilidad, y una vez que se ha organizado dicho conjunto, hay que tratar de seleccionar aquellos que son más representativos, de cara a reducir la complejidad de cálculo que se encuentra asociada al manejo de mucha información.

El sistema jerarquizado planteado establece por debajo del índice a evaluar, tres niveles de actuación. En el primer nivel, y como paso inicial del estudio, se definen unas áreas comunes, denominadas requerimientos capaces de agrupar los elementos de evaluación a través de una característica común. En un segundo nivel establecido dentro de cada grupo, hay que definir lo que se han denominado criterios, que se corresponden con las características que se quieren comparar de cara a evaluar la sostenibilidad. La evaluación de cada criterio se realiza a través de otros elementos que se encuentran en un nivel inferior, denominados indicadores y que permiten cuantificar numéricamente los criterios, en algunos casos puede que para evaluar un criterio se necesite solamente un indicador y en otros varios. Esta agrupación presentaría el tercer y último nivel.

4.2 LAS DIFERENTES FASES DE LA METODOLOGÍA MIVES

La metodología de toma de decisión multicriterio MIVES [169,170] evalúa cada una de las alternativas que pueden resolver un problema genérico a través de un índice de valor y está compuesta por diferentes fases ordenadas cronológicamente de la siguiente manera:

- i. Delimitar de la decisión: se define quién toma la decisión, se fijan los límites del sistema y se establecen las condiciones de contorno.
- ii. Creación del árbol de toma de decisión: se ordenan de forma ramificada los aspectos que se tendrán en cuenta. Los aspectos más concretos (indicadores) que se sitúan en la última ramificación de dicho árbol se agrupan según ciertos aspectos denominados criterios y éstos en los requerimientos que son los aspectos más generales y que se ubican en la primera ramificación.

- iii. Creación de las funciones de valor de los indicadores: se crean unas funciones para poder obtener valoraciones de 0 a 1 de todos los aspectos pertenecientes a la última ramificación del árbol de toma de decisión.
- iv. Asignación de pesos: se asigna la importancia relativa de cada uno de los aspectos en relación a los restantes pertenecientes a una misma ramificación del árbol de toma de decisión ya sean indicadores, criterios o requerimientos.
- v. Definición de las alternativas: se definen diversas alternativas factibles al problema de toma de decisión planteado. Algunas veces, las alternativas están prefijadas al inicio de la toma de decisión y en ese caso, no se debe realizar esta fase.
- vi. Valoración de las alternativas: se obtiene el índice de valor para cada una de las alternativas planteadas.
- vii. Realización de un análisis de sensibilidad (opcional en MIVES): se analiza el posible cambio del índice de valor de cada una de las alternativas en el caso de que varíen los pesos o las funciones de valor definidas en las primeras fases.
- viii. Realización de un contraste de resultados (opcional en MIVES): se comprueba, a largo plazo, si el modelo de valoración se sigue ajustando a lo que se quería valorar inicialmente y si las cuantificaciones de los indicadores para cada una de las alternativas ha variado. Esta fase puede considerarse como una fase de control, del modelo de valoración y de las alternativas.

Para obtener el índice de valor de cada una de las alternativas se realiza una agregación de las funciones de valor de cada uno de los aspectos considerados en la última ramificación del árbol de toma de decisión (los indicadores).

Una característica importante de la metodología MIVES es que el planteamiento de todo el modelo de valoración (introducción del árbol de toma de decisión, creación de las funciones de valor y asignación de pesos) es anterior a la creación y valoración de las alternativas. De esta forma, las decisiones se toman al inicio, cuando se definen

los aspectos que se tendrán en cuenta y cómo serán valorados. La ventaja de este planteamiento es que la toma de decisión se realiza sin que exista alguna influencia de las valoraciones de las alternativas evitando que se produzca cualquier tipo de subjetividad frente alguna de ellas.

4.3 DELIMITAR DE LA DECISIÓN

A la hora de delimitar la decisión, habrá que tener en cuenta quién toma la decisión, cuáles son los límites del sistema y las condiciones de contorno existentes.

En la toma de una decisión pueden intervenir distintos agentes con diferentes puntos de vista y por ello puede suceder que no haya una alternativa óptima para todos los aspectos considerados. A este respecto es conveniente que el decisor atienda a la postura de otros que indirectamente intervendrán en la decisión y por lo tanto pueden considerarse como una condición de contorno. De esta forma, pueden evitarse conflictos en un futuro que podrían tener consecuencias negativas. Los seminarios, las encuestas y las entrevistas son tres herramientas muy valiosas para poder incorporar los criterios o intereses y posturas de terceros.

Las circunstancias que rodean a la toma de decisión pueden ser diferentes dependiendo de factores temporales, geográficos, climatológicos, tipo de sociedad, etc. Para que la valoración de las alternativas que solucionan un problema sea comparable, las condiciones de contorno deben ser iguales. Algunas de estas condiciones de contorno pueden llegar a ser condicionantes del tipo pasa o no pasa, es decir, en una toma de decisión pueden aparecer condicionantes del tipo económico, temporal, etc., que las alternativas no deben superar o estar por debajo de ciertos límites. La lista completa de los condicionantes de pasa o no pasa, se denomina lista de chequeo.

4.4 CREACIÓN DEL ÁRBOL DE TOMA DE DECISIÓN

El árbol de toma de decisión es la ordenación en forma ramificada de todos aquellos aspectos que serán estudiados y que se han estructurado en la primera fase, ya que es allí donde se definen los requerimientos de la toma de decisión con todos sus aspectos estructurados y qué componentes y etapas del ciclo de vida se van a tener en cuenta. En la Figura 25 se muestra de forma genérica un árbol de toma de decisión.

Dicho árbol puede tener diversos niveles en la ramificación, a la vez que cada ramificación puede subdividirse en muchos o pocos subniveles. En el primer nivel se encuentran los requerimientos que son los aspectos principales que conforman la decisión. En los niveles intermedios se hallan los criterios y posibles subcriterios que articulan los requerimientos y, en el último nivel de la ramificación, aparecen los aspectos más concretos y que van a ser evaluados directamente, los indicadores. Algo que no sucede con los criterios y requerimientos, los cuales son planteamientos de estructuración de la decisión pero no cuantificables.

Figura 25. Árbol de toma de decisión genérico.

4.4.1 Definiciones de los elementos de evaluación

A continuación se van a definir los distintos elementos que componen el árbol de toma de decisión. Los “requerimientos” son aquellos aspectos dentro del concepto de la sostenibilidad que se deben de potenciar dentro del problema de toma de decisión que se vaya a abordar para poder desarrollar su actividad y poder cubrir las necesidades propias del mismo, en este caso el sistema de transporte de un entorno urbano. Será por lo tanto, toda posible entrada, objetivo, necesidad, meta, o condicionante que pueda afectar a la toma de decisión.

Los “criterios”, se definen como aquellos elementos que se encuentran englobados dentro de un determinado requerimiento, por ejemplo el medio ambiental, y que van a servir de marco de comparación entre diferentes alternativas de cara a comprobar cual de ellas es la que tiene un mejor comportamiento respecto a la sostenibilidad (por ejemplo, un criterio medioambiental puede ser las emisiones generadas a la atmosfera).

Los “indicadores”, son los elementos que permiten realizar la cuantificación de los criterios y por lo tanto asignan un valor numérico a los mismos. Un criterio puede verse condicionado por diferentes parámetros medibles, o “indicadores”. En otros casos, hay criterios que vienen cuantificados únicamente por un indicador. Es importante señalar que los indicadores presentan diferentes unidades de medida, con lo cual, no se puede plantear el operar directamente con los resultados de los indicadores. Para ello, hay que establecer una escala de medida adimensional, que refleje los resultados de todos los indicadores para posteriormente poder trabajar con ellos.

La correcta definición de los requerimientos, criterios e indicadores se debe de realizar, tomando únicamente aquellos que tengan un mayor peso o importancia

relativa, dentro de cada nivel de jerarquización, para tratar de conseguir una mayor fiabilidad en el uso de la herramienta de evaluación diseñada.

La metodología planteada puede tener problemas asociados a disponer de un elevado número de elementos de evaluación (criterios o indicadores). El que parece más claro se encuentra relacionado con la mayor complejidad de cálculo que surge, al manejar una gran cantidad de datos en las diferentes etapas del proceso. Pero ligada a esta complejidad, hay que tener en cuenta que el proceso de evaluación requiere de una información necesaria para cuantificar los diferentes elementos, y ello supone una importante inversión de tiempo y recursos necesarios tanto para buscar la información, como para introducirla, pudiéndose hacer prácticamente inviable la utilización de esta metodología. Es por ello que es importante seleccionar previamente los elementos de evaluación para obtener aquellos que sean más representativos.

Otro problema que se plantea por la utilización de un número elevado de indicadores, es que durante el procedimiento de cálculo, las ponderaciones de los diferentes requerimientos, criterios, subcriterios e indicadores, favorecen un efecto denominado de “dilución”, de aquellos factores más importantes frente al resto, que tienen una menor importancia relativa [171].

Si se analiza la curva del número de indicadores respecto de la importancia relativa de los indicadores importantes, se puede observar gráficamente, como a medida que aumenta el número total de indicadores estudiados, frente a los realmente importantes, el peso relativo de estos últimos disminuye, hasta llegar a ser inferior al peso global del resto de indicadores de menor importancia, encontrándose por debajo del 50% en peso (Figura 26).

Teniendo por tanto en cuenta, la problemática asociada a la utilización de un elevado número de indicadores, y realizando una analogía con el principio de Pareto, se puede afirmar que, dentro de la gran cantidad de indicadores que se pueden utilizar para la

evaluación de la sostenibilidad, solamente un reducido número de ellos son los realmente importantes, de modo que la obtención de los mismos, nos permite reducir la complejidad matemática asociada al proceso de evaluación, minimizando los recursos matemáticos necesarios y permitiendo obtener un resultado suficientemente preciso del factor a evaluar.

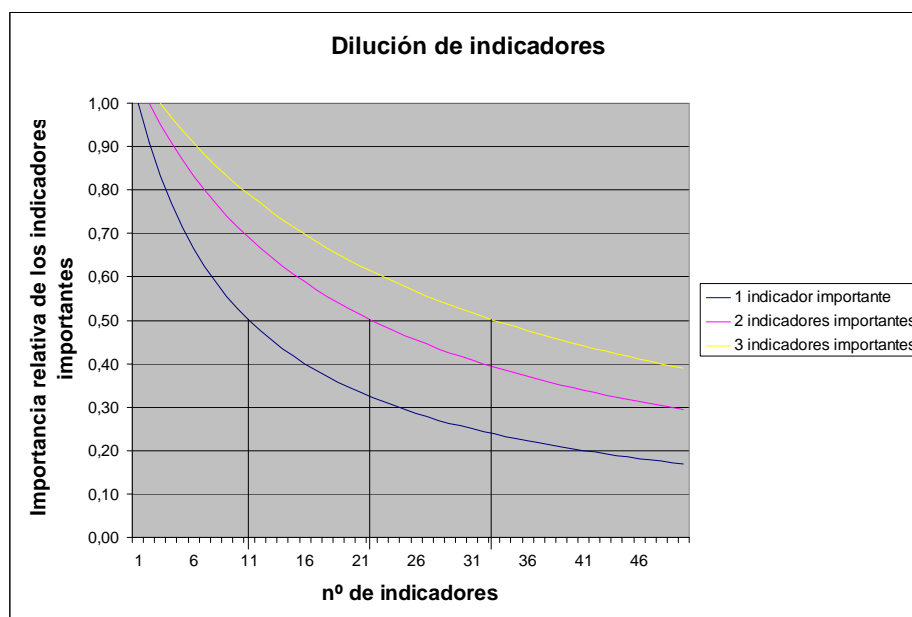


Figura 26. dilución de indicadores.

4.4.2 Selección de los elementos de evaluación prioritarios, a través de la metodología A.H.P.

De cara a disminuir el problema de dilución de los elementos de evaluación, un apartado de gran importancia será la definición de los elementos más representativos cuando se tienen una gran cantidad de elementos de evaluación.

En el estudio que se pretende abordar, hay que realizar una definición de todos aquellos parámetros, o elementos de evaluación, que intervienen en mayor o menor

medida. La metodología planteada para ello, consiste en la realización de un inventario de componentes y condicionantes dentro del problema de estudio, donde se recogen los datos de todas aquellas posibles entradas y salidas que tienen relación directa con el mismo, en cada una de las fases de estudio.

Todo este conjunto de parámetros que se pueden obtener de los inventarios realizados, se pueden utilizar como los elementos de evaluación, en la definición del índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del sistema de estudio. Cuando el número de parámetros es muy elevado se plantea el problema de dilución entre otros. Es por ello, que se crea la necesidad de definir una técnica de priorización de elementos de evaluación, con objeto de tratar de seleccionar, únicamente, aquellos parámetros que puedan tener una mayor importancia relativa respecto a otros, con una importancia mucho menor.

Mediante esta técnica de priorización de unos elementos sobre otros, lo que se hace es tomar aquellos que tienen un mayor peso en el proceso de evaluación y eliminar aquellos otros cuya importancia relativa sea menor. En este proceso se pierde información en el proceso de evaluación, ya que no se está teniendo en cuenta la totalidad de elementos de evaluación (criterios, subcriterios o indicadores), pero como ya se ha demostrado, es necesario hacer dicho corte, de cara a crear una herramienta ágil y utilizable.

Esta reducción del conjunto de elementos de evaluación facilita la labor de búsqueda de la información necesaria así como, la introducción de los datos necesarios en la herramienta planteada, pero no hay que olvidar que la validez de la misma pasa por una correcta elección de dichos elementos. La metodología de corte utilizada se basa en el método A.H.P., que permite establecer una escala de prioridades sobre un conjunto finito de elementos, de acuerdo a un conjunto de pesos.

La utilización de esta metodología presenta un problema que consiste en lo siguiente: El proceso de selección está basado en la confección de unas matrices cuadradas de

orden “n”, donde “n” es el conjunto de elementos que se están evaluando. Si el valor de “n” es elevado, resulta muy complicado trabajar con ellas, por eso, su autor Saaty recomienda trabajar siempre con matrices de orden inferior a 10. Cuando el número de elementos es superior a 10, se ha realizado un planteamiento encaminado a dividir el número total de elementos, en grupos de menor tamaño (siempre por debajo del valor máximo de 10) de cara a evitar la enorme complejidad de cálculo que está asociada a la definición de una matriz de ese orden o superior.

4.5 ASIGNACIÓN DE PESOS

En la decisión multicriterio suele suceder que unos aspectos tengan para el decisor más relevancia que otros. Por circunstancias diversas, el decisor puede considerar más o menos importante un aspecto que a los restantes. Se denominan pesos (o ponderaciones) a esta medida de la importancia relativa de los diferentes aspectos.

A la hora de realizar la asignación de pesos se deben comparar aspectos que sean homogéneos; es decir, la asignación de pesos se realiza dentro de una misma ramificación. Así, los pesos de los indicadores se calculan en relación con otros pertenecientes a un mismo criterio. Igualmente pasa con los criterios, se calcula el peso de un criterio en relación a los restantes pertenecientes a un mismo requerimiento. El conjunto de pesos de un grupo de aspectos homogéneos se denomina vector de pesos y se representa como (6):

$$\vec{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (6)$$

Una forma genérica de asignar los pesos de los requerimientos, criterios e indicadores es mediante una puntuación directa. Sin ningún cálculo previo, se asigna el porcentaje de importancia relativa a cada uno de los aspectos. Esta forma de asignar pesos se realiza cuando existen pocos elementos del grupo de comparación o si se tienen claros

los pesos de cada uno éstos, por ejemplo, cuando la importancia de cada uno de ellos es la misma. En caso de que el peso no se pueda determinar de forma directa, existen otras metodologías para calcularlo. Una de ellas es mediante la metodología AHP (Analytical Hierarchy Process – Proceso Analítico Jerárquico) [122].

Dadas las características del problema de selección planteado, con un número importante de criterios a evaluar y diferentes niveles de importancia relativa, y teniendo en cuenta la necesidad de priorizar un número finito de elementos, para poder asignar un mayor peso, a aquellos que sean más representativos respecto al resto, se ha optado por utilizar el proceso analítico de jerarquía (A.H.P.) como metodología priorización. AHP se basa en una comparación por pares de todos los elementos entre ellos. Esta comparación se hace de acuerdo con una escala propuesta y analizada por Saaty en la que se admiten las situaciones intermedias y los inversos.

La asignación de los pesos mediante el método A.H.P. se realiza mediante dos etapas, en una primera se define y construye la matriz de decisión, y en una segunda etapa, se procede a calcular el vector y el valor propio, con los cuales se establece la escala priorización de los diferentes elementos.

4.5.1 Construcción de la matriz de decisión

Para definir las preferencias entre los diferentes elementos que se están comparando se utiliza la matriz de decisión. La asignación de preferencias se realiza mediante comparación numérica de todas las parejas de elementos posibles con el objetivo de establecer la importancia de cada uno respecto del resto. Esta comparación numérica se realiza mediante la escala propuesta por Saaty comprendida en un rango entre el 1 y el 9. En la Tabla 14, se ha representado dicha escala numérica con una definición verbal del grado de importancia relativo que representa.

Es importante tener en cuenta, que las valoraciones realizadas se encuentran ligadas a las condiciones existentes durante el proceso de evaluación y a la información

disponible durante dicho proceso. Por ello, esta valoración se debe de ir actualizando a medida que se producen avances en el tiempo, que permitan modificar la importancia relativa de unos elementos respecto de otros, entendiendo como elementos, los requerimientos, criterios, o indicadores, que mediante esta misma metodología van a ser priorizados para obtener el valor global del índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del sistema de transporte urbano que se va a estudiar.

La matriz de decisión construida en este método [128], es una matriz cuadrada de orden “n”, siendo “n”, en este caso el número de elementos que se quiere ordenar de un modo priorizado. El procedimiento de construcción de la matriz, se basa en definir los valores asignados a los elementos que se encuentran por encima de la diagonal principal, que representan por ejemplo, “ a_{ij} ” la escala de importancia del elemento “i” respecto del “j”, que se toma del rango de valores definido por Saaty. Las características de esta matriz de comparación son:

- i. Los valores de los elementos correspondientes a la diagonal principal son “1”, ya que se correspondería con la importancia relativa de un elemento consigo mismo.
- ii. Por último, los valores de los elementos que se encuentran por debajo de la diagonal principal se obtiene por la relación inversa entre elementos, esto es, el elemento “ a_{ji} ” tendría el valor inverso ($a_{ji} = 1/a_{ij}$) del que se encuentra en el “ a_{ij} ”.

De esta forma, la matriz que se obtiene es una matriz recíproca que tiene la forma que se plantea a continuación (7):

$$[A_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} = \frac{1}{a_{1n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Es importante que el decisor se acostumbre a este tipo de comparación. No se trata de definir valores de forma absoluta sino de valorar la importancia relativa que un aspecto representa sobre otro.

4.5.2 Vector y valor propios de la matriz de decisión en el método A.H.P.

Los pesos de cada bloque homogéneo (requerimientos, criterios e indicadores) se definen calculando el vector propio de cada matriz de comparaciones $[A_{ij}]$ cuya suma de componentes es igual a 1. El vector propio, se encuentra asociado al mayor valor propio de cada matriz y representa el orden de prioridades. Por otra parte, el valor propio es una medida de la consistencia del juicio que se está realizando. De esta forma se comprueba si la asignación de las preferencias se ha realizado correctamente.

La consistencia se encuentra relacionada con dos características que son la transitividad y la proporcionalidad:

- i. La transitividad, indica que se respetan las relaciones de orden de los diferentes elementos; Es decir, si $A > B$ y $B > C$ se debe de mantener que $A > C$.
- ii. La proporcionalidad pretende reflejar, como se mantienen las proporciones entre los órdenes de magnitud de las preferencias planteadas. De esta forma, si A es 2 veces mayor que B y éste es 3 veces mayor que C, entonces se debe de cumplir que A es 6 veces mayor que C; así el juicio planteado, tendría una consistencia del 100%. Normalmente, las estimaciones realizadas de las preferencias, cuando el número de criterios a estudiar es grande, es difícil que tengan una proporcionalidad del 100%, por ello se permite un ligero margen de error, o inconsistencia, que se propone por debajo del 10%.

Con objeto de reducir los problemas asociados a la consistencia, es conveniente realizar el estudio mediante matrices de orden “n”, siempre que este valor no sea

superior a 10, ya que en el proceso de generación de matrices de orden superior, es muy complicado garantizar una inconsistencia, por debajo del valor mínimo establecido del 10%.

El cálculo del vector y valor propios se realiza mediante la siguiente ecuación (8):

$$[A_{ij}] \cdot \vec{w} = \lambda_{max} \cdot \vec{w} \cdot [I] \quad (8)$$

Siendo:

$[A_{ij}]$ = Matriz recíproca de comparación entre pares, o matriz de decisión.

\vec{w} = Vector propio de la matriz A.

λ_{max} = Máximo valor propio.

La obtención del valor propio se puede resolver mediante la expresión (11):

$$[A_{ij}] \cdot \vec{w} - \lambda_{max} \cdot \vec{w} \cdot [I] = 0 \quad (9)$$

$$([A_{ij}] - \lambda_{max} \cdot [I]) \cdot \vec{w} = 0 \quad (10)$$

$$|[A_{ij}] - \lambda_{max} \cdot [I]| = 0 \quad (11)$$

Una vez obtenidos los valores propios, hay que calcular los vectores propios asociados a cada uno de ellos, resolviendo la ecuación matricial (10) donde \vec{w} y 0 son vectores columna.

Aplicando estos conceptos para el caso de una matriz de tres por tres, se obtienen los siguientes resultados (12):

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & a & b \\ 1/a & 1 & c \\ 1/b & 1/c & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Haciendo el siguiente determinante igual a cero (13), se obtienen los valores propios.

$$\begin{vmatrix} 1-\lambda & a & b \\ 1/a & 1-\lambda & c \\ 1/b & 1/c & 1-\lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (13)$$

El resultado de dicha operación es la siguiente expresión (14), de donde se obtienen los valores propios:

$$-\lambda^3 + 3\lambda^2 + \left(\frac{d}{1} + \frac{1}{d} - 2\lambda\right) = 0 \quad (14)$$

Donde, $d = ac/b$

Una vez obtenido el valor propio, la resolución de la ecuación matricial (10), aporta los siguientes valores al vector propio:

$$\omega_1 = \frac{bd}{\left(1 + bd + \frac{c}{d}\right)} \quad \omega_2 = \frac{c}{c * \left(1 + bd + \frac{c}{d}\right)} \quad \omega_3 = \frac{1}{\left(1 + bd + \frac{c}{d}\right)}$$

De esta forma, se definen los vectores y valores propios de la matriz de decisión. Por otra parte, hay que comprobar la consistencia de la matriz, a partir de lo que se denomina la relación de consistencia, que es básicamente la relación entre el índice de consistencia y el índice de aleatoriedad, que se obtiene mediante la expresión (15):

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \leq 0.1 \quad (15)$$

Siendo:

C.R. = Relación de Consistencia (Consistency ratio)

C.I. = Índice de Consistencia (Consistency index)

R.I. = Índice de Aleatoriedad (Random Index)

Como ya se ha comentado, es aconsejable que esta relación de consistencia, no supere el valor de 0,1 correspondiente con el 10% de inconsistencia máximo permitido. En caso de superar este valor, la valoración de la matriz es inconsistente, y por lo tanto se debería de volver a reasignar las preferencias en la matriz de decisión.

El índice de consistencia (C.I.), que aparece en la expresión de la relación de consistencia, viene definido mediante la ecuación (16):

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (16)$$

Donde “ λ_{\max} ”, es el vector propio máximo y “n” el orden de la matriz de decisión. Cuanto más se aproxime a 0 este valor, mejor será la relación de consistencia obtenida.

Respecto al índice de consistencia aleatoria (R.I.), es el máximo índice de consistencia de una matriz de decisión, generada de forma aleatoria. Su valor depende únicamente del tamaño de la matriz “n”, y sus valores se encuentran recogidos en la Tabla 15. Este índice fue desarrollado por el “Oak Ridge Nacional Laboratory” para matrices de orden entre 1-15.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Tabla 15. Índice de aleatoriedad de una matriz de hasta 15 elementos.

A partir de estas expresiones se obtiene el índice de consistencia, que corrobora la correcta definición de los pesos asignados por el vector propio.

4.6 FUNCIONES DE VALOR

El objetivo principal de la función de valor es poder comparar las cuantificaciones o evaluaciones de los indicadores con unidades de medida diferente. Es decir, se trata de poder comparar variables del tipo: tiempo, coste, temperatura, indicadores cuantificados por atributos, etc. De esta forma, se podrá realizar una suma ponderada de los diferentes valores de cada uno de los indicadores. La función de valor permite pasar de una cuantificación de una variable o atributo a una variable adimensional que mide el valor en una misma escala. En el caso de la metodología MIVES esta escala está comprendida entre los valores de 0 a 1.

Hay indicadores que pueden seguir una respuesta continua mediante una función de valor, que se da principalmente en aquellos indicadores más fácilmente cuantificables o medibles, a través de unidades como el coste en €, o las emisiones en kg de CO₂. En otros casos, se plantean indicadores de respuesta discreta, de forma que la valoración de los mismos, se realiza a través de la consecución de un conjunto de objetivos.

En el ámbito del proyecto MIVES¹², surge una propuesta sobre la realización de una única función de valor genérica, que se pueda adaptar a diferentes formas, mediante la modificación de algunos parámetros, dependiendo del tipo de respuesta buscada para cada indicador. La expresión matemática generadora de esta función de valor, se corresponde con la siguiente ecuación (17):

¹² *Modelo Integrado de cuantificación del Valor de un proyecto constructivo sostenible. Aplicado a la edificación Industrial y de servicios. En el desarrollo de la tesis de Deissy Bibiana Alarcón, dentro del proyecto MIVES, se plantea la utilización de una función de valor que sea única para todos los indicadores y en la cual mediante la modificación de una serie de parámetros se puedan obtener diferentes formas de la respuesta que se adapten al tipo de respuesta asociada al elemento de evaluación.*

$$v_{ind}(X_{ind}) = A + B * \left[1 - e^{-K * \left(\frac{|X_{ind} - X_{min}|}{C} \right)^P} \right] \quad (17)$$

Donde:

v_{ind} = El valor del indicador de evaluación.

A = Valor generado en la abscisa por el X_{min} . En este caso se toma $A = 0$

B = Es un factor que permite que la función se mantenga en el rango de estudio definido entre los valores 0 y 1. Expresión (18).

$$B = \left[1 - e^{-K * \left(\frac{|X_{max} - X_{min}|}{C} \right)^P} \right]^{-1} \quad (18)$$

X_{ind} = Abscisa que genera un valor igual a v_{ind}

X_{min} = Abscisa que genera un valor de satisfacción igual a 0.

X_{max} = Abscisa que genera un valor de satisfacción igual a 1.

P = Define la pendiente y la forma de la curva: cóncava, convexa, lineal, o en forma de “S”.

Si $P < 1$ se obtiene una curva cóncava

Si $P > 1$ se obtiene una curva convexa o en forma de “S”

Si $P = 1$ se obtiene una tendencia lineal

C = Para un valor de $P > 1$, se encarga de definir el valor de la abscisa para el cual se produce un punto de inflexión o donde la función es derivable

K = Define el valor de la ordenada correspondiente en el punto de inflexión

Mediante el uso de esta ecuación, se pueden obtener diferentes tipos de funciones, que representan la respuesta del indicador, en función de los datos de entrada del mismo. De esta forma, las funciones de valor pueden tener las siguientes formas (Figura 27):

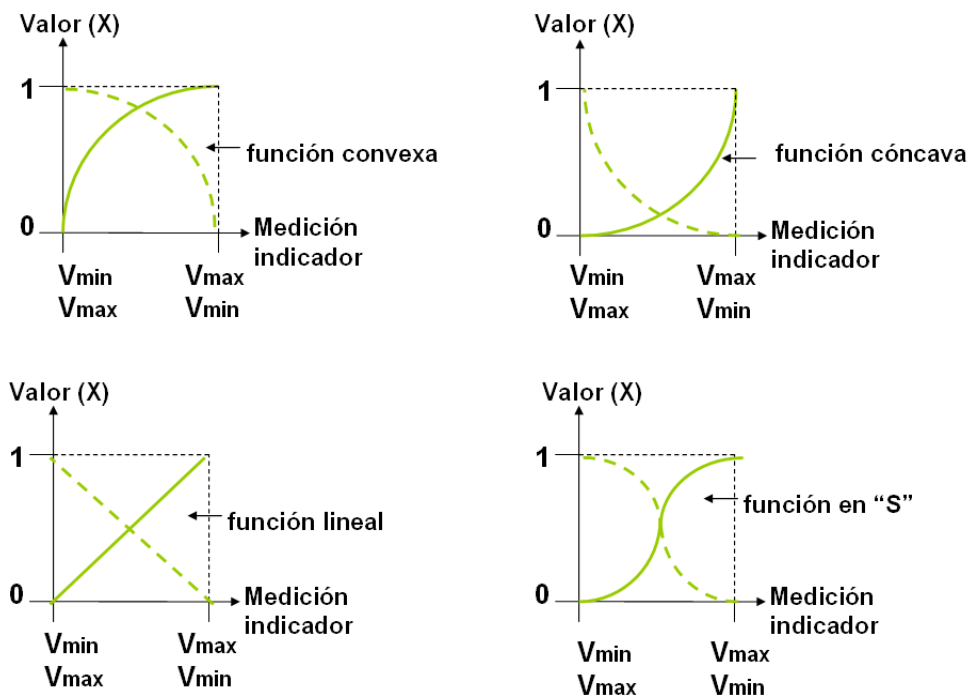


Figura 27. Diferentes formas de la función de valor.

La función puede ser creciente o decreciente teniendo en cuenta que sucede con el grado de satisfacción a medida que aumenta el valor obtenido por el indicador, en sus unidades correspondientes. Si el grado de satisfacción aumenta, será creciente y si disminuye será decreciente.

No siempre se puede construir una función continua de valor, que sirva para obtener una respuesta con relación a los datos de entrada que presente el indicador, es por ello, que para algunos indicadores se plantea un sistema de normalización basado en el cumplimiento de objetivos (Figura 28).

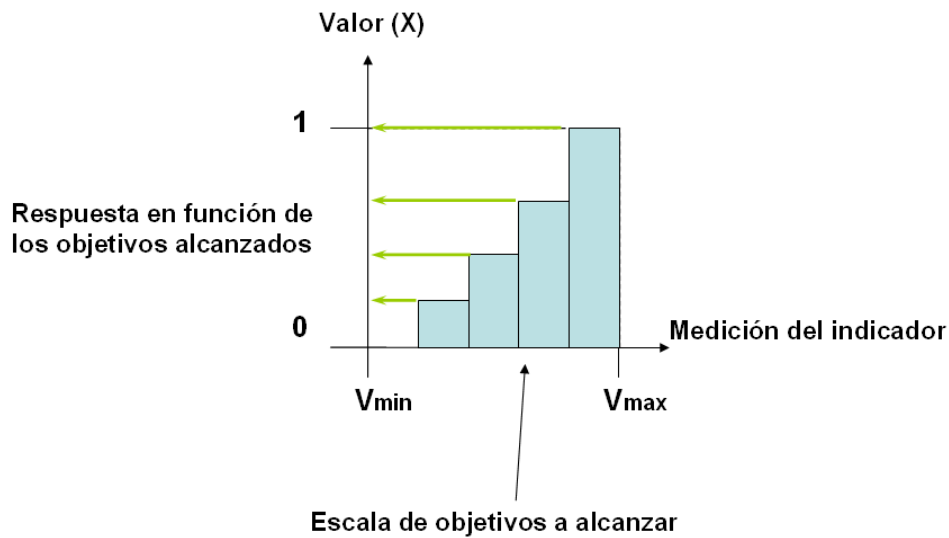


Figura 28. Respuesta de un indicador sin función de valor continua.

Sea cual sea el tipo de función asociada a los indicadores seleccionados, en todos ellos hay que definir unos valores límite necesarios para realizar la normalización del resultado. Estos dos valores extremos se corresponden con los límites establecidos en la función de valor, en el caso de funciones continuas, y con los valores extremos en el caso de las funciones discretas. Estos valores son los que permiten escalar el grado de adecuación o satisfacción, que presenta el indicador en relación a la característica que se está evaluando. Estos valores, se representan en la abscisa y se corresponden con el valor de mínima adecuación (X_{min}) y con el valor de máxima adecuación (X_{max}). Al valor del indicador correspondiente a la mínima adecuación, le corresponde el valor normalizado de cero en la ordenada, mientras que el valor de máxima adecuación, obtiene en el eje de ordenadas un uno, que se corresponde con el valor máximo.

4.7 DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Una vez definida la decisión a tomar, creado el árbol de toma de decisión con todas las funciones de valor y realizada la asignación de pesos, el paso siguiente consiste en determinar las posibles alternativas que pueden presentarse para su posterior valoración.

Dependiendo del campo de estudio a realizar, se le puede dar mayor o menor importancia a la fase de creatividad para definir las alternativas. Por ejemplo, en ingeniería civil, muchas de las alternativas o soluciones a problemas ya están definidas y esta fase es casi inexistente. En otros campos puede existir un mayor grado de creatividad y se deben definir soluciones que son totalmente novedosas como el diseño industrial de nuevas piezas.

Uno de los aspectos más importantes en la metodología MIVES es que las alternativas (en el caso de que no estén prefijadas al inicio) y su valoración, sean posteriores a la creación del árbol de toma de decisión, las funciones de valor y la asignación de pesos. Este hecho, permite que se tome la decisión al inicio del proceso. Es decir, cuando se crea el modelo de valoración. La ventaja de este planteamiento es que la toma de decisión se realiza sin que exista alguna influencia de las valoraciones de las alternativas evitando que se produzca cualquier tipo de subjetividad frente alguna de las alternativas. Realizar el proceso inverso no es incoherente con la metodología MIVES pero no es aconsejable para que no se produzca ningún tipo de subjetividad frente la valoración de alguna de las alternativas.

4.8 ÍNDICE DE VALOR DE LAS ALTERNATIVAS

Para obtener el índice de valor de las alternativas se debe, anteriormente, valorar los indicadores. Los indicadores son los únicos aspectos que son valorados directamente a través de la función de valor. Posteriormente, se obtiene el valor de los criterios y de

los requerimientos. Finalmente, se obtiene el índice de valor de cada alternativa. La forma de cómo conseguir el valor de los indicadores, criterios, requerimientos e índice de valor de las alternativas se muestra gráficamente en la

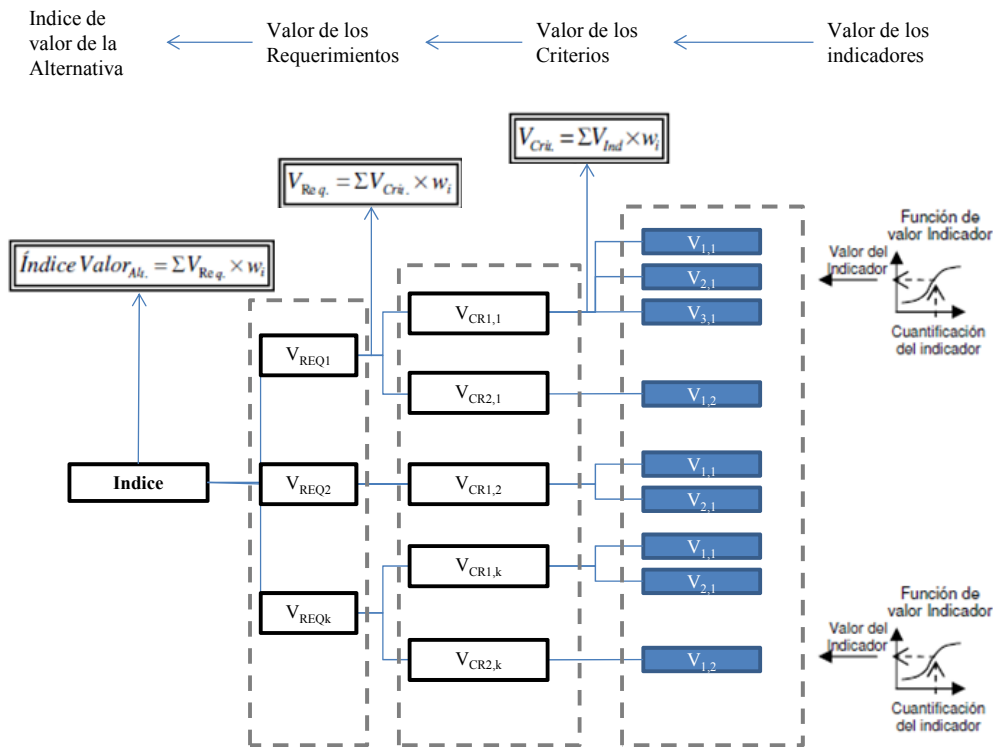


Figura 29. Esquema de la obtención del índice de valor de las alternativas.

El primer reto será la selección de un grupo de criterios que representen los diferentes aspectos relacionados con la sostenibilidad del transporte urbano. Este es un aspecto clave de la investigación y para integrar todo el conocimiento, reconciliando valores y preferencias, se ha contado con la participación de agentes externos en el proceso de investigación, de manera que el resultado es un enfoque de investigación participativa con los medios adecuados para satisfacer tanto los requisitos planteados por los problemas del “mundo real” como los objetivos de la ciencia de la sostenibilidad como campo científico transformador [172].

5 OBTENCIÓN Y DEFINICIÓN DEL CONJUNTO DE REQUERIMIENTOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

5.1 INTRODUCCION

Se plantea la realización del estudio de sostenibilidad del transporte urbano de manera integrada y sencilla, teniendo en cuenta las características del entorno urbano al que pertenece, así como los requerimientos básicos exigibles a todo sistema de transporte urbano.

Para ello, se define el “índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad”, que se obtendrá atendiendo a las peculiaridades que presenta el transporte urbano en el ámbito de la sostenibilidad. Este conjunto de elementos se compone de tres niveles, el primero correspondiente a los requerimientos principales, encargados de agrupar una serie de criterios con un denominador común. En un segundo nivel se encuentran los criterios de evaluación de la sostenibilidad, donde según las características del

transporte urbano se plantean alternativas o soluciones que mejoren los requerimientos frente a la sostenibilidad. El proceso de evaluación culmina mediante la cuantificación de los criterios a partir de un tercer nivel correspondiente con los indicadores encargados de valorar numéricamente en una escala predefinida el grado de adecuación de los mismos frente a la sostenibilidad.

Gran parte de la bibliografía existente, plantea la sostenibilidad como un equilibrio entre tres factores que son el medio ambiente, la economía y la sociedad, pero de cara a realizar una evaluación de la sostenibilidad, se fijan principalmente en los parámetros de carácter ambiental, buscando impactos como el consumo de recursos, los vertidos realizados o las emisiones generadas. Como estos impactos se encuentran ligados en gran medida con unos costes asociados, también se pueden encontrar en algunas herramientas, y factores de evaluación de la sostenibilidad relacionados con la vertiente económica. Respecto a la parte social de la sostenibilidad, las lagunas que había al principio a este respecto, se han ido tapando con algunos estudios como el de Fischer y Amekudzi [173].

Partiendo de esta base, se asume que la sostenibilidad del transporte urbano está relacionada también con otros factores distintos a los convencionales como la energía (relacionado con el impacto ambiental y económico), los usos del suelo (relacionado con el impacto ambiental, social y económico), la calidad de vida (principalmente ligada a la componente social) o el reparto modal (relacionado con el impacto ambiental y económico) entre otros y que por ello habrá que tenerlos en cuenta a la hora de evaluar su sostenibilidad. En este contexto, la metodología multicriterio MCDM puede ser la apropiada para evaluar este problema ya que éstos métodos ayudan al decisor cuando existen un amplio rango de criterios de evaluación, con distintas unidades de medida y con múltiples actores participando en el proceso [174]. Camargo et al. [175] y Mardini et al. [176] en sus trabajos, agruparon diferentes trabajos de toma de decisión en los que se utilizaban distintas técnicas multicriterio para evaluar diferentes problemas relacionados con el transporte.

En este sentido, esta investigación introduce el "Índice de sostenibilidad del transporte en entornos urbanos", que se obtiene teniendo en cuenta un conjunto de factores generales asociados al transporte urbano en el ámbito de la sostenibilidad. El documento describe una metodología multicriterio para cuantificar la sostenibilidad del transporte de cualquier ciudad, con el objetivo de obtener un valor inicial del índice de sostenibilidad, con el fin de comparar los beneficios que se lograrán con diferentes estrategias y políticas.

Por todo ello y de cara a incidir en el caso particular del transporte urbano, se va a plantear una serie de requerimientos, que encontrándose englobados dentro de los tres pilares básicos que plantea la sostenibilidad, puedan permitir estudiar con más profundidad, aquellas peculiaridades que presenta este tipo de sistemas de transporte. La correcta selección de dichos requerimientos, criterios e indicadores será de vital importancia a la hora de validar el modelo. El proceso seguido para la selección de los mismos ha sido el que se describe a continuación.

Si el problema a resolver es la evaluación de la sostenibilidad del sistema de transporte en entornos urbanos teniendo en cuenta su aspecto multidisciplinario con el objetivo de producir un modelo de decisión que incluye variables cualitativas y cuantitativas, uno de los retos será la selección de los indicadores. Teniendo en cuenta que según Litman [177] los indicadores son variables cualitativas y cuantitativas definidas y seleccionadas para medir el progreso obtenido respecto a un objetivo y que la OECD definió como indicadores para la sostenibilidad del transporte medidas estadísticas que indican la sostenibilidad del desarrollo social, medioambiental y económico [178] la determinación de los posibles indicadores para evaluar los criterios se realizó a través de una revisión sistemática. La revisión sistemática es un método que ayuda a reducir sesgos implícitos de los involucrados en el problema [179]. La estrategia de búsqueda consistió en encontrar estudios relevantes dentro de las fuentes de la literatura científica, representados por estudios académicos publicados en revistas revisadas por pares. Se buscaron todos los artículos publicados

sobre sistemas de transporte urbano sostenible en las bases de datos académicas de “Science Direct” y “Scopus” que identifican los artículos académicos relevantes publicados en los dominios de sistemas de transporte. Para definir los indicadores definitivos de esta primera selección, se contrastaron con los datos ofrecidos por los diferentes anuarios estadísticos ofrecidos por las tres diferentes administraciones locales de las capitales Vascas. Al realizar este cruce de datos, quedaron definidas cuales eran realmente las variables de las que se disponían datos o bien eran deducibles a través de esos datos ofrecidos por las administración.

Tomando como punto de partida estos indicadores, se agrupan teniendo en cuenta distintos aspectos del transporte urbano con el objetivo de tenerlos en cuenta en la evaluación de diferentes criterios. Una vez agrupados los indicadores por criterios, se seleccionan los más importantes utilizando el método Delphi [180]. Para ello, se pregunta a un grupo de expertos sobre qué criterios de evaluación de la sostenibilidad del sistema de transporte urbano tendrían ellos en cuenta a la hora de evaluar dicha sostenibilidad. A continuación, se revisa y se compara con los criterios obtenidos de la revisión sistemática obteniendo una selección inicial. Con la ayuda de los expertos, los criterios seleccionados se agrupan en diferentes requerimientos y se les asigna un peso relativo mediante el método AHP. En la fase final, se analizan los resultados y todos aquellos criterios con un peso relativo inferior al 5% son eliminados, quedando 18 criterios de evaluación. A cada requerimiento del índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad se le asigna el mismo peso debido al consenso obtenido por el grupo de trabajo.

El grupo de expertos consultado tanto para la selección de los criterios más importantes como para la asignación de pesos de los mismos está formado por profesionales de la construcción y de la planificación urbana (empleados de distintas administraciones vascas con un papel importante en la planificación, la movilidad, el tráfico y el transporte, así como investigadores de centros tecnológicos y universidades) seleccionados siguiendo el procedimiento descrito por Hallowell y

Gambatese [181]. Dichos autores sugieren que el grupo formado por expertos altamente cualificados y de gran experiencia debe de tener entre 8 y 16 miembros. En este caso se seleccionaron 10 de entre 50 profesionales de 30 diferentes organizaciones (administración, centros tecnológicos y universidades) del sector del transporte. A la hora de hacer la selección se tuvo en cuenta la localización de la aplicación práctica del modelo dando así preferencia a los expertos involucrados con conocimiento de los problemas de la zona de estudio.

Como resultado se obtiene un índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad formado por 6 requerimientos, 18 criterios y 44 indicadores tal y como se expone a continuación.

5.2 REQUERIMIENTOS DE SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE URBANO

La herramienta planteada, trata de englobar un conjunto de factores, no solamente de carácter ambiental, sino teniendo en cuenta factores económicos, sociales y otros que, pudiéndose encontrar englobados dentro de estos últimos, pueden adquirir una identidad propia en el estudio del transporte urbano, por la importancia que representan dentro de esta actividad.

En este sentido, se plantea un sistema de evaluación de la sensibilidad frente a la sostenibilidad formado inicialmente por los tres requerimientos básicos, que se asocian al ámbito de la sostenibilidad, y que son el medio ambiente, la economía y el factor social. Además de los requerimientos tradicionales postulados en los pilares básicos de la sostenibilidad, dentro del sistema de transporte de un entorno urbano, se pueden plantear otros requerimientos adicionales, que estando englobados dentro de los generales, por las particularidades que presenta este sistema, se podrían definir

como requerimientos con entidad propia. Esto es debido a que tienen la importancia suficiente, como para poder agrupar bajo su paraguas una serie de criterios específicos relacionados con dicho requerimiento.

Teniendo en cuenta lo mencionado hasta ahora, se han definido un conjunto de 6 requerimientos a tener en cuenta desde el punto de vista de la sostenibilidad que sirven para realizar la evaluación de la sostenibilidad del transporte en entornos urbanos. El desglose es el siguiente:

- i. Medioambiental.
- ii. Económico.
- iii. Social.
- iv. Modelo urbano.
- v. Características del parque automovilístico.
- vi. Reparto de mercancías.

5.2.1 Requerimiento: medioambiental

La sostenibilidad, desde el punto de vista del requerimiento medioambiental, se centra en varios campos básicos como son:

5.2.1.1 Emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero

Cuanto mayor sean las emisiones de estos gases, más perjudicado se verá el medioambiente y la salud de las personas que habitan en dicho entorno. La calidad del aire empeora al aumentar la concentración de dichos gases de forma que el número de personas afectadas por problemas respiratorios, alergias, etc. aumenta notablemente, siendo especialmente sensibles las personas más débiles de nuestra sociedad, niños y ancianos.

5.2.1.2 *Reparto modal*

El medioambiente se verá menos perjudicado cuando el reparto modal desfavorezca el vehículo privado. Cuantas más personas utilicen el transporte público y los modos no motorizados (bicicletas y a pie) más beneficiado se verá el medioambiente, ya que ello está directamente relacionado con una disminución notable de los gases nocivos que se emiten a la atmósfera.

5.2.1.3 *Modos sostenibles*

Además de impulsar el transporte público colectivo, sobre todo para desplazamiento de cierta longitud, será muy importante potenciar los modos sostenibles para desplazamientos de menor longitud. Para ello, se deberán aumentar las zonas peatonales, la oferta de carril bici, sistemas de alquiler de bici, etc.

Para los casos que sea necesario utilizar el vehículo privado, será muy beneficioso el tener implantados sistemas de car-sharing y/o coche compartido, de manera que se minimice su impacto.

5.2.2 **Requerimiento: social**

Los últimos 50 años se han caracterizado por un crecimiento explosivo de la población urbana y del uso del coche. La urbanización está ahora fuertemente influenciada por el coche y muchas familias se han trasladado a los extrarradios de las ciudades y necesitan varios coches para satisfacer sus necesidades de movilidad. Las consecuencias que resultan de esta diseminación urbana son bien conocidas: la desaparición de los contactos sociales y de la vida de barrio, mayor dependencia del coche, viajes más largos y costes de transporte crecientes.

El coche privado ha traído unos niveles de movilidad y de libertad nunca soñados por los individuos pero su uso ilimitado en áreas urbanas tiene un efecto negativo en la sociedad:

- i. Todos los días se pierden muchas horas debido a la congestión.
- ii. Los comercios sufren un mayor coste por la entrega de suministros, que además resulta cada vez más dificultosa y tardía.
- iii. El transporte público se ve afectado tanto en sus horarios, que no se cumplen, como en su velocidad que resulta baja.
- iv. Los vehículos parados o en movimiento a muy baja velocidad emiten los niveles más altos de contaminación.
- v. La calidad de vida de los residentes que habitan cerca de las carreteras y calles principales se ve reducida.

Desde este punto de vista, hay que tener en cuenta que los usuarios del transporte hacen su elección de viajar de una u otra manera buscando realizar su desplazamiento de la manera más segura, rápida y confortable posible, buscando:

5.2.2.1 Seguridad

Cada año el número total de muertes en Europa debido a los accidentes de tráfico es equivalente a una pequeña guerra. En áreas urbanas, peatones y ciclistas representan casi la mitad del número de víctimas. Existe una relación directa entre el número de muertes en la carretera en nuestras ciudades y el número de viajes efectuados en coche. En las ciudades en que existe un sistema bien desarrollado de transporte público, el número de muertes es la mitad del de las ciudades en que casi todos los recorridos son realizados en coche. Las estadísticas de heridos graves o muertos en transporte público son unas 10 ó 20 veces menores por pasajero*km que las del vehículo privado.

5.2.2.2 Accesibilidad

Aunque el número de coches se incrementa continuamente no todos los hogares tienen coche. En muchos países en desarrollo la mayoría de la población todavía depende del transporte público. Incluso en los países altamente industrializados, un

25% de los hogares no tienen coche y más del 50% de la población no tiene acceso al coche en algunos momentos del día, aunque exista un coche en el hogar.

Todos los ciudadanos deberían tener acceso a un nivel razonable de transporte público y movilidad en áreas urbanas sin tener que recurrir al vehículo privado.

5.2.2.3 *Confortabilidad*

Colegiales, ancianos, los que no tienen carnet de conducir, así como los menos privilegiados socialmente necesitan transporte público. Además, algunos ciudadanos de ciudades bien servidas por transporte público eligen la opción de no poseer un coche por razones medioambientales.

5.2.3 Requerimiento: económico

Tal y como se ha comentado en distintas ocasiones, en las últimas décadas, el crecimiento económico ha estado estrechamente ligado al crecimiento del transporte. Incluso en alguna ocasión este ha crecido por encima. Para poder hablar de transporte sostenible, será necesario desvincular ambos términos, desligar el crecimiento económico del aumento del transporte, tanto de mercancías como de viajeros.

Desde el comienzo de la crisis (2007), con carácter general, los tráficos de los diferentes modos se redujeron en los siguientes 6 años. La reducción afectó especialmente al transporte de mercancías por carretera, y dentro de este, al transporte de material de construcción. En su conjunto, el transporte de mercancías por carretera muestra una alta elasticidad en relación a las variaciones del PIB que parece haberse acentuado. Otros modos de transporte, aunque afectados por la crisis, lo han hecho en bastante menor intensidad.

Una de las implicaciones de la alta elasticidad de los tráficos de carretera al PIB es que, cuando este disminuye, el desacoplamiento (relación entre PIB y movilidad) aumenta. Esto es lo que sucedió en los últimos años en España. Cada unidad de PIB

se produce con menos toneladas transportadas. El desacoplamiento es una tendencia positiva desde el punto de vista ambiental y económico. Sin embargo, no está claro qué parte de este avance revertirá cuando la recuperación económica se consolide. Es posible, según los datos más recientes, que una parte del desacoplamiento recientemente observado responda a razones coyunturales. Pero afortunadamente no todo. Otra parte del mismo puede deberse a un sistema de transporte y modelo productivo que evoluciona en línea con el de los principales países europeos.

Por otro lado, una de las mejores maneras de influenciar el comportamiento de viajes es a través de instrumentos económicos, mostrando que existe un rango de opciones de políticas, muchas veces poco utilizadas, para las ciudades en desarrollo.

La sostenibilidad desde el punto de vista económico se centrará en los siguientes campos:

5.2.3.1 Crecimiento del transporte

Será de gran interés controlar el aumento del transporte de viajeros como de mercancías en relación al crecimiento económico.

5.2.3.2 Consumo energético

Se deberá de tratar que el peso del consumo energético del transporte sea el menor posible y dentro de este porcentaje de consumo energético que el debido al consumo de derivados de combustibles fósiles disminuya notablemente.

5.2.3.3 Opciones políticas:

Será de gran interés el estudio de diferentes posibilidades de actuaciones económicas que puedan influir en el comportamiento de los usuarios como impuestos a combustibles y vehículos, cobros viales y otros instrumentos.

5.2.4 Requerimiento: modelo urbano

Es evidente que la sostenibilidad del transporte urbano en un determinado entorno urbano no será en absoluto independiente del modelo urbano al que se acerque la ciudad cuyo transporte se quiera analizar.

Para aplicar la noción de sostenibilidad, hay que identificar también los sistemas cuya viabilidad o sostenibilidad se pretenden enjuiciar, así como precisar el ámbito espacial (con la consiguiente disponibilidad de recursos y de sumideros de residuos) atribuido a los sistemas y el horizonte temporal para el que se cifra su viabilidad. Si se hace referencia a los sistemas físicos sobre los que se organiza la vida de las personas (sistemas agrarios, industriales,...o urbanos) se puede afirmar que la sostenibilidad de tales sistemas dependerá de la posibilidad que tienen de abastecerse de recursos y de deshacerse de residuos, así como de su capacidad para controlar las pérdidas de calidad (tanto interna como "ambiental") que afectan a su funcionamiento. Aspectos éstos que, como es obvio, dependen de la configuración y el comportamiento de los sistemas sociales que los organizan y mantienen.

Si el objetivo de reconvertir las conurbaciones actuales hacia la meta de la sostenibilidad global exige revisar, relajar y condicionar la presión que han venido ejerciendo las ciudades sobre el resto del territorio, transformando las relaciones de simple explotación y dominio unidireccional hombre-naturaleza o ciudad-campo, en otras de mutua colaboración y respeto, conscientes de la simbiosis que a largo plazo está llamada a producirse entre ambos extremos. Lo cual supone alcanzar un nivel de racionalidad superior al que hasta ahora ha venido imperando en los sistemas urbanos, que debe plasmarse en el establecimiento de marcos institucionales y analíticos adecuados.

Adoptando un enfoque ecológico, las ciudades son ecosistemas y como tales son sistemas abiertos que requieren de materia y energía para mantener su estructura

compleja. Desde el punto de vista de la producción es un sistema heterótrofo. Por otra parte la ciudad genera residuos sólidos, líquidos y gaseosos fruto de la transformación de los materiales y la energía utilizados para su estructura y funcionamiento. Los materiales y la energía transportados desde el exterior del sistema urbano sufren un cortocircuito en él, causando procesos de contaminación que deberán ser desplazados, en buena medida, al exterior para preservar las condiciones mínimas de habitabilidad y calidad de vida.

Los sistemas urbanos se pueden clasificar como difusos o compactos. En las difusas se han separado los usos y las funciones, ocupando territorios amplios, conectándolos a través de una tupida red de carreteras para transporte motorizado y de unas redes de servicios técnicos. El transporte se ha convertido así en la actividad con un mayor consumo de energía del conjunto de actividades consumidoras de ésta. Además de la separación de funciones, se ha segregado socialmente a la población atendiendo a los niveles de renta, lo que ha provocado una merma de estabilidad y de cohesión social. La segregación social y la separación de funciones han dado lugar a un puzzle territorial con pocos portadores de información en cada pieza dando lugar a una gran homogeneidad y empobrecimiento de esos espacios. La ciudad se diluye y se difumina convirtiéndose en asentamientos urbanos dispersos.

La conurbación difusa se aleja de la sostenibilidad en la medida que, para mantenerse, necesita de un mayor consumo de recursos, requiriendo superficies cada vez mayores (decenas de veces la suya propia) para suministrarse de los elementos básicos para su subsistencia (alimentos, madera, intercambio gaseoso, etc...). Puesto que la ciudad es un sistema artificioso cargado de intencionalidad, para dirigirnos hacia la sostenibilidad sería conveniente buscar aquellos modelos urbanos que proporcionen, por una parte, el contacto, el intercambio y la comunicación, aumentando la densidad de información organizada y disminuyendo, a su vez, el consumo de recursos naturales para mantener la organización compleja, y por otra, que reduzcan las

disfunciones ambientales, sociales y económicas más importantes que las conurbaciones presentan en la actualidad.

Uno de los modelos que, en principio, se acomoda mejor a los propósitos mencionados, con los ajustes necesarios, es el que ha mostrado ese tipo de ciudad compacta y densa, con continuidad formal, multifuncional, heterogénea y diversa en toda su extensión. Es un modelo que permite concebir un aumento de la complejidad de sus partes internas, que es la base para obtener una vida social cohesionada y una plataforma económica competitiva, al mismo tiempo que se ahorra suelo, energía y recursos materiales, y se preservan los sistemas agrícolas y naturales. Este modelo puede encajar perfectamente con el primer objetivo de la ciudad, que es aumentar las probabilidades de contacto, intercambio y comunicación entre los diversos (personas, actividades, asociaciones e instituciones) sin comprometer la calidad de vida urbana y la capacidad de carga de los sistemas periféricos, regionales y mundiales.

Como ejemplo de trabajos que han tratado la relación entre uso del suelo o forma urbana y transporte destacando su importancia se podría mencionar a Kenworthy [182] que basándose en diez puntos críticos creó un modelo conceptual que situaba el nexo entre transporte y forma urbana en el corazón del desarrollo de una ciudad ecológica para las ciudades existentes y los nuevos desarrollos urbanos. Otro estudio [183], comparó las interacciones entre el uso del suelo y del transporte en Melbourne, Australia y Riyadh, Arabia Saudí. dicho trabajo intentó identificar el uso del suelo y los determinantes socioeconómicos de los patrones de viaje. Para examinar las relaciones entre la forma urbana y los patrones de viaje se utilizaron análisis estadísticos utilizando los datos del censo de viajes al trabajo (JTW) y los patrones de viaje de origen y destino (OD) en el nivel de suburbio. Como la interacción entre el uso del suelo y la planificación del transporte no es una cuestión clara o científicamente resuelta, Colonna et al., en su trabajo, intentaron introducir una propuesta innovadora usando un enfoque deductivo, para entender mejor el origen de las políticas modernas de uso del suelo y optimizar su desarrollo futuro [184] Debido

a que este tema involucra muchos temas y ello conlleva distintos puntos de vista, los autores quisieron ofrecer una útil contribución al debate sobre este tema. Aljoufie [185] utilizó un modelo de interacción entre el transporte y el uso del suelo basado en autómatas celulares (LUTI) para evaluar y simular diferentes intervenciones en la política de transporte y el uso del suelo en Jeddah, una ciudad en rápido crecimiento, durante un período de 20 años (2011-2031). Yigitcanlar y Kamruzzaman destacaron la importancia de la interacción entre el transporte, el uso del suelo y el medio ambiente, aportando evidencias de la literatura, incluyendo las contribuciones en el transporte, uso del Suelo y medio ambiente además de casos de mejores prácticas mundiales para mostrar nuevos enfoques e investigaciones empíricas de diferentes partes del mundo que contribuyen a la riqueza del conocimiento en explorar a fondo la interacción entre transporte, uso del suelo y el medio ambiente [186]. Por lo tanto, debido a esta interdependencia, las políticas que mejoran el uso sostenible de del suelo también mejorarán la sostenibilidad del sistema de transporte urbano.

5.2.5 Requerimiento: características del parque automovilístico

Los vehículos automóviles emiten grandes cantidades de monóxido de carbono, hidrocarburos, óxido de nitrógeno y sustancias tóxicas como partículas finas y plomo. Cada uno de ellos, junto con otros subproductos secundarios como el ozono, puede causar grandes efectos nocivos para la salud y medio ambiente. Debido al gran crecimiento del parque automovilístico y las altas tasas de emisión de muchos de estos vehículos están en constante auge los problemas causados por la grave contaminación del aire y sus efectos en la salud humana.

En el transcurso de los últimos treinta años, los expertos en el control de la contaminación en todo el mundo se han dado cuenta de que una estrategia efectiva para lograr aire más limpio debe contar con un componente crucial: combustibles más limpios. Actualmente, se ve la calidad del combustible como algo no sólo necesario para reducir o eliminar ciertos contaminantes, sino también como una condición

previa para la introducción de muchas tecnologías importantes en el control de la contaminación. Además, se ha evidenciado una ventaja crucial de los combustibles más limpios: su rápido impacto tanto en los vehículos nuevos como viejos.

Además de los combustibles convencionales, la gasolina y el diesel, muchos países en todo el mundo han identificado beneficios significativos asociados a un cambio a combustibles alternativos, especialmente el gas natural comprimido (GNC), gas licuado de petróleo (GLP o propano) y etanol. Los combustibles alternativos incluyen gas natural comprimido, metanol, etanol, hidrógeno, electricidad, aceites vegetales, gas licuado de petróleo, combustibles líquidos sintéticos derivados del carbón y varias mezclas de combustibles como el gasohol.

5.2.6 Requerimiento: Reparto de mercancías

A medida que se ha ido produciendo el espectacular aumento de población en las ciudades de los países desarrollados, también han incrementado los niveles per cápita de consumo de recursos, tanto de las industrias como de los consumidores. La creciente capacidad consumista de la ciudad, unida a la escasa conciencia ambiental actual y a la lenta aplicación de nuevas tecnologías (“verdes”), son artífices del gran impacto que la Distribución Urbana de Mercancías (DUM), ejerce en nuestro entorno. Impacto que se traduce en importantes problemas de carácter espacial (ocupación del territorio), funcional (operatividad de servicios), ambiental (contaminación y degradación urbana) y de seguridad vial.

El informe DOBRIS [187] indicaba que una ciudad Europea de un millón de habitantes Consumía diariamente una media de 11.500 toneladas de combustibles fósiles, 320.000 Toneladas de agua y 2.000 Toneladas de alimentos. Por otro lado, según J.M. Naredo [188], un habitante de la ciudad de Madrid necesita a diario: 300 litros de agua, 8 kg. de materiales de construcción, 3 Kg. equivalentes de petróleo, 2 Kg. de alimentos y bebidas. Por tanto, en las sociedades desarrolladas, el consumismo

excesivo e ineficiente incrementa notablemente la necesidad y frecuencia de abastecimiento; actividad agravante de algunos de los principales problemas medioambientales de la ciudad, pero absolutamente indispensable para el normal desarrollo de la economía urbana; en especial, para las zonas comerciales céntricas que desempeñan un papel clave en la prosperidad de la ciudad y del territorio. Anderson et al. [189] en su trabajo de investigación consideraron la importancia de la distribución urbana de mercancías para mantener la vitalidad de la economía de la ciudad, viendo los impactos negativos que ello acarrea, el concepto de sostenibilidad urbana y el desarrollo de estrategias sostenibles para poder llegar a tener una distribución de mercancías urbanas más sostenible. Lindholm y Blinge [190] presentaron los resultados de un estudio sobre el estado de las políticas y la planificación del transporte urbano de mercancías entre las autoridades locales suecas y se compararon con las investigaciones existentes en el contexto europeo para encontrar posibles vínculos entre el conocimiento del transporte de mercancías y los éxitos o fracasos de medidas para abordar los problemas del transporte urbano de mercancías. Los resultados mostraron ausencia de coordinación, recursos suficientes y transferencia efectiva de conocimiento entre las partes interesadas en el transporte urbano de mercancías.

En este sentido, muchos de los impactos que la DUM genera están provocados o agravados por los singulares condicionantes que impone el entramado intraurbano en el que se desarrolla, en contraposición con el resto de las etapas de la cadena logística. La actividad de reparto en la última milla, como parte final de las operaciones de la cadena de suministro, ha de ejecutarse en un escenario caracterizado por las siguientes restricciones:

- i. Estrechez de calles y carreteras.
- ii. Sobrecarga de los ejes viarios.
- iii. Regulaciones especiales de tráfico.
- iv. Escasez de infraestructuras y equipamientos logísticos.

- v. Confluencia con peatones, terceros usuarios de la vía y otros servicios urbanos.

Este conjunto de factores coartan el desarrollo ágil y ordenado de la logística urbana de mercancías, multiplicando los efectos colaterales no deseados, externalidades, que de por sí ya caracterizan a la actividad urbana.

- i. Congestión vial.
- ii. Contaminación atmosférica.
- iii. Ocupación del suelo.
- iv. Ruido.
- v. Siniestralidad vial.

Por estas razones, resulta necesario trabajar en la búsqueda de las mejores soluciones logísticas que garanticen un eficaz suministro diario de productos a las áreas urbanas, sin comprometer el entorno, la habitabilidad, y la calidad de vida de los residentes y terceros usuarios de estas zonas. Filippi et al. [191] propusieron una metodología para la evaluación de las medidas destinadas a paliar los efectos negativos del transporte de mercancías en las zonas urbanas. La aplicación de la metodología a la zona urbana interna de Roma mostró, que un centro de distribución urbano podría ser más eficaz en la reducción de las externalidades ambientales que las políticas basadas en la renovación de la flota de vehículos.

Akyol y Koster [192] examinaron si era posible desarrollar políticas que favorecieran el reparto mediante ventanas temporales que mejoraran la sostenibilidad ambiental y la eficiencia de distribución, cumpliendo los objetivos de los municipios estudiados. Sobre la base de una evaluación de 99 políticas diferentes de ventanas de temporales, los resultados mostraron que la armonización de las ventanas de tiempo entre ciudades vecinas conduce al mejor rendimiento general.

Todo ello desde una perspectiva integral de la cadena de transporte que, teniendo presente las condiciones y necesidades particulares de cada núcleo urbano, avance hacia la armonización de diferentes aspectos según tipología de ciudades y zonas urbanas con características similares.

Las administraciones locales tienen cada vez más interés y preocupación por la distribución urbana de mercancías. Las zonas de carga y descarga son recursos escasos que todos los Ayuntamientos quieren gestionar cada vez mejor; si bien, no siempre de forma alineada con las necesidades reales de los operadores de transporte.

Cada vez más, se va a ir potenciando desde las Administraciones Públicas el uso de la normativa y de herramientas tecnológicas para reducir el acceso, mediante el control telemático, de vehículos a determinadas zonas de las ciudades, así como favorecer el uso de vehículos menos contaminantes en los centros urbanos.

A esta tendencia lógica, los operadores de transporte están adaptándose desde hace varios años. Utilizando vehículos menos contaminantes, entregas nocturnas u optimización de rutas.

Pero las empresas que apuestan por vehículos menos contaminantes encuentran muchas dificultades ante la falta de:

- i. facilidades fiscales para vehículos ecológicos.
- ii. aparcamientos para vehículos eléctricos que permitan su recarga.
- iii. un tratamiento más específico de acceso urbano para los vehículos de reparto en las ciudades.

El problema de la distribución urbana de mercancías (DUM) no tiene una sencilla solución, ya que concurren distintos factores que se relacionan entre sí y participan actores que tienen intereses contrapuestos:

Transportistas

- i. Reducir tiempos de reparto.
- ii. Disponibilidad de aparcamiento en las áreas de carga y descarga.
- iii. Disminuir costes operacionales.
- iv. Mejorar el servicio al cliente.
- v. Garantizar la seguridad de las mercancías.

Administración

- i. Crear empleo.
- ii. Reducir el impacto medioambiental.
- iii. Fomentar el desarrollo tecnológico.
- iv. Mejorar el atractivo de la ciudad.

Residentes

- i. Garantizar la seguridad del peatón.
- ii. Reducir la congestión.
- iii. Recibir un buen servicio de los comercios.
- iv. Mejorar la habitabilidad de la ciudad.
- v. Disponer de espacio de aparcamiento.

Receptores de mercancías

- i. Flexibilidad de horarios de entregas.
- ii. Exactitud y fiabilidad de las entregas.
- iii. Accesibilidad de los clientes a la zona.

Por ello, a la hora de buscar soluciones, habrá que tener en cuenta los intereses y objetivos de todos ellos. Ruesch et al. [193] proporcionaron nuevos resultados sobre la integración institucional del transporte de mercancías en la planificación pública, en las medidas y estrategias de transporte urbano y en la implementación de medidas y factores de éxito.

5.3 DEFINICIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN POR REQUERIMIENTOS EN EL TRANSPORTE URBANO

Particularizando para el transporte urbano, en la metodología planteada y habiendo definido previamente los seis requerimientos que sirven para realizar el planteamiento de evaluación, el siguiente paso consiste en la definición de los criterios necesarios en cada uno de los requerimientos, con objeto de poder comparar las posibles alternativas planteadas para un determinado proyecto, o bien para obtener un valor del índice de sensibilidad asociado al transporte de un determinado entorno urbano. El paso que se plantea a continuación, es la definición de los criterios de evaluación que se van a tener en cuenta, dentro de cada uno de los requerimientos.

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, la selección de un conjunto de criterios para representar los diferentes aspectos relacionados con la sostenibilidad de los sistemas de transporte urbano será un aspecto clave del trabajo realizado en la presente tesis. Con el fin de integrar los mejores conocimientos disponibles, conciliar valores y preferencias, así como definir la fuente de los problemas y las opciones de solución, se recomienda la participación de actores externos al proceso de investigación, de este modo, se consigue un enfoque de investigación participativa con los medios adecuados para satisfacer tanto los requisitos planteados por los problemas del mundo real como los objetivos de la ciencia de la sostenibilidad como campo científico transformador [194].

5.4 CRITERIOS SELECCIONADOS E INDICADORES NECESARIOS PARA SU EVALUACIÓN

En este apartado, se define el contenido de criterios de evaluación seleccionados para el transporte en entornos urbanos. Esta caracterización consiste en identificar el criterio y describir su ámbito de actuación.

Una vez caracterizado el criterio, se define el indicador o indicadores necesarios que permiten realizar una cuantificación numérica del mismo, trasladando mediante un conversor, dicho resultado a una escala adimensional de medida que se ha estandarizado al conjunto de criterios, para de esta forma poder operar con ellos.

Por último, y a través de la metodología planteada para la definición de los pesos relativos de cada criterio, se define el árbol jerarquizado de evaluación de la sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte urbano para cada uno de los requerimientos de estudio planteados.

Hay que tener en cuenta que, como los indicadores pueden tener diferentes unidades de medición, hay que realizar una normalización o equiparación del resultado, para obtener un valor adimensional que represente el grado de adecuación en una escala de medición, que se ha definido entre “0” y “1”, siendo el valor “0”, el correspondiente a un grado de satisfacción nulo, en el que la solución tomada o bien solamente cumple los estándares mínimos fijados en normativa, o no contempla ninguna de las pautas planteadas en el criterio. Por el contrario, la obtención del valor “1”, supone el mayor nivel de adecuación a un criterio, teniendo en cuenta que puede ser alcanzable para una determinada solución, no como un valor ideal.

A continuación se realiza una definición completa del conjunto de criterios seleccionados, donde para cada uno de ellos, se plantea una descripción del mismo, mostrando su alcance. Junto a dicha descripción, se plantea un sistema de evaluación

del criterio, en base a uno o varios indicadores, planteando en cualquier caso el sistema de valoración correspondiente a cada uno de ellos, junto con el sistema que permite realizar la normalización de los indicadores para que finalmente, el resultado obtenido, esté siempre comprendido dentro de la escala planteada (de 0 a 1).

El conjunto de criterios se ha ordenado de forma que se presentan agrupados por requerimientos:

5.5 REQUERIMIENTO: MEDIOAMBIENTAL

Para la evaluación del requerimiento medioambiental se utilizarán cuatro criterios: El índice de calidad del aire (ICA), las emisiones de GEI, el reparto modal y los modos de transporte no motorizados y más sostenibles. A continuación se va a proceder a dar una explicación de los mismos mediante una descripción y su propuesta de evaluación.

5.5.1 Criterio 1: calidad del aire

5.5.1.1 Descripción

Por contaminación atmosférica se entiende cualquier cambio de la composición normal o estado físico del aire, debido a la presencia de una o más sustancias, en cantidades y con características que puedan alterar la salud y las condiciones ambientales normales, constituyendo un peligro directo o indirecto para la salud del hombre, perjudicando las actividades recreativas y otros usos legítimos del medio ambiente, afectando negativamente a los recursos biológicos, ecosistemas y bienes materiales públicos o privados. Los contaminantes presentes en la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes emisoras bien diferenciadas: las **naturales** y las

antropogénicas. En el primer caso la presencia de contaminantes se debe a causas naturales, mientras que en el segundo tiene su origen en las actividades humanas.

Las emisiones primarias originadas por los focos naturales provienen fundamentalmente de los volcanes, incendios forestales y descomposición de la materia orgánica en el suelo y en los océanos. Por su parte, los principales focos antropogénicos de emisiones primarias los podemos clasificar según la Tabla 16:

Focos fijos	Industriales	Procesos industriales
		Instalaciones fijas de combustión
	Domésticos	Instalaciones de calefacción
Focos móviles	Vehículos automóviles	
	Aeronaves	
	Buques	
Focos compuestos	Aglomeraciones industriales	
	Áreas urbanas	

Tabla 16. Principales focos antropogénicos de emisiones primarias.

Si atendemos a la distribución espacial de la emisión de contaminantes, podemos clasificar los focos en: **puntuales**, tales como las chimeneas industriales aisladas; **lineales**, por ejemplo, las calles de una ciudad, las carreteras y autopistas; y **planos**, las aglomeraciones industriales y las áreas urbanas son los ejemplos más representativos.

En el cuadro siguiente se muestra la proporción entre las emisiones primarias naturales y antropogénicas para los distintos contaminantes.

Contaminante	Focos de emisión	
	Antropogénicos %	Naturales %
Aerosoles	11.3	88.7
SO _x	42.9	57.1
CO	9.4	90.6
NO	11.3	88.7
HC	15.5	84.5

Tabla 17. Proporción entre las emisiones primarias naturales y antropogénicas para los distintos contaminantes.

Las cifras anteriores muestran la gran importancia que, en cuanto a emisiones globales, tienen las fuentes naturales de emisión de contaminantes en relación con los antropogénicos, excepto en el caso de las emisiones de anhídrido sulfuroso en que casi se igualan ambas.

Atendiendo a la distribución espacial de estas emisiones se observa que en las regiones más industrializadas de Europa y Norteamérica las emisiones antropogénicas de SO₂ alcanzan proporciones muy superiores a las naturales. Así en el Norte de Europa las emisiones antropogénicas originan alrededor del 90% del azufre que está en circulación en la atmósfera.

Otra circunstancia a tener en cuenta es que los focos de emisión antropogénicos están concentrados, por lo general, en áreas urbanas e industriales. Este conjunto de circunstancias hacen que la contribución de las emisiones antropogénicas al problema de la contaminación atmosférica a escala regional sea predominante.

Los principales focos de contaminación atmosférica de origen antropogénico son las chimeneas de las instalaciones de combustión para generación de calor y energía eléctrica, los tubos de escape de los vehículos automóviles y los procesos industriales. Queda claro entonces que tráfico, calefacción, actividad industrial, producción de energía y otras actividades humanas son la fuente de la emisión a la atmósfera de los

agentes causantes de la contaminación del aire. Pero, salvo excepciones, centrándose en un entorno urbano, el factor que más afecta a la calidad del aire que se respira es el tráfico.

En las últimas décadas, el automóvil ha aparecido de forma masiva en las ciudades, contribuyendo a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape. Los principales contaminantes lanzados por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados (HC), y compuestos de plomo.

No todos los vehículos lanzan los distintos tipos de contaminantes en las mismas proporciones; éstas dependerán del tipo de motor que se utilice. Los vehículos que emplean gasolina como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y compuestos de plomo. La emisión de este último tipo de contaminante se debe a la presencia en algunos tipos de gasolina de tetraetilo de plomo, aditivo que se añade para aumentar su índice de octano.

Los principales contaminantes emitidos por los vehículos que utilizan motores de ciclo diésel (camiones y autobuses, por ejemplo) son partículas sólidas en forma de hollín que da lugar a los humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible.

5.5.1.2 *Modo de evaluación*

El Índice de Calidad del Aire pretende ser la herramienta que permita informar de forma clara, directa y rápida sobre la calidad del aire que se respira.

Valores Límite en concentraciones que se utilizarán en el desarrollo del índice propuesto Tabla 18:

<i>Contaminante</i>	<i>Valores límite</i>
SO ₂	125 ug/m ³ , valor medido en 24h. Media diaria.
NO ₂	200 ug/m ³ medidos en 1h. Media horaria. Se coje el peor de los 24 resultados del día
PM10	50 ug/m ³ medidos en 24h. Media diaria
CO	10.000 ug/m ³ medidas en 8h.(media octohoraria movil) Se calcula 3 veces al día, se coje el peor de los 3 casos.
O ₃	120 ug/m ³ como media octohoraria (8h.) del día. Se calcula tres veces al día y se coje el peor de los tres casos.

Tabla 18. Valores límite de concentraciones.

En las siguientes tablas se indica como calcular los valores medios de las concentraciones de cada contaminante cada día. Para tener la relación con el índice de calidad global se realiza una interpolación lineal entre el valor de la concentración y el del índice:

- **Partículas PM10 (RED):** Se toma como índice 100, el valor del límite diario fijado en la Directiva 1999/30/CE [195], y Real Decreto 1073/2002 [196], este valor es de 50 µg/m³. Se calcula el valor medio diario de la RED, se multiplica por 100 y se divide por 50, dando como resultado el valor del índice.

<i>Indice</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>PM10 (µg/m³) diario (1-24 h) RED</i>
0-50	Buena	0-25
51-100	Admisible	25-50
101-150	Malo	50-75
>150	Muy Malo	> 75

Tabla 19. Valores límite diario de concentración de PM10.

- **SO₂ - Dióxido de azufre (RED):** Se toma como índice 100, el valor del límite diario fijado en la Directiva 1999/30/CE [195] y Real Decreto 1073/2002 [196], este valor es de 125 µg/m³. Se calcula el valor medio diario

la RED, se multiplica por 100 y se divide por 125, dando como resultado el valor del índice.

<i>Indice</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>SO₂ (µg/m³) diario (1-24 h) RED</i>
0-50	Buena	0-62.5
51-100	Admisible	62.5-125
101-150	Malo	125-187.5
>150	Muy Malo	> 187.5

Tabla 20. Valores límite diario de concentración de SO₂.

- **NO₂ - Dióxido de nitrógeno (RED):** Se toma como índice 100, el valor del límite horario fijado para el año correspondiente en la Directiva 1999/30/CE [195] y Real Decreto 1073/2002 [196], para el 2010 este valor sería de 200 µg/m³. Se toma el máximo valor horario de la RED del día anterior, dicho valor se multiplica por 100 y se divide por 200, dando como resultado el valor del índice.

<i>Indice</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>NO₂ (µg/m³) diario (1-24 h) RED</i>
0-50	Buena	0-100
51-100	Admisible	100-200
101-150	Malo	200-300
>150	Muy Malo	> 300

Tabla 21. Valores límite diario de concentración de NO₂.

- **CO - Monóxido de carbono (RED):** Se toma como índice 100, el valor del límite octohorario fijado en la Directiva 2000/69/CE [197] y Real Decreto 1073/2002 [196], (10 mg/m³). Se calculan los valores medios octohorarios, tomándose el máximo de los octohorarios de la RED, dicho valor se multiplica por 100 y se divide por 10, dando como resultado el valor del índice.

<i>Indice</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) diario (1-24 h) RED</i>
0-50	Buena	0-5
51-100	Admisible	5-10
101-150	Malo	10-15
>150	Muy Malo	> 15

Tabla 22. Valores límite diario de concentración de CO.

- O₃ - Ozono (Estación):** Se toma como índice 100, el valor del límite octohorario fijado en la Directiva 2002/3/CE [198] y Real Decreto 1796/2003 [199] (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Se calculan los valores medios octohorarios, tomándose el máximo de los octohorarios correspondientes a las horas: 8, 16 y 24 de cualquiera de las estaciones (27), dicho valor se multiplica por 100 y se divide por 120, dando como resultado el valor del índice.

<i>Indice</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) diario (1-24 h) RED</i>
0-50	Buena	0-60
51-100	Admisible	60-120
101-150	Malo	120-180
>150	Muy Malo	> 180

Tabla 23. Valores límite diario de concentración de O₃.

Los valores se deberán de obtener de estaciones situadas cerca de corredores de tráfico, para obtener medidas debidas al tráfico de vehículos del entorno urbano en estudio.

5.5.2 Criterio 2: emisiones GEI

5.5.2.1 Descripción

Los GEI son los gases que por su composición química atrapan las radiaciones que emite la Tierra, previamente calentada por la radiación solar, evitando que escapen al espacio exterior. El equilibrio radiactivo resultante mantiene la superficie del planeta unos 30°C más caliente de la temperatura que le correspondería si no existieran esos

gases. Permitiendo de este modo las condiciones necesarias para que exista la vida en la Tierra tal y como la conocemos. El efecto producido es similar al de un invernadero artificial, y de ahí el nombre dado a estos gases.

Cuando emitimos a la atmósfera demasiada cantidad de este tipo de gases forzamos o incrementamos este efecto invernadero. El resultado es que la temperatura de la Tierra aumenta y se alteran las condiciones climáticas en las que se desenvuelve la vida, pudiendo llegar a ponerla en peligro.

Los GEI son, entre otros, el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), o los óxidos de nitrógeno (NO_x). Aunque el que más contribuye por su abultada presencia con respecto a los otros gases, además de que tiene un importante origen antropogénico, es el dióxido de carbono (CO₂).

5.5.2.2 *Modo de evaluación*

El objetivo sería obtener una media de los gramos de dióxido de carbono que emiten los vehículos privados por cada km recorrido, para ello se sabe:

- i. Contribución del transporte al total de las emisiones.
- ii. Contribución del transporte privado en la zona de estudio a las emisiones de CO₂.
- iii. La emisión de este gas por un vehículo tiene relación con el consumo de combustible: los motores de gasolina emiten 2,3 kg de CO₂ por cada litro de gasolina quemado y los motores diésel 2,6 kg de CO₂ por cada litro de gasóleo. Un coche en marcha emitirá una cantidad de CO₂ proporcional por cada kilómetro que recorra quemando combustible. Normalmente se mide en gramos por kilómetro.
- iv. Se obtendrían los gr CO₂/km emitidos por los vehículos privados y se compararían con la clasificación ambiental según emisiones.
 - a. Para emisiones de CO₂ hasta 120 g/km

- b. Entre 121 y 159 g/km.
- c. Entre 160 y 199 g/km.
- d. Para emisiones de CO₂ de 200 g/km en adelante.

5.5.3 Criterio 3: reparto modal

5.5.3.1 Descripción

En las últimas décadas, hemos asistido a cambios muy importantes en la movilidad en las áreas urbanas que se han traducido en un uso creciente y excesivo del automóvil privado. Estos cambios están relacionados con la localización de las actividades en el espacio y con el aumento del nivel de renta y del grado de motorización. Actualmente, la necesidad de cambiar el reparto modal de los viajes, aumentando el uso del transporte público en detrimento del privado, sigue siendo un objetivo prioritario de la política de transporte.

5.5.3.2 Modo de evaluación

El modo de evaluación se realizará a través de los porcentajes de participación de los diferentes modos de transporte:

- i. Vehículo privado.
- ii. Transporte público (TP).
- iii. Medios no motorizados: pie y bici.

5.5.4 Criterio 4: modos no motorizados y más sostenibles

5.5.4.1 Descripción

Muchas ciudades en desarrollo han implementado normas que reducen el atractivo de la bicicleta, alentando a las personas a viajar por medios motorizados incluso para viajes cortos. Sin embargo, cada vez más gobiernos de ciudades desarrolladas y en

desarrollo han comenzado recientemente a promover el uso de la bicicleta y el moverse a pie. Los motivos principales son:

- i. Los peatones, ciclistas y los pasajeros de bici-taxis no generan contaminación atmosférica, GEI y causan poca contaminación acústica.
- ii. Los ciclistas y peatones son usuarios más eficientes del escaso espacio vial de los vehículos particulares motorizados, ayudando a combatir la congestión.
- iii. Andar en bici y caminar son los medios más eficientes y sostenibles ambientalmente para realizar viajes cortos.

Informaciones de distintos países muestran que el aumento del uso de las bicicletas y el aumento de la seguridad para ellas pueden ir de la mano. La explicación está en la integración del ciclismo y las caminatas en nuestros sistemas de tráfico y transporte. Una buena mezcla de modos de transporte motorizados y no-motorizados lleva al sistema de tráfico a una escala más humana y ello se consigue mediante un cambio en la planificación y diseño de las vías.

5.5.4.2 Modo de evaluación

El modo de evaluación propuesto debe tener en cuenta las siguientes variables relacionadas con los diferentes modos de transporte no motorizados y más sostenibles:

Oferta/demanda peatones:

- i. Superficie de uso para tránsito peatonal: m² de acera y zonas peatonales respecto de la superficie total.
- ii. Intensidad peatonal (personas/12h.)
- iii. Porcentaje de zonas altas con escaleras/rampas mecánicas.
- iv. Existencia de camino escolar.

Oferta/demanda bicicletas:

- i. Km-s de red segregada.
- ii. Km-s zona 30.
- iii. Aparca bicis (plazas/m²).
- iv. Ocupación aparcamientos bici (%).
- v. Servicio de bicicleta pública.
- vi. Intensidad bicicletas (bicis/12h.)

Oferta/demanda otros:

- i. Aparcamientos disuasorios (nº y plazas).
- ii. Car sharing.
- iii. Coche compartido.

Determinando la existencia y calidad de estas variables se podría cuantificar este último criterio.

5.6 REQUERIMIENTO: ECONÓMICO

Para la evaluación del requerimiento económico se utilizarán tres criterios: El crecimiento del transporte, el consumo de energía, y los costes del transporte urbano. A continuación se va a proceder a dar una explicación de los mismos mediante una descripción y presentando distintas variables para su evaluación.

5.6.1 Criterio 1: crecimiento del transporte

5.6.1.1 Descripción

Lo más preocupante de este sector es la velocidad de su evolución hacia mayores emisiones y hacia mayor ineficiencia. Hay dos sectores, tanto a escala española como mundial, que han demostrado un especial dinamismo en el transporte.

Se trata de los más contaminantes: el automóvil y la aviación. La duplicación del gasto energético y de las emisiones del transporte en España en los últimos 15 años responde al aumento de la actividad de estos dos medios y al correspondiente crecimiento de autovías y aeropuertos.

En una economía más avanzada la cantidad de mercancías y pasajeros que se mueven aumenta a menor velocidad respecto a la riqueza que se genera ya que se alcanza un nivel de eficiencia óptimo para realizar las actividades económicas.

5.6.1.2 Modo de evaluación

El modo de evaluación propuesto debe tener en cuenta las siguientes variables relacionadas el crecimiento del transporte respecto del PIB:

- i. Aumento del transporte de viajeros/aumento del PIB.
- ii. Aumento del transporte de mercancías/aumento del PIB.

5.6.2 Criterio 2: consumo energético

5.6.2.1 Descripción

En los países industrializados el transporte consume en torno al 40% de la energía primaria. Además, este sector presenta una escasa diversificación energética, puesto que los derivados del petróleo satisfacen más del 95% de todas sus necesidades. Es

decir, el desarrollo socioeconómico mundial se basa, desde hace un siglo, en el uso intensivo de un bien natural, el petróleo, escaso y no renovable.

Tres cuartas partes del consumo energético del sector del transporte en Europa corresponden a la movilidad rodada. Más de la mitad tiene lugar en zonas urbanas, y en recorridos inferiores a 6 km.

5.6.2.2 *Modo de evaluación*

Ver porcentajes de participación en el consumo energético total (ktep):

- i. Del sector transporte.
- ii. Derivados del petróleo.
- iii. Intensidad energética (Consumo energético / PIB).

5.6.3 Criterio 3: costes del transporte urbano

5.6.3.1 *Descripción*

Se pueden distinguir dos grandes categorías de costes de transporte urbano:

- i. Los costes internos: derivan de la construcción, mantenimiento y uso de la infraestructura del transporte. Estos costes deben ser cubiertos por los usuarios de la infraestructura o por el público.
- ii. Los costes externos: son costes de transporte que se confieren a las personas ajenas a aquellas comprometidas en la actividad del transporte. Ellos surgen de los efectos secundarios del transporte, como por ejemplo la congestión, los accidentes, la contaminación, las emisiones, el ruido y los factores estéticos que afectan negativamente a las personas y/o futuras generaciones. Estos costes son raramente soportados por los usuarios de las vías, por lo que el transporte vial es demasiado barato y su uso ineficiente.

Para cumplir el principio en el que el que contamina es obligado a cubrir los gastos totales de su contaminación, es esencial que las externalidades del transporte sean disminuidas, ya que los usuarios del transporte basan sus decisiones en los costes de las diversas opciones.

Los instrumentos económicos son mecanismos de precios para lograr objetivos normativos y su uso es beneficioso para:

- i. Generar ingresos.
- ii. Obtener compatibilidad con la economía de mercado:
- iii. Reforzar el principio de “el usuario paga”.
- iv. Enfocar políticas de transporte basado en los incentivos: los instrumentos económicos ayudan a reducir la demanda del transporte y cambiar la distribución modal, al inducir la sustitución a favor del transporte público y cambios en las conductas del transporte.
- v. Incentivos dinámicos: en la sustitución, los cambios técnicos y la investigación y desarrollo de tecnologías para mitigar la contaminación.
- vi. Mayor flexibilidad: para los instrumentos reguladores.

Un asunto con alta controversia es el de la asignación de ingresos de los instrumentos económicos (impuestos y cobros), ya que esta es decisiva para la aceptación pública de las medidas de transporte. Las opciones son:

- i. Añadirlos al presupuesto general.
- ii. Destinarlos a inversiones para el sector transporte (aumenta la aceptación pública de los instrumentos económicos).
- iii. Redistribución neutra de ingresos.

A nivel de normas de transporte nacional o federal, los instrumentos económicos debieran de ser implementados como parte de una estrategia nacional de transportes. Los ejemplos más importantes a este nivel incluyen:

- i. Impuestos sobre vehículos: son utilizados como una fuente estable de ingresos estatales. En el caso de los vehículos privados, el volumen del motor forma la base del sistema de impuestos; es decir, el impuesto anual es gravado con la potencia del motor. Además, por razones ambientales, los impuestos a los vehículos pueden incluir incentivos adicionales para comprar automóviles de bajas emisiones y eficientes en combustibles. Este sistema de impuesto diferenciado también es aplicado a los camiones.
- ii. Impuestos a los combustibles: aplicar este impuesto es la forma más común de cobro a los usuarios “representantes” en el transporte vial. Es una forma simple y fiable de cobrarle al usuario de la infraestructura del transporte relacionada con su uso individual. La realidad es que este impuesto sólo proporciona una aproximación del uso vial, no distingue entre usuarios que tienen un coste marginal muy alto (durante periodos punta en áreas congestionadas) o bajo.
- iii. Esquemas de fijación de precios de las vías nacionales: La tarificación vial es una manera flexible y eficiente de cobrar a los usuarios por el uso real de las infraestructuras. Puede aplicarse a la red vial completa o a caminos y vías específicas. Suele ser implementada para recuperar el coste de una inversión muy costosa o para imponer un cobro extra por el uso de una vía muy congestionada durante los periodos punta.

Cada vez son más las ciudades y regiones que están optando por estrategias de transporte basadas en incentivos para generar ingresos locales y aliviar los problemas de congestión y del medio ambiente en áreas urbanas. A nivel local los instrumentos más importantes que se están implementando son:

- i. Recargos sobre medidas nacionales o federales.
- ii. Tarifas de estacionamiento.
- iii. Tarificación de vías urbanas y por congestión.

5.6.3.2 *Modo de evaluación:*

Se proponer comprobar si existen medidas en:

- i. Recargos sobre medidas nacionales o federales:
 - a. Gravámenes diferenciados localmente en los impuestos de vehículos.
 - b. Recargos relacionados con el transporte en el ingreso nacional/federal y tributación de las compañías de TP.
 - c. Cobros de compañía.
 - d. Tarifación adicional de caminos locales.
- ii. Tarifas de estacionamiento: con la introducción de tarifas de estacionamientos, el uso del automóvil en áreas urbanas se encarece y es menos atractivo para muchos conductores. Esto puede ayudar a reducir la congestión y alienta los modos alternativos de transporte. Criterios para crear una diferenciación en los esquemas de estacionamientos y cobros correspondientes:
 - a. Área/zona, con la finalidad de reducir estacionamientos en las áreas más densificadas del interior de las ciudades, a través de recargos por estacionamientos en hora punta.
 - b. Hora del día, para desalentar el estacionamiento de largo plazo por usuarios individuales, con recargos por estacionamiento en horas punta.
 - c. Día calendario, para distinguir entre usuarios de días laborables o fines de semana.
 - d. Duración de la estancia, con incentivos para estacionamiento de corto plazo y incentivar a los usuarios a usar ciertas áreas de estacionamiento de larga duración designadas en otro lugar (periferia).
- iii. Tarifación de vías urbanas y por congestión: se utilizan como estrategias de gestión de la demanda en calles locales. La fijación de precio a vías urbanas

apunta a lograr una recuperación de costes más completa para el transporte público y uso de infraestructura. Los principales objetivos son: un cambio en los tiempos de viaje, cambios de ruta, cambios hacia modos de tráfico más sostenibles, reducción de efectos ambientales negativos, mejora en la calidad de vida urbana, medio para generar ingresos. Principales formas de tarificación:

- a. Tarificación de cordón o permisos por zonas: se cobra por entrar en un área designada en los puntos de cruce de los límites del cordón o se paga por conducir dentro del área que está sujeta a tarificación.
- b. Peajes dependiendo de la hora en rutas individuales: a los conductores se les cobra por la utilización de calles específicas.

5.7 REQUERIMIENTO: SOCIAL

Para la evaluación del requerimiento social se utilizarán cuatro criterios: El de seguridad, el ruido, el confort del transporte público y la accesibilidad del transporte público. A continuación se va a proceder a dar una explicación de los mismos mediante una descripción y presentando distintas variables para su evaluación.

5.7.1 Criterio 1: seguridad

5.7.1.1 Descripción

Existe una relación directa entre el número de muertes en la carretera en nuestras ciudades y el número de viajes efectuados en coche. En las ciudades en que existe un sistema bien desarrollado de transporte público, el número de muertes es la mitad del de las ciudades en que casi todos los recorridos son realizados en coche. Las estadísticas de heridos graves o muertos en transporte público son unas 10 ó 20 veces menores por pasajero*km que las del vehículo privado.

Los accidentes de tráfico son la primera causa de muerte entre la población joven (1-25 años) en los países de la Unión Europea, muy por delante del suicidio. El transporte público tiene un menor índice de accidentalidad que el vehículo privado.

5.7.1.2 *Modo de evaluación*

Para la evaluación se propone ver en el entorno urbano de estudio la evolución de:

- i. Mortalidad viaria.
- ii. Víctimas graves.
- iii. Siniestralidad peatonal.
- iv. Nivel de riesgo (víctimas/1000habitantes).

5.7.2 **Criterio 2: confortabilidad**

5.7.2.1 *Descripción*

La confortabilidad estaría relacionada con el grado de bienestar que proporcionan al usuario los distintos medios de transporte a su disposición.

El primer asunto a tener en cuenta sería la contaminación acústica. El ruido puede realmente afectar a la vida en las ciudades. Existe un coste escondido tanto para la salud como para la vida diaria de los ciudadanos que viven en grandes comunidades con altos niveles de ruido permanentes. A lo largo de las autopistas, el ruido puede reducirse con pantallas, pero la gente que está en la calle sigue expuesta sin ninguna protección al ruido del tráfico. Los informes de la OMS afirman que más del 30% de los ciudadanos europeos son expuestos a niveles de ruido que dificultan el sueño; un 5-15% de todos los ciudadanos sufren trastornos del sueño inducidos por el ruido.

Por otro lado, también se deberían de tener en cuenta algunos aspectos relacionados con la eficiencia del transporte público, es decir el éxito que este tenga entre los ciudadanos, estará directamente relacionado con su calidad. Si la calidad del

transporte público que ofrece la administración es buena, el número de usuarios aumentará, dejando de lado sus vehículos privados para realizar sus desplazamientos diarios. Todo ello contribuirá a la mejora de la calidad del aire, de los recursos utilizados y en general del medioambiente. Para poder medir la calidad de dicho transporte habrá que tener en cuenta términos como: oferta de TP, tiempo medio de viaje, frecuencia. Fiabilidad, etc.

5.7.2.2 *Modo de evaluación*

Para la evaluación se propone analizar en el entorno urbano de estudio, las siguientes variables:

- i. Niveles de ruido (dB).
- ii. Tiempo medio de viaje en TP (min.).
- iii. Tiempo medio de viaje en vehículo privado (min.)
- iv. Frecuencia (% de líneas con intervalo \geq a 12 min.)
- v. Fiabilidad (% de líneas con índice de fiabilidad \geq 85%).
- vi. Ocupación (% líneas con grado de ocupación en horas punta \geq 70%).
- vii. Velocidad comercial (media anual en km/h).
- viii. Integración tarifaria (% títulos integrados).
- ix. Índice de rodeo de la red de buses (m) ???
- x. Grado de conectividad de cada subzona al centro (n° transbordos).
- xi. Grado de conectividad de cada subzona al hospital (n° transbordos).
- xii. Grado de conectividad de cada subzona las zonas de consumo (n° transbordos).
- xiii. Grado de conectividad de cada subzona a las zonas de trabajo (n° transbordos).

5.7.3 Criterio 3: accesibilidad

5.7.3.1 Descripción

Una adecuada Planificación Territorial debe buscar la disminución de las necesidades de desplazamiento y reducir las distancias necesarias para acceder a los diferentes equipamientos. Buscando este objetivo, el sistema de transporte público cumple un importante papel, incentivándose la disminución en el uso del vehículo privado, disminuyendo la presión que éste genera sobre la trama viaria.

5.7.3.2 Modo de evaluación

Para la evaluación se propone cuantificar en el entorno urbano de estudio:

- i. Oferta TP (plazas-km).
- ii. Oferta taxi (nº licencias).
- iii. Accesibilidad paradas bus (% paradas accesibles y seguras).
- iv. Accesibilidad estaciones (% estaciones accesibles y seguras).
- v. Accesibilidad parque móvil (% vehículos adaptados).
- vi. Oferta red bus (km-s).
- vii. Oferta red bus segregada (km-s segregados físicamente).
- viii. Cobertura metro (% pob. Cubierta por la red de metro (< 500 m)).
- ix. Cobertura bus (% pob. Cubierta por la red de bus (< 300 m)).
- x. Cobertura cercanías (% pob. Cubierta por la red de cercanías (< 500 m)).

5.8 REQUERIMIENTO: MODELO URBANO

Para la evaluación del requerimiento de modelo urbano se utilizarán dos criterios: El modelo urbano y las características de la red de transporte. A continuación se va a

proceder a dar una explicación de los mismos mediante una descripción y presentando distintas variables para su evaluación.

5.8.1 Criterio 1: modelo urbano

5.8.1.1 Descripción

Como señaló en su día el "Libro Verde (1990) del medio ambiente urbano" de la Unión Europea, los problemas puntuales del tráfico, la contaminación, etc., deben tomarse como manifestaciones de una crisis más profunda, que conducirá tarde o temprano a replantear las actuales formas de vida y urbanización, exigiendo, por lo tanto, un tratamiento integrado. De ahí que sugiera profundizar en el análisis y modelización del funcionamiento de los sistemas urbanos, para que los seres humanos puedan volver a considerar la ciudad como un proyecto sobre el que puedan incidir y no como algo ajeno que escapa a su control. El conocimiento y la discusión transparentes del funcionamiento integrado de la ciudad como proyecto, es el principal medio para acometer la necesaria reformulación conjunta de las metas de habitabilidad y sostenibilidad y proceder a la revisión de los actuales estándares y normativas para hacerlos acordes con los nuevos propósitos.

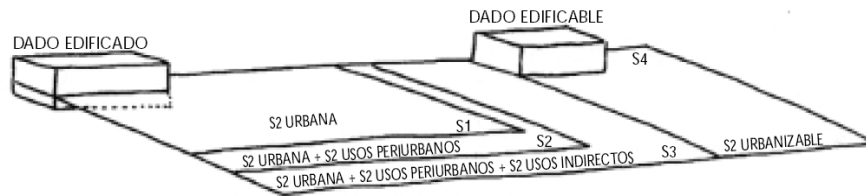
Parece que de los sistemas urbano, aquel que se quede más cerca de una mayor densidad o compacidad, es en si mismo más sostenible que la ciudad difusa o dispersa, ya que trae consigo un menor consumo de suelo, menor deterioro en sistemas de soporte y menor consumo de energía y materiales extraídos. De manera que parece importante saber cómo es el entorno urbano en el que opera determinado sistema de transporte para evaluar el grado de sostenibilidad de este.

5.8.1.2 Modo de evaluación

Se trataría de medir la compacidad del entorno urbano mediante:

- i. Densidad humana (Habitantes/km²).

- ii. Compacidad urbana (S^2 techo/ S^2 urbanizada).
- iii. Compacidad corregida (S^2 techo/ S^2 espacios verdes y espacios públicos de convivencia).
- iv. Huella ecológica: superficie de suelo productivo necesario para mantener una población determinada.(Ha).



- v. Dado edificado: da la altura media; es decir, relación entre volumen edificado y el suelo que ocupa.

$$D_e = \frac{\sum_{i=1}^n S e_i + h_i}{S e} [m]$$

- vi. Dado urbanizado: $D_u = \frac{S_1}{S e} [m]$

- vii. Saturación urbana municipal: $S_M = \frac{S^2_{urbana} + S^2_{urbanizable}}{S^2_{total}} \cdot 100 (\%)$

- viii. Consumo potencial de suelo urbano:

$$S_U = \frac{S^2_{urbana}}{S^2_{urbana} + S^2_{urbanizable}} \cdot 100 (\%)$$

5.8.2 Criterio 2: características de la red de transporte

5.8.2.1 Descripción

Las Características de la red de transporte y concretamente de la red de carreteras que disponga el entorno urbano en estudio estarán directamente relacionadas con la sostenibilidad de éste. Cuantos más kilómetros de red se tenga más espacio dispondrán los vehículos para que circulen por ellos.

5.8.2.2 Modo de evaluación

Las posibles variables a cuantificar en este caso serán:

- i. Longitud de la red de carreteras (Kms/Superficie).
- ii. Km-s de red con IMD superior a 10000 veh/día (km-s/total)

5.9 REQUERIMIENTO: CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO

Para la evaluación del requerimiento de características del parque automovilístico se utilizarán dos criterios: La tasa de motorización y el tipo de vehículo. A continuación se va a proceder a dar una explicación de los mismos mediante una descripción y presentando distintas variables para su evaluación.

5.9.1 Criterio 1: tasa de motorización

5.9.1.1 Descripción

Las características de la red de transporte y concretamente de la red de carreteras que disponga el entorno urbano en estudio estarán directamente relacionadas con la

sostenibilidad de éste. Cuantos más kilómetros de red se tenga más espacio dispondrán los vehículos para que circulen por ellos.

5.9.1.2 *Modo de evaluación*

La variable a cuantificar en este caso será, la tasa de motorización (vehículos privados/1000 habitantes).

5.9.2 **Criterio 2: tipo de vehículo**

5.9.2.1 *Descripción*

En la actualidad, el 34% de los turismos que circulan por las carreteras españolas supera los diez años de edad, con los efectos nocivos que se derivan de ello para la seguridad vial y el medio ambiente.

Los vehículos usados de más de ocho años de edad siguen siendo los reyes indiscutibles del mercado de segunda mano. Y es que el 76% de las ventas que se cierran entre particulares corresponden a vehículos ‘mileuristas’ con un promedio de vida de ocho o más años y con un precio que oscila entre los 1.000 y los 3.000 euros, según datos de Ganvam [200].

5.9.2.2 *Modo de evaluación*

La variable a cuantificar en este caso es:

- i. Parque móvil ecológico (% respecto del total).
- ii. Antigüedad del parque automovilístico (porcentaje de vehículos con más de 10 años, entre 5 y 10 años y de menos de 5 años).

5.10 REQUERIMIENTO: REPARTO DE MERCANCÍAS

Para la evaluación del requerimiento de reparto de mercancías se utilizarán tres criterios: El de oferta, demanda y eficiencia de la red de distribución del transporte de mercancías urbanas. A continuación se va a proceder a dar una explicación de los mismos mediante una descripción y presentando distintas variables para su evaluación.

5.10.1 Criterio 1: oferta

5.10.1.1 Descripción

Teniendo en cuenta las características del entorno urbano, será necesario planificar las zonas y horarios de carga y descarga (C/D) de manera que entorpezcan lo menos posible y sean suficientes para dar salida a la demanda existente.

5.10.1.2 Modo de evaluación

Las variables a cuantificar en este caso serían:

- i. Oferta para la Distribución urbana de Mercancías (DUM) en calzada: N° de zonas de C/D.
- ii. Cobertura territorial para la DUM en calzada: Distancia media entre zonas de C/D (n° de zonas/longitud viario)
- iii. Ventanas temporales: distribución de mercancías en horarios determinados.
- iv. Distribución nocturna en determinadas actividades económicas: % de grandes supermercados ubicados en el tejido urbano que dispongan de esta posibilidad sobre el total.
- v. Carril multiuso en red básica: se trataría de habilitar un carril en red básica para la distribución de mercancías en horas valle para dar respuesta a la demanda generada por las actividades económicas de la zona. El mismo carril

puede ser utilizado para el tránsito vehicular en hora punta y también puede absorber la demanda residencial de aparcamiento nocturna. La gestión se realiza mediante leds luminosos ubicados en la calzada que señalan el uso y paneles informativos.

5.10.2 Criterio 2: demanda

5.10.2.1 Descripción

Las actividades económicas existentes en un determinado tejido urbano definen la tipología y el volumen de la carga y descarga de la zona de estudio. Las actividades económicas se pueden clasificar en seis grupos:

- i. Alimentación: Supermercados, pescaderías, carnicerías, panaderías, etc.
- ii. Hostelería: Hoteles, restaurantes, colegios, residencias, bares, etc.
- iii. Consumo personal: droguerías, perfumerías, tintorerías, farmacias, ópticas, etc.
- iv. Vivienda: Electrodomésticos, ferreterías, tapicerías, material de baño y cocina, muebles, etc.
- v. Ocio: Librería, papelería, relojería, juguetes, deportes, gimnasio, etc.
- vi. Heterogéneo: Agencias de viajes, mensajería, almacenes, venta de coches, autoescuelas, bancos y cajas de ahorro, etc.

Todo ello conllevará un reparto de distintas mercancías que necesitará de zonas y tiempos de carga y descarga que habrá que regular en función de la demanda.

5.10.2.2 Modo de evaluación

Las variables a cuantificar en este caso serán:

- i. Demanda potencial de la DUM: % de vehículos comerciales sobre el total del parque.

- ii. Demanda de vehículos pesados: % de vehículos pesados sobre el total de los vehículos circulando.
- iii. Demanda activa de C/D: N° de estacionamientos de C/D al día.

5.10.3 Criterio 3: eficiencia

5.10.3.1 Descripción

Para mejorar la eficiencia de las zonas del DUM habrá que cuantificar la relación existente entre la oferta y demanda relacionada con el transporte de mercancías. Todo ello enfocado a que se cumpla la demanda del reparto de mercancías con el menor número de vehículos pesados posibles, sin apenas interferir en el tráfico urbano y de la manera más sostenible posible.

5.10.3.2 Modo de evaluación

Las variables a cuantificar en este caso serán:

- i. Incidencia de la C/D sobre la movilidad: ilegales de (C/D)/100 m de vial (media diaria).
- ii. Nivel de eficiencia del sistema de C/D: % de estacionamiento de ilegales CD/sobre el total.
- iii. Eficiencia de las zonas de C/D:
 - a. % de horas por plaza de las zonas de C/D por parte de vehículos DUM.
 - b. % de vehículos DUM que estacionan < de 1h en zonas C/D
- iv. Disciplina zonas C/D: % de horas * plaza zonas C/D por vehículos que no hacen C/D.
- v. Reserva dinámica: posibilidad de reservar plazas de carga y descarga eliminando el tráfico debido a la búsqueda de plazas libres.

- vi. Plataforma subterránea: construcción de plataformas logísticas subterráneas que permitan una C/D de manera segregada. Serían CDU que se caracterizan por atraer la distribución de gran volumen que precisa de vehículos de gran dimensión.

6 DEFINICION DE LOS INDICADORES

6.1 CRITERIOS SELECCIONADOS E INDICADORES NECESARIOS PARA SU EVALUACION

Tras el proceso de identificación de aquellos criterios, que tienen un mayor peso específico en la evaluación de la sostenibilidad del transporte urbano, el siguiente paso a desarrollar a continuación, es la obtención de los indicadores necesarios para poder realizar la cuantificación del conjunto de criterios, que permitan medir el índice de sensibilidad planteado.

También hay que tener en cuenta que, como los indicadores pueden tener diferentes unidades de medición, hay que realizar una normalización o equiparación del resultado, para obtener un valor adimensional que represente el grado de adecuación en una escala de medición, que se ha definido entre “0” y “1”, siendo el valor “0”, el correspondiente a un grado de satisfacción nulo, en el que la solución tomada o bien solamente cumple los estándares mínimos fijados en normativa, o no contempla ninguna de las pautas planteadas en el criterio. Por el contrario, la obtención del valor

“1”, supone el mayor nivel de adecuación a un criterio, teniendo en cuenta que puede ser alcanzable para una determinada solución, no como un valor ideal.

A continuación se realiza una definición completa del conjunto de criterios seleccionados mediante la metodología presentada en el capítulo 5, donde para cada uno de ellos, se plantea una descripción del mismo, mostrando su alcance. Junto a dicha descripción, se plantea un sistema de evaluación del criterio, en base a uno o varios indicadores, planteando en cualquier caso el sistema de valoración correspondiente a cada uno de ellos, junto con el sistema que permite realizar la normalización de los indicadores para que finalmente, el resultado obtenido, esté siempre comprendido dentro de la escala planteada (de 0 a 1).

A la hora de aplicar el modelo y evaluar los diferentes indicadores a un determinado entorno urbano, pudiera darse el caso de que no se dispongan datos al respecto, en ese caso se sugiere dar un valor que no determine el resultado final o no valorar el mismo sabiendo que se puede obtener un valor mejor disponiendo de esta información.

El conjunto de criterios se ha ordenado de forma que se presentan agrupados por requerimientos.

6.2 REQUERIMIENTO 1: MEDIOAMBIENTAL

6.2.1 Criterio 1: calidad del aire

Existe una red de vigilancia y control de calidad del aire en la mayoría de ciudades europeas con analizadores y sensores que miden los contaminantes que marca la Directiva europea, principalmente SO₂, óxidos de nitrógeno, ozono troposférico, CO y partículas en suspensión. También existen estaciones móviles que estudian posibles nuevas ubicaciones y puntos concretos de contaminación coyuntural. Además miden contaminantes tradicionales, compuestos orgánicos o metales pesados, entre otros.

En el caso concreto de la CAV existen sensores de emisiones, colocados en las chimeneas de las principales industrias contaminantes vigilan que las acerías, térmicas, químicas o plantas de gas no superen los límites legales establecidos para su actividad. La oficina central recibe diariamente todos esos datos vía módem. Un equipo informático escruta los datos antes de ofrecer la información actualizada en la página web del Gobierno vasco [201].

A la hora de cuantificar este criterio se define un único indicador encargado de evaluar la calidad del aire teniendo en cuenta las concentraciones de los distintos contaminantes que marca la directiva Europea: El Índice de calidad del aire.

Para obtener el índice de calidad del aire se dispone de una red de control y vigilancia que mide en tiempo real una serie de parámetros tales como los contaminantes SO₂, NO_x, CO, PM₁₀ y O₃ en estaciones distribuidas en distintas zonas. El conjunto de los posibles valores que el índice de calidad del aire puede tomar se agrupan en seis intervalos de valores a los que se les asocia una trama o color característico de la calidad del aire de una zona determinada.

El resultado obtenido en el cálculo del índice de calidad del aire será representativo del área de influencia que abarcan las estaciones consideradas en cada una de las zonas. Se trata de un índice de calidad del aire diario. Cada día se modifica el valor del índice y por tanto la información sobre la calidad del aire en la zona correspondiente, lo que justifica que pueden encontrarse zonas con distinto índice de calidad del aire.

Esta evaluación se realiza de acuerdo a la división que tiene el territorio vasco en zonas y aglomeraciones. La zonificación consiste en delimitar porciones del territorio a efectos de gestionar la calidad del aire. La zonificación técnico- administrativa que se utiliza para la evaluación oficial de la Comunidad Autónoma del País Vasco, la cual se manda al ministerio de Medio Ambiente anualmente y éste la remite a Europa divide a la comunidad en 8 zonas. Esta definición se hace por cuencas aéreas de

orografía similar en las que los niveles de contaminantes están influidos fundamentalmente por las mismas fuentes, y por los mismos procesos de transporte de la masa aérea desde dichas fuentes. La zonificación del territorio depende también del contaminante. En el caso del SO_2 , NO_2 , CO y partículas se utiliza la siguiente zonificación:



Figura 30: división de la CAPV a efectos del índice de la calidad del aire.

Cada una de las zonas a su vez cuenta con una serie de estaciones remotas equipadas con sensores o analizadores automáticos que miden en tiempo real los distintos contaminantes con los que se va a calcular el índice. El índice de calidad del aire es un valor adimensional que se calcula a partir de los datos horarios de los contaminantes SO_2 , NO_2 , PM_{10} , O_3 y CO para cada una de las estaciones que integran las distintas zonas. En cada estación se calcula un índice individual para cada

contaminante, conocido como índice parcial. El índice global para cada estación coincide con el índice parcial del contaminante que presente el peor comportamiento. De la misma manera, el peor de los valores de los índices globales de las estaciones de una zona es el que define el índice de calidad del aire para esa zona.

El índice de calidad del aire tendrá un valor asignado de forma que cuanto mayor sea este valor, peor será la calidad del aire correspondiente a esa zona.

El cálculo del índice parcial para cada contaminante se realiza asignando, mediante interpolación lineal, a cada concentración media de contaminante considerada un valor perteneciente a una escala. El valor 0 (cero) de la escala corresponde al valor 0 (cero) de concentración y el valor 100 de la escala corresponde al valor de concentración igual al valor límite para este contaminante establecido en la legislación vigente [202].

El índice de calidad del aire está dividido en seis tramos, que definen los estados de calidad de aire: buena, admisible, moderada, mala, muy mala y peligrosa. A cada uno de los tramos se le asigna un color que para el presente año será de acuerdo con la siguiente Tabla 24:

Color	Descripción de la calidad del aire	NO ₂	PM ₁₀	SO ₂	CO	O ₃
	Buena	0-105	0-25	0.62.5	0-5000	0-90
	Admisible	105.1-210	25.1-50	62.6-125	5001-10000	90.1-160
	Moderada	210.1-252	50.1-65	125.5-146	10001-14000	160.1-180
	Mala	252.1-330	65.1-82.5	146.1-187.5	14001-18000	180.1-270
	Muy mala	330.1-699	82.6-138	187.6-250	18001-24000	270.1-360
	Peligrosa	>700	>138	>250	>24000	>360

Tabla 24. Tramos del índice de calidad del aire.

Obteniendo el valor del índice de calidad del aire, la normalización del indicador se realiza mediante una función lineal, en la que se representa en la abscisa los valores del índice y se recoge en la ordenada el valor normalizado del indicador en una escala entre 0 y 1 (Tabla 25).

<i>ICA</i>	<i>Puntos</i>
Buena	5
Admisible	4
Moderada	3
Mala	2
Muy Mala	1
Peligrosa	0

Tabla 25. Sistema de puntuación propuesto para el criterio 1.

Se propone partir de un histórico del Índice de Calidad del Aire (ICA) y dar a cada día la puntuación que corresponda para luego obtener un valor medio para el período de tiempo examinado.

6.2.2 Criterio 2: emisiones gei (CO₂)

El nivel real de emisión de CO₂ depende del rendimiento del vehículo y de su utilización. Las emisiones de este gas se reducen de manera significativa consumiendo menos combustible y, por tanto, aumentando la eficiencia energética de los viajes. Por cada litro de gasolina que se consume, el motor emite unos 2,32 kg de CO₂, lo que le permite recorrer un promedio 13 km, mientras que un litro de gasóleo consumido emite unos 2,6 kg de CO₂ para un recorrido de unos 16 kms.

A partir del 1 de enero de 2008 la Ley 34/2007 de calidad del aire y protección de la atmósfera a través de la disposición adicional octava modifica el artículo 70 (tipos impositivos) de la Ley 38/1992 de impuestos especiales [203]. Así pues, el impuesto de matriculación viene determinado por las emisiones oficiales de CO₂, medidas en g/km. Para los vehículos turismo (clase M1) el tipo impositivo queda como sigue:

- Para emisiones de CO₂ hasta 120 g/km se aplica un tipo impositivo del 0%.
- Entre 121 y 159 g/km se aplica un tipo impositivo del 4,75% (3,75% en Canarias).

- Entre 160 y 199 g/km se aplica un tipo impositivo del 9,75% (8,75% en Canarias).
- Para emisiones de CO₂ de 200 g/km en adelante el tipo impositivo es del 14,75% (13,75% en Canarias).

A medida que las tecnologías híbridas vayan entrando en el mercado, las emisiones por uso disminuirán, pero las medidas más efectivas para la reducción de GEI, hoy por hoy irán encaminadas a promover la sustitución del vehículo privado por el TP.

Para poder evaluar la tendencia de las emisiones se propone:

- Definir el periodo de tiempo de interés (dos años, tres, etc.)
- Dentro de ese periodo ver la evolución de:
 - Las emisiones de CO₂.
 - El índice de motorización.
 - Porcentaje del uso del vehículo privado para los desplazamientos internos de la zona de estudio.

A mayor volumen de emisiones, índice de motorización y porcentaje de uso del vehículo privado menos sostenible será el transporte de determinado entorno.

<i>Evolución de Emisiones de CO₂ debidas al transporte</i>	<i>Puntos</i>
Aumento \geq 5 puntos	0
Aumento $<$ 5 puntos	1
Se mantienen constantes	2
Disminución \leq 5 puntos	3
Disminución $>$ 5 puntos	4

Tabla 26. Sistema de puntuación propuesto para la evolución de emisiones de CO₂.

<i>Índice de motorización</i>	<i>Puntos</i>
Aumenta	0
Se mantiene	1
disminuye	2

Tabla 27. Sistema de puntuación propuesto para la evolución del índice de motorización.

<i>% de uso del vehículo privado</i>	<i>Puntos</i>
Aumento ≥ 5 puntos	0
Aumento < 5 puntos	1
Se mantienen constantes	2
Disminución ≤ 5 puntos	3
Disminución > 5 puntos	4

Tabla 28. Sistema de puntuación propuesto la evolución del porcentaje de uso del vehículo privado.

Con la suma de los puntos obtenidos en las tablas correspondientes y una función de normalización lineal, se entra en la abscisa con un valor comprendido entre el mínimo “0” y el máximo de “10” y se obtiene en la ordenada el valor normalizado, en una escala entre el 0 y el 1 del nivel de emisiones de CO₂.

6.2.3 criterio 3: reparto modal

Se trata de evaluar el porcentaje de participación de los distintos modos de transporte:

- i. Vehículo privado.
- ii. TP
- iii. Medios no motorizados: pie y bici

A mayor participación del vehículo privado menos sostenible será el transporte de determinado entorno.

<i>Valor del vehículo privado</i>	<i>Puntos</i>
Menos del 20% de los desplazamientos totales	1
Entre el 20% y el 40% de los desplazamientos totales	2
Entre el 40% y el 60% de los desplazamientos totales	3
Mas del 60% de los desplazamientos totales	4

Tabla 29. Sistema de puntuación propuesto para el porcentaje de uso del vehículo privado.

<i>Valor del TP colectivo</i>	<i>Puntos</i>
Mas del 60% de los desplazamientos totales	1
Entre el 60% y el 40% de los desplazamientos totales	2
Entre el 40% y el 20% de los desplazamientos totales	3
Menos del 20% de los desplazamientos totales	4

Tabla 30. Sistema de puntuación propuesto para el porcentaje de uso del TP colectivo.

<i>Valor de los desplazamientos andando/bici</i>	<i>Puntos</i>
Mas del 60% de los desplazamientos totales	1
Entre el 60% y el 40% de los desplazamientos totales	2
Entre el 40% y el 20% de los desplazamientos totales	3
Menos del 20% de los desplazamientos totales	4

Tabla 31. Sistema de puntuación propuesto para el porcentaje de uso de modos no motorizados.

Con el producto de los puntos obtenidos en las tablas correspondientes y una función de normalización lineal, se entra en la abscisa con un valor comprendido entre el mínimo “1” y el máximo de “64” y se obtiene en la ordenada el valor normalizado, en una escala entre el 0 y el 1 del nivel de reparto modal.

6.2.4 Criterio 4: modos no motorizados y más sostenibles

Para medir la efectividad de las medidas tomadas para potenciar los modos no motorizados en los desplazamientos diarios se propone tener en cuenta:

6.2.4.1 Oferta/demanda peatones:

Suponiendo que el n° de desplazamientos a pie estará directamente relacionado con la longitud y la adecuación de las infraestructuras para los peatones, a la hora de obtener una medida de ello, se propone la siguiente metodología:

- i. Dividir el entorno urbano en n subzonas (barrios, etc.)
- ii. Construir una matriz de dimensión $n \times n$, para evaluar si existe posibilidad de traslado entre las distintas subzonas utilizando una vía peatonal y la calidad del mismo (Tabla 33):
 - a. S_{ij} será cada uno de los términos de la matriz cuyos valores estarán entre “0” y “1”, según el sistema de puntuación que se explica a continuación en la Tabla 32. Los subíndices “i” y “j” hacen referencia a la conexión peatonal entre subzonas.
 - b. Si dentro de una misma subzona hay una red únicamente peatonal, el término de la diagonal principal valdrá “1”.
 - c. Otra cuestión a tener en cuenta será si entre las subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano existen zonas altas, ya que este aspecto sería un factor disuasorio a la hora de realizar el desplazamiento a pie. Para ello, se propone ver de las “n” subzonas cuales son altas y que porcentaje de ellas dispone de algún medio mecánico para el acceso (escaleras/rámpas mecánicas). En caso de que exista dicha posibilidad, al término de la diagonal principal de dicha subzona se le añade “1”.

<i>Para desplazarse</i>	<i>Puntuación</i>
Existe vía peatonal y el tiempo de traslado ≤ 30 min	1
Existe vía peatonal y $30 \text{ min} < \text{tiempo de traslado} \leq 45$ min	0,5
Existe vía peatonal y el tiempo de traslado > 45 min	0
No existe vía peatonal	0

Tabla 32. Sistema de puntuación propuesto para el indicador oferta/demanda de peatones.

	Subzona 1	Subzona 2	...	Subzona n
Subzona 1	S_{11}	S_{12}	...	S_{1n}
Subzona 2	S_{21}	S_{22}	...	S_{2n}
...
Subzona n	S_{n1}	S_{n2}	...	S_{nn}

Tabla 33. Matriz que evalúa la posibilidad de traslado entre subzonas de un entorno urbano.

Para la normalización, se suman todos los términos de las matriz que en el mejor de los casos desde el punto de vista de la sostenibilidad valdrá $n \cdot n + N^{\circ}$ zonas altas y en el peor de los casos 0. Para la normalización se utilizará una función lineal.

6.2.4.2 Oferta/demanda bicicletas:

Utilizando la misma división de subzonas realizada para el caso anterior, y la misma metodología, se debe construir otra matriz de relaciones entre distintas subzonas señalando la existencia o no de conexión mediante vía ciclista. En caso de que la conexión sea a través de vía ciclista pero haya cuestas pronunciadas, el valor asignado será $\frac{1}{2}$. A los términos de la diagonal principal se les irá añadiendo valores a medida que la subzona en cuestión disponga de:

- i. Km-s de red segregada.
- ii. Km-s zona 30.
- iii. Aparca bicis (plazas/m²).

iv. Servicio de bicicleta pública.

Para la normalización, se suman todos los términos de las matriz que en el mejor de los casos desde el punto de vista de la sostenibilidad valdrá $4 \cdot n + (n - 1) \cdot n$ y en el peor de los casos 0 y se utilizará la función lineal.

6.2.4.3 *Oferta/demanda otros:*

Además del fomento de los desplazamientos a pie o en bicicleta como alternativa sostenible del transporte, existen otra serie de medidas que pueden llevarse a cabo, como por ejemplo la existencia de:

- i. Aparcamientos disuasorios.
- ii. Car sharing (modelo de alquiler de automóviles en el que el usuario alquila el vehículo durante cortos períodos de tiempo).
- iii. Coche compartido (es la práctica que consiste en compartir un automóvil con otras personas tanto para viajes periódicos como para trayectos puntuales, con esta práctica se pretende reducir la congestión de tránsito en las grandes ciudades así como facilitar los desplazamientos a personas que no dispongan de coche propio).

Son medidas destinadas a limitar al mínimo el uso del vehículo privado y en caso de que sea necesario que se lleve a cabo con la máxima ocupación. El sistema de evaluación propuesto para los tres parámetros mencionados se describe a continuación.

Se propone cuantificar mediante el siguiente sistema de puntuación la existencia o no por subzonas para el aparcamiento disuasorio. Las subzonas serán aquellas que tengan una entrada o acceso a la zona urbana desde el exterior de la misma (N). Son estas las que deben tener aparcamientos disuasorios para limitar el uso del vehículo privado en el entorno urbano.

<i>Nº subzonas</i>	<i>Aparc. Disuasorio</i>
Subzona 1	Si/no
Subzona 2	Si/no
...	...
Subzona n	Si/no

Tabla 34. Sistema de evaluación propuesto para el parámetro aparcamiento disuasorio.

Para el caso del car sharing se propone realizar una valoración global, no por zonas. En caso de que exista se le asigna un 1, si no un 0.

Y por último, para el caso del coche compartido se propone contabilizar en número de polígonos industriales, parques tecnológicos y campus universitarios existen en Donostia y ver si tienen una plataforma propia para compartir coche. Se contabilizarían el número de zonas con plataforma propia:

<i>Areas</i>	<i>plataforma</i>
Campus 1	Si/no
...	...
Campus n	Si/no
polígono 1	Si/no
...	...
Polígono m	Si/no
...	...
Parque tecnológico 1	Si/no
...	...
Parque tecnológico p	Si/no

Tabla 35. Sistema de evaluación propuesto para el indicador coche compartido.

Y se puntuarían de la siguiente manera:

<i>Porcentaje de zonas con plataforma propia</i>	<i>Puntuación</i>
0%	0
$0 < \text{Nº de SI-s} \leq 25\%$	0,25
$25\% < \text{Nº de SI-s} \leq 50\%$	0,5
$50\% < \text{Nº de SI-s} \leq 75\%$	0,75
$75\% < \text{Nº de SI-s} \leq 100\%$	1

Tabla 36. Sistema de puntuación propuesto para el indicador coche compartido.

Se propone darle más peso en la puntuación al aparcamiento disuasorio ya que se corresponde con una medida mucho más real, que es fruto de la gestión del tráfico en el entorno urbano y que debe ser llevada a cabo por la administración local. La puntuación máxima será $N + 2$.

Para la normalización, se considera que el sí vale “1” y el no “0”. Se suman todos los términos de la tabla y en el mejor de los casos desde el punto de vista de la sostenibilidad valdrá el valor $N+2$ y en el peor de los casos 0.

Partiendo de este conjunto de tres parámetros, se plantea el indicador correspondiente los modos no motorizados y más sostenibles, de forma que, el ochenta por ciento del peso del mismo se encuentra condicionado por la mayor necesidad de realizar labores de conexión y gestión de la oferta y demanda de peatones y bicicletas y el 20% a las otras posibles medidas relacionadas con el uso responsable del vehículo privado:

$$\text{Modos No Motorizados} = 0,4 \cdot O/D_{\text{peatones}} + 0,4 \cdot O/D_{\text{bicicletas}} + 0,2 \cdot O/D_{\text{otros}}$$

6.2.5 Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento medioambiental

A continuación se define matriz de comparación por pares del conjunto de criterios, relativos al medioambiente y que mediante la metodología A.H.P. permite obtener la asignación de pesos correspondiente a dichos criterios encargados de la valoración ponderada del requerimiento medioambiental:

Criterios de evaluación del requerimiento Medioambiental

Criterio: Calidad del Aire

Criterio: Emisiones GEI

Criterio: Reparto Modal

Criterio: Modos No motorizados y más sostenibles

Tabla 37. Criterios de evaluación para el requerimiento medioambiental.

	ICA	GEI	Reparto Modal	Modos Mas Sostenibles
ICA	1,00	1,00	1/5	3,00
GEI	1,00	1,00	1/5	3,00
Reparto Modal	5,00	5,00	1,00	6,00
Modos Mas Sostenibles	1/3	1/3	1/6	1,00

Tabla 38. Matriz de comparación por pares de Saaty.

	Vector (w)
Criterio "1"	0,16
Criterio "2"	0,16
Criterio "3"	0,62
Criterio "4"	0,07

Tabla 39. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.

<i>Análisis de la consistencia del proceso de asignación de pesos</i>	
C.I.= $(\lambda_{max}-n)/(n-1)=$	0,05676611
R.I.=	0,882
C.R.=	0,064360665 < 0,1

Tabla 40. Resultados del análisis de consistencia.

La solución representada en el árbol jerarquizado correspondiente al requerimiento medioambiental, que recoge los resultados del vector de pesos que se encuentran asociados a cada criterio, es el recogido en la Figura 31:

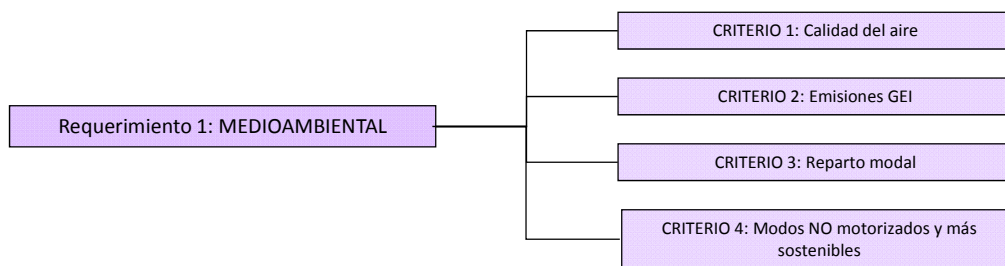


Figura 31. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento ambiental.

6.3 REQUERIMIENTO 2: ECONÓMICO

6.3.1 Criterio 1: crecimiento del transporte

Se pretende desvincular el desarrollo económico del incremento de demanda de transporte. Se trata de un objetivo de alcance general, ya recogido como fundamento de “Libro blanco del transporte de la unión Europea”, y que implica la desvinculación de la tendencia de crecimiento del transporte del crecimiento del PIB/VAB. Un transporte sostenible implica crecimientos menores a los del PIB/VAB.

Para poder obtener una medida de esta posible desvinculación se propone la siguiente metodología:

- i. Definir el periodo de tiempo de interés (un año, dos, etc.)
- ii. Dentro de ese periodo ver evolución de: VAB del sector transporte y del total de la economía (tasa de variación interanual) para la zona en estudio.

Una vez vista la evolución se propone el siguiente método de puntuación Tabla 41:

<i>VAB del sector transporte y del total de la economía</i>	<i>Puntos</i>
Crecimiento del transporte 2 puntos por encima del Crecimiento de la economía	0
Crecimiento del transporte 1 punto por encima del Crecimiento de la economía	1
Crecimiento del transporte menos de 1 punto por encima del Crecimiento economía	2
Crecimiento del transporte = Crecimiento economía	3
Crecimiento del transporte menos de 1 punto por debajo del Crecimiento de la economía	4
Crecimiento del transporte 1 punto por debajo del Crecimiento de la economía	5
Crecimiento del transporte 2 puntos por debajo del Crecimiento de la economía	6

Tabla 41. Sistema de puntuación propuesto para el criterio crecimiento del transporte.

La normalización se conseguirá con una función lineal.

6.3.2 Criterio 2: consumo energético

Se pretende que en lo referente al transporte de viajeros se produzca una notable disminución del uso del vehículo privado a favor del TP (autobuses, o metro y ferrocarril de cercanías en caso de que exista esa posibilidad), ello debería traducirse en una disminución del consumo de energía del transporte y una disminución de los gasoleos/gasolinas en favor de biocarburantes y energía eléctrica en el reparto del consumo de energías.

En lo referente al transporte de mercancías, a nivel general se tiende a un trasbalse de movimientos de la carretera al ferrocarril y al transporte marítimo, pero esta medida tendrá mayor influencia en el transporte interregional ya que el último escalón de la cadena del transporte de mercancías se realizará mediante camiones/camionetas, intentando que sus consumos sean lo más eficientes posibles.

Para poder evaluar la sostenibilidad del consumo energético del transporte habrá que tener en cuenta las siguientes cuestiones:

- i. Consumo del sector por energías.
- ii. Intensidad energética (Consumo energético/PIB), ya que esto nos indicará el aumento o disminución del consumo relacionado con la situación económica del momento, ya que puede disminuir el consumo debido a una etapa de recesión en la que también disminuye la actividad. Se tomaría un periodo de tiempo y se observaría su evolución.

Una vez vista la evolución y el consumo del sector por energías se propone el siguiente método de puntuación para el consumo del sector por energías y para la intensidad energética, Tabla 42 y Tabla 43. Una vez calculados los puntos, se propone una función de normalización lineal donde la puntuación máxima de 6 se corresponde con la unidad en la función normalizada.

<i>Consumo del sector por energías</i>	<i>Puntos</i>
Gasoleo/gasolina $\geq 95\%$	0
$95\% >$ Gasoleo/gasolina $\geq 93\%$	0.5
$93\% >$ Gasoleo/gasolina $\geq 90\%$	1
$90\% >$ Gasoleo/gasolina $\geq 85\%$	1.5
$85\% <$ Gasoleo/gasolina	2

Tabla 42. Sistema de puntuación propuesto para el consumo del sector por energías.

<i>Intensidad energética</i>	<i>Puntos</i>
Aumento de la intensidad energética ≥ 3 ptos	0
3 ptos $>$ Aumento de la intensidad energética ≥ 2 ptos	0.5
3 ptos $>$ Aumento de la intensidad energética ≥ 2 ptos	1
2 ptos $>$ Aumento de la intensidad energética ≥ 1 ptos	1.5
1 ptos $>$ Aumento de la intensidad energética ≥ 0 ptos	2
1 ptos $>$ Disminución de la intensidad energética ≥ 0 ptos	2.5
2 ptos $>$ Disminución de la intensidad energética ≥ 1 ptos	3
2 ptos $>$ Disminución de la intensidad energética ≥ 3 ptos	3.5
Disminución de la intensidad energética ≥ 3 ptos	4

Tabla 43. Sistema de puntuación propuesto para la intensidad energética del transporte.

6.3.3 Criterio 3: costes del transporte urbano

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, cada vez son más las ciudades y regiones que están optando por estrategias de transporte basadas en incentivos para generar ingresos locales y aliviar los problemas de congestión y del medio ambiente en áreas urbanas. A nivel local los instrumentos más importantes que se están implementando son:

- i. Recargos sobre medidas nacionales o federales.
- ii. Tarifas de estacionamiento.
- iii. Tarifación de vías urbanas y por congestión.

Se propone el siguiente método de puntuación que tenga en cuenta todas las medidas mencionadas:

<i>COSTES DEL TRANSPORTE URBANO</i>	<i>Puntos</i>
Recargos Sobre medidas nacionales:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gravámenes diferenciados localmente en los impuestos de vehículos. ▪ Tarifación adicional de caminos locales. 	0,5 por cada medida.
Tarifas de estacionamiento:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Área/zona ▪ Hora del día ▪ Día calendario ▪ Duración de la estancia 	2 si existe alguna de estas medidas
Tarifación de vías urbanas y por congestión:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tarifación de cordón o permisos por zonas ▪ Peajes dependiendo de la hora en rutas individuales 	0,5 si existe alguna de estas medidas

Tabla 44. Sistema de puntuación propuesto para los costes del transporte.

Suponiendo que la zona urbana en estudio está dividida en “n” subzonas, en cada una de ellas se obtendrá una puntuación en función de las medidas adoptadas. Después se sumarán las puntuaciones de todas las subzonas para obtener una única puntuación para la zona de estudio y la normalización se conseguirá con una función lineal.

6.3.4 Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento económico

A continuación, tal y como se hizo en el requerimiento Medioambiental, se define la matriz de comparación por pares del conjunto de criterios relativos a la economía y que mediante la metodología A.H.P. permite obtener la asignación de pesos correspondiente a dichos criterios encargados de la valoración ponderada del requerimiento económico:

<i>Criterios de evaluación del requerimiento Económico</i>
Criterio: Crecimiento del transporte
Criterio: Consumo energético
Criterio: Costes del transporte urbano

Tabla 45. Criterios de evaluación para el requerimiento económico.

	Crecimiento económico	Consumo energético	Costes del transporte urbano
Crecimiento económico	1,00	0,50	0,33
Consumo energético	2,00	1,00	0,33
Costes del transporte urbano	3,00	3,00	1,00

Tabla 46. Matriz de comparación por pares de Saaty.

	Vector (w)
Criterio "1"	0,16
Criterio "2"	0,25
Criterio "3"	0,59

Tabla 47. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.

<i>Análisis de la consistencia del proceso de asignación de pesos</i>	
C.I.= $(\lambda_{max}-n)/(n-1)=$	0,035185185
R.I.=	0,525
C.R.=	0,0670194 < 0,1

Tabla 48. Resultados del análisis de consistencia.

La solución representada en el árbol jerarquizado correspondiente al requerimiento económico, que recoge los resultados del vector de pesos que se encuentran asociados a cada criterio, queda como se representa en la figura Figura 32:

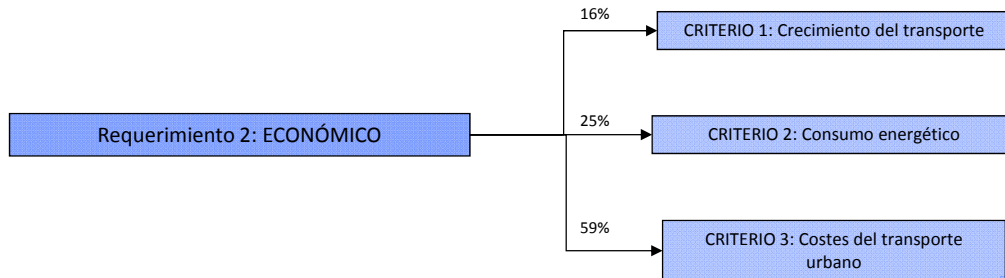


Figura 32. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento económico.

6.4 REQUERIMIENTO 3: SOCIAL

6.4.1 Criterio 1: seguridad

Existe una relación directa entre el número de accidentes de circulación que se producen en determinada zona y el uso del transporte privado. Si se consigue disminuir la accidentalidad se estará contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y se estará encaminado en la consecución de un transporte urbano más sostenible.

Para ello, se propone obtener en el entorno urbano de estudio la evolución para un determinado periodo de tiempo de: Mortalidad viaria, víctimas graves y siniestralidad peatonal. Cuantos más accidentes y más víctimas (heridos o fallecidos) haya menos sostenible será el transporte. Los sistemas de puntuación de los tres parámetros a evaluar son los indicados en las Tabla 49 a Tabla 51. La máxima puntuación posible será de 6 puntos y a continuación se realizará una normalización mediante una función lineal.

<i>Evolución del número de accidentes</i>	<i>Puntos</i>
Aumento del nº de accidentes >10%	0
Aumento del nº de accidentes ≤10%	0.5
Mismo nº de accidentes	1
Disminución del nº de accidentes ≤10%	1.5
Disminución del nº de accidentes >10%	2

Tabla 49. Sistema de puntuación propuesto para la evolución del número de accidentes.

<i>Evolución del nº de accidentes con víctimas</i>	<i>Puntos</i>
Aumento del nº de accidentes CON víctimas >10%	0
Aumento del nº de accidentes CON víctimas ≤10%	0.5
Mismo nº de accidentes CON víctimas	1
Disminución del nº de accidentes CON víctimas ≤10%	1.5
Disminución del nº de accidentes CON víctimas >10%	2

Tabla 50. Sistema de puntuación propuesto para la evolución del número de accidentes con víctimas.

<i>Evolución del nº de atropellos</i>	<i>Puntos</i>
Aumento del nº de atropellos >10%	0
Aumento del nº de atropellos ≤10%	0.5
Mismo nº de atropellos	1
Disminución del nº de atropellos ≤10%	1.5
Disminución del nº atropellos >10%	2

Tabla 51. Sistema de puntuación propuesto para la evolución del número de atropellos.

6.4.2 Criterio 2: ruido

Se trata de medir el grado de bienestar que proporcionan al usuario los distintos modos de transporte a su disposición. Para ello, se deberían de tener en cuenta los Niveles de ruido debidos al tráfico. Normalmente, dentro de un entorno urbano el tráfico viario suele ser claramente el que causa mayor afección en la aglomeración en términos de población afectada.

En la Figura 33 se representan los decibelios que producen distintas actividades y donde estaría el umbral de los decibelios propuesto por la OMS al aire libre durante 24h de noche (55 dB) y para el día ese valor sería algo mayor (ascendería hasta los 65 dB-s).

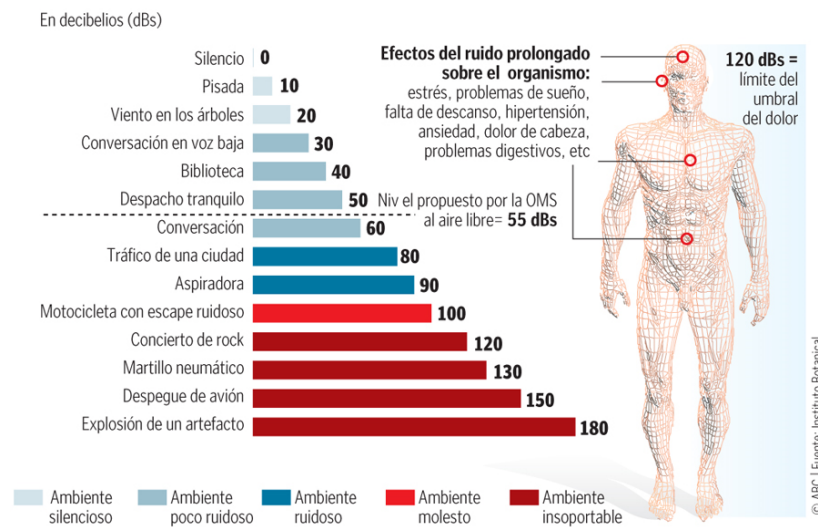


Figura 33. Salud y niveles de ruido.

De los mapas de ruido elaborados para un determinado entorno urbano, se pueden obtener dentro de cada subzona S_{ij} en la que se ha subdividido el entorno, a que niveles de ruido está expuesta la población. Los rangos son los propuestos por la Organización mundial de la Salud (Tabla 52):

Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4	Rango 5	Rango 6
<40 dB	≥40-45(dB)	>45-50(dB)	>50-55(dB)	>55-60(dB)	> 60 dB

Tabla 52. Rangos propuestos por la OMS para el ruido nocturno.

En función del porcentaje de población expuesta en los distintos rangos se propone la siguiente cuantificación del nivel de confort acústico: Si “n” es número de subzonas

en las que se ha dividido el entorno urbano, se propone el siguiente sistema de puntuación (Tabla 53):

<i>Identificación de rango máximo</i>	<i>Puntos</i>
Número de subzonas cuyo rango máximo de dB-s es el 6	1 punto por cada subzona
Número de subzonas cuyo rango máximo de dB-s es el 5	0,8 punto por cada subzona
Número de subzonas cuyo rango máximo de dB-s es el 4	0.6 punto por cada subzona
Número de subzonas cuyo rango máximo de dB-s es el 3	0.4 punto por cada subzona
Número de subzonas cuyo rango máximo de dB-s es el 2	0,2 punto por cada subzona
Número de subzonas cuyo rango máximo de dB-s es el 1	0 punto por cada subzona

Tabla 53. Sistema de puntuación para el nivel de ruido.

El peor escenario será aquel en el que todas las subzonas tengan población en zona 6, que significará que todos tendrán algún corredor que los atraviese, y en ese caso la puntuación obtenida será “n”. La normalización se hará mediante la una función lineal.

Además habrá que tener en cuenta el porcentaje de población al que afectan estos niveles de ruido. Puesto que los valores más restrictivos son los de la noche, además de ser los ruidos que más afectan a ser humano ya que influyen en el descanso nocturno, se tendrá en cuenta la población que excede por encima de los 55 dB marcados por la OMS (Tabla 54):

<i>Intervalos de población afectada</i>	<i>Puntos</i>
0 - 10 %	0
10 – 15 %	0.5
15 – 20 %	1
20 – 25%	1.5
25 -30 %	2
30 – 40 %	3
40 – 50 %	4
50 – 60 %	5
≥ 60%	6

Tabla 54. Sistema de puntuación para el porcentaje de población afectada.

En el peor de los escenarios, la puntuación obtenida será de seis. La normalización se hará mediante una función lineal.

Para tener en cuenta la influencia del ruido del tráfico, se combinarán ambos resultados de la siguiente manera, dando mayor peso al porcentaje de población afectada por encima de nivel de ruido recomendado por la OMS:

$$\text{Ruido} = 0,3 \text{ Rango máximo de ruido} + 0,7 \text{ Población afectada}$$

6.4.3 Criterio 3: confortabilidad del transporte público

Los indicadores seleccionados para medir como percibe el usuario la comodidad de un modo de transporte son el tiempo de viaje, la frecuencia y el número de transbordos que tenga que realizar en caso de que el viaje se realice en TP.

6.4.3.1 Relación de tiempos de viaje en TP y vehículo privado.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad lo ideal será que el usuario elija el TP dejando a un lado el vehículo privado. Para poder evaluar este indicador se propone construir una matriz de comparación entre tiempos en TP (bus sobre todo) y tiempos en vehículo privado para cada viaje entre las distintas subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano en estudio.

	Subzona 1	Subzona 2	...	Subzona n
Subzona 1	T_{11}	T_{12}	...	T_{1n}
Subzona 2	T_{21}	T_{22}	...	T_{2n}
...
Subzona n	T_{n1}	T_{n2}	...	T_{nn}

Tabla 55. Matriz de relación de tiempos de viaje para TP y vehículo privado.

Siendo T_{ij} la relación entre el tiempo de viaje en TP y vehículo privado desde la subzona “i” a la subzona “j” Los términos de la diagonal principal, T_{ii} , representan el valor de la mencionada relación pero dentro de la subzona en cuestión.

Si se asume como valor límite de $T_{ij} = 1,5$ para que el usuario se decante a favor del transporte público, se propone evaluar dicho indicador mediante el siguiente sistema de puntuación (Tabla 56). Siendo “n” en número de subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano, a continuación se calcula un valor medio para cada subzona de las relaciones entre tiempos de viaje en TP y vehículo privado T_i (Tabla 55):

<i>Subzona</i>	<i>Relación Media T_i</i>
Subzona 1	T_1
Subzona 2	T_2
Subzona 3	T_3
...	...
Subzona “n”	T_n

Tabla 56. Media de las relaciones entre tiempos en TP y tiempos en transporte privado.

Si se llama T_i a la media de las relaciones entre tiempos en TP y tiempos en transporte privado de todas las líneas que unen la subzona “i” al resto de subzonas, a continuación, se propone el siguiente sistema de puntuación en función de los distintos valores obtenidos para cada T_i (Tabla 57):

<i>Relación entre tiempos de viaje del TP y vehículo privado</i>	<i>Puntos</i>
0 - 10 % de los valores de T_i son > 1.5	0
10 - 20 % de los valores de T_i son > 1.5	0.5
20 - 30 % de los valores de T_i son > 1.5	1
30 - 40 % de los valores de T_i son > 1.5	1.5
40 - 50 % de los valores de T_i son > 1.5	2
50 - 60 % de los valores de T_i son > 1.5	3
60 - 70 % de los valores de T_i son > 1.5	4
70 - 80 % de los valores de T_i son > 1.5	5
$\geq 80\%$ de los valores de T_i son > 1.5	6

Tabla 57. Sistema de puntuación propuesto para la relación de tiempos de viaje.

Una vez obtenido el valor de la puntuación para T, la normalización se hará mediante una función lineal.

6.4.3.2 Número de trasbordos en TP.

El número de trasbordos que se tengan que realizar a la hora de desplazarse desde la subzona “i” hasta la “j” también juega un papel importante a la hora de evaluar la confortabilidad que percibe el usuario. Se propone evaluar dicho indicador rellenando la siguiente matriz teniendo en cuenta que:

- i. La diagonal principal estará compuesta por ceros (los trasbordos dentro de una misma subzona no tienen mucho sentido).
- ii. El resto de términos representarán el número de trasbordos necesarios en TP para desplazarse desde la zona “i” a la “j”. En caso de que sean más de dos, se pondrá un dos, ya que en ese caso se correspondería con una opción no válida.

	Subzona 1	Subzona 2	...	Subzona n
Subzona 1	S_{11}	S_{12}	...	S_{1n}
Subzona 2	S_{21}	S_{22}	...	S_{2n}
...
Subzona n	S_{n1}	S_{n2}	...	S_{nn}

Tabla 58. Matriz de trasbordos para viajes en TP entre subzonas.

Una vez que se ha obtenido la matriz, se suman todos los términos de la matriz. El valor máximo de la puntuación será $n \cdot [2 \cdot (n - 1)]$ y para la normalización se utilizará una función lineal.

6.4.3.3 Frecuencia de las líneas de TP

Por último, en lo referente a la confortabilidad, se tendrán que tener en cuenta la frecuencia de las líneas de TP que unen las distintas subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano. Para ello, del mismo que se han construido las matrices para evaluar los tiempos de viaje y el número de transbordos entre cada par de subzonas, se propone construir una nueva matriz con las frecuencias de las líneas que unen las distintas subzonas (Tabla 59):

	Subzona 1	Subzona 2	...	Subzona n
Subzona 1	F_{11}	F_{12}	...	F_{1n}
Subzona 2	F_{21}	F_{22}	...	F_{2n}
...
Subzona n	F_{n1}	F_{n2}	...	F_{nn}

Tabla 59. Matriz de frecuencias para viajes en TP entre subzonas.

Siendo “n” en número de subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano, para cada una de ellas se calcula un valor medio de la frecuencia F_i de todas las líneas que salen de las subzona “i” al resto de subzonas y que dará una idea del grado de confortabilidad que tiene cada subzona respecto al resto (Tabla 60). Si se asume como valor límite de la frecuencia 10 minutos, partir de este valor se proponen los siguientes tramos (Tabla 61):

<i>Subzona i</i>	<i>Valor medio de las frecuencias para la subzona “i”</i>
Subzona 1	F_1
Subzona 2	F_2
...	...
Subzona n	F_n

Tabla 60. Media de las frecuencias en TP.

<i>Frecuencia TP de una subzona respecto a las demás</i>	<i>Puntos</i>
Fij ≤ 10 min	1
10 min < Fij ≤ 20 min	0.75
20 min < Fij ≤ 30 min	0.5
30 min < Fij ≤ 60 min	0.25
Fij > 60 min	0

Tabla 61. Sistema de puntuación propuesto para las frecuencias del TP.

La puntuación que se corresponde con la sostenibilidad máxima será “n”, siendo “n” el número de subzonas en las que se ha dividido el entorno y la normalización se realizará con una función lineal. Partiendo de este conjunto de tres indicadores, se plantea el criterio correspondiente a la confortabilidad, dando más peso a la influencia de la relación entre tiempos de viaje del TP y del vehículo privado (50%), a continuación a la frecuencia (30%) y por último a los transbordos (20%).

$$\text{Confortabilidad} = 0,5 \text{ Relación tiempos de viaje} + 0,2 \text{ Transbordos} + 0,3 \text{ frecuencia TP}$$

6.4.4 Criterio 4: accesibilidad

Lograr una accesibilidad universal y sostenible es un objetivo fundamental cuya consecución permite que se satisfagan las necesidades básicas de movilidad, que demandan tanto las personas como las mercancías, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Se debe procurar una accesibilidad asequible a todos los grupos sociales, y que se desarrolle en clave de eficiencia, evitando la siniestralidad y ofreciendo libertad de modo de transporte.

A la hora de evaluar la accesibilidad, se proponen tener en cuenta las siguientes variables:

- i. Accesibilidad parque móvil (% vehículos adaptados).
- ii. Porcentaje de líneas con acceso a bicicletas.
- iii. Existencia de distintas tarjetas de transporte.

Una vez obtenidos los datos, el sistema de puntuación que se propone es el siguiente (Tabla 62):

<i>Accesibilidad</i>	<i>Puntos</i>
Accesibilidad parque móvil (% vehículos adaptados):	
▪ 100 -90 %	▪ 1 punto
▪ 90 – 80 %	▪ 0.75 puntos
▪ 80 – 70 %	▪ 0.5 puntos
▪ 70 – 50 %	▪ 0.25 puntos
▪ ≤ 50 %	▪ 0 puntos
Líneas que dan servicio a las zonas altas del entorno urbano con acceso a bicicletas:	
▪ 100 -80 % sin límite de horarios	▪ 0.5 punto
▪ 100 – 80 % con límite de horarios	▪ 0.45 punto
▪ 80 – 60 % sin límite de horarios	▪ 0.4 punto
▪ 80 – 60 % con límite de horarios	▪ 0.35 punto
▪ 60 – 50 % sin límite de horarios	▪ 0.3 punto
▪ 60 – 50 % con límite de horarios	▪ 0.25 punto
▪ 50 – 30 % sin límite de horarios	▪ 0.2 punto
▪ 50 – 30 % con límite de horarios	▪ 0.15 punto
▪ 30 - 10 % sin límite de horarios	▪ 0.1 punto
▪ 30 - 10 % con límite de horarios	▪ 0.05 punto
▪ Menos del 10%	▪ 0 puntos
Existencia de distintas tarjetas de transporte:	
▪ Ahorro ≥ 50% del precio del billete ordinario.	▪ 1 punto
▪ 50% < Ahorro ≤ 40 %	▪ 0.8 puntos
▪ 40% < Ahorro ≤ 30 %	▪ 0.6 puntos
▪ 30% < Ahorro ≤ 20 %	▪ 0.4 puntos
▪ 20% < Ahorro ≤ 10 %	▪ 0.2 puntos
▪ 10% < Ahorro ≤ 0 %	▪ 0 puntos

Tabla 62. Sistema de puntuación propuesto para la accesibilidad del TP.

Con la puntuación obtenida, la normalización se realizará mediante una función lineal, la mejor puntuación posible asciende a 2,5 puntos que se corresponderán con la unidad en el proceso de normalización.

6.4.5 ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento social

A continuación se define matriz de comparación por pares del conjunto de criterios, relativos al medioambiente y que mediante la metodología A.H.P. permite obtener la

asignación de pesos correspondiente a dichos criterios encargados de la valoración ponderada del requerimiento social:

<i>Criterios de evaluación del requerimiento Social</i>
Criterio: Seguridad
Criterio: Ruido
Criterio: Confortabilidad
Criterio: Accesibilidad

Tabla 63. Criterios de evaluación para el requerimiento medioambiental.

	Seguridad	Ruido	Confortabilidad	Accesibilidad
Seguridad	1	3	1	2,00
Ruido	1/3	1	1/3	0,50
Confortabilidad	1	3	1	2
Accesibilidad	0,5	2	0,5	1

Tabla 64. Matriz de comparación por pares de Saaty.

	Vector (w)
Criterio "1"	0,35
Criterio "2"	0,11
Criterio "3"	0,35
Criterio "4"	0,19

Tabla 65. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.

<i>Análisis de la consistencia del proceso de asignación de pesos</i>	
C.I.= $(\lambda_{\max}-n)/(n-1)=$	0,00406021
R.I.=	0,882
C.R.= $0,004603413$	$< 0,1$

Tabla 66. Resultados del análisis de consistencia.

La solución representada en el árbol jerarquizado correspondiente al requerimiento social, que recoge los resultados del vector de pesos que se encuentran asociados a cada criterio, como se representa en la Figura 34:

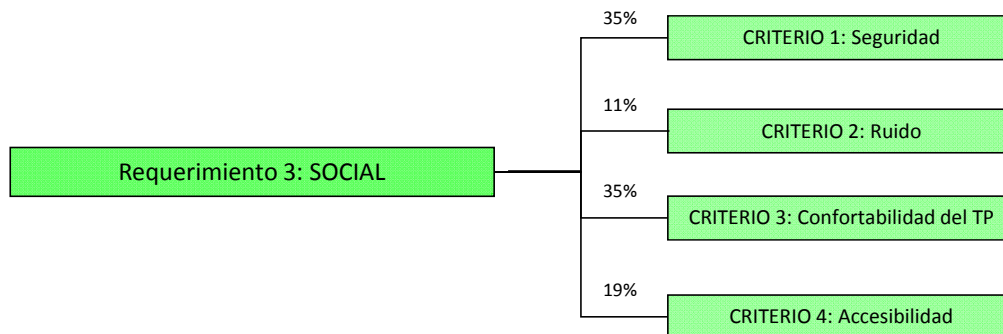


Figura 34. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento social.

6.5 REQUERIMIENTO: MODELO URBANO

6.5.1 Criterio 1: modelo urbano

Aunque el objetivo sea medir la sostenibilidad del transporte en un determinado entorno urbano, este se encuentra completamente relacionado con el modelo urbano en el que funcione. Por ejemplo, la eficiencia del transporte público colectivo es función de la compacidad del entorno, ya que el TP que se ponga en marcha estará al servicio de un mayor número de ciudadanos. Es decir, tal y como se mencionó con anterioridad interesan la ciudad compacta es más sostenible que la difusa, aprovecha mejor todo tipo de recursos, y entre ellos el transporte.

Para poder medir el modelo urbano se proponen los siguientes indicadores:

6.5.1.1 Suelo urbanizado

Se considera suelo urbanizado la suma de la superficie de suelo clasificado como “urbano” y de suelo clasificado como “urbanizable ejecutado”. El indicador recoge el porcentaje de superficie urbanizada en relación con la superficie total del municipio, siendo la tendencia deseable el mantenimiento.

6.5.1.2 *Suelo artificializado*

Suelo artificializado es el término utilizado para designar la acción de consumo o de ocupación de suelo con el fin de construir viviendas, infraestructuras o equipamientos. Bajo el concepto de “artificialización” se describen acciones que llevan implícitas la impermeabilización del suelo. En términos generales, artificialización resulta equivalente al concepto técnico de “ocupación irreversible del terreno”. Dentro del concepto de suelo artificializado se incluye: todo el suelo urbano, excluyendo los principales parques urbanos de la ciudad, las infraestructuras viarias y equipamientos públicos y privados, la superficie ocupada por industrias especiales, las huertas en suelo rústico, y las edificaciones en suelo rústico. La tendencia deseable es la estabilización.

6.5.1.3 *Intensidad de uso del suelo residencial*

Este indicador refleja cuál es el número de habitantes en suelo residencial por hectárea de suelo residencial, siendo la tendencia deseable el mantenimiento e incluso el incremento, considerando como un escenario aceptable en términos de sostenibilidad una horquilla de entre 160 y 400 habitantes por hectárea.

6.5.1.4 *Compacidad Urbana*

El índice de compacidad urbana muestra la relación entre el número de viviendas en suelo urbano y la superficie total de suelo urbano del municipio. Es una aproximación a la idea de eficiencia edificatoria con relación al consumo de suelo. Teniendo en cuenta que las características orográficas y morfológicas vienen determinando, entre otras cuestiones, el tejido urbano de la ciudad, un rango que oscile entre 60 y 150 viviendas por hectárea puede ser un modelo urbano de referencia.

Una vez definidos los indicadores, el sistema de puntuación que se propone es el de la Tabla 67. Una vez calculada la puntuación obtenida la normalización se realizará mediante una función lineal.

<i>Modelo Urbano</i>	<i>Puntos</i>
▪ Suelo Urbanizado (%):	
Aumento.	0 puntos
Mantenimiento o disminución.	0,25 punto
▪ Suelo artificializado:	
Aumento.	0 puntos
Mantenimiento o disminución	0,25 punto
▪ Intensidad de uso del suelo residencial (habitantes/Ha):	
habitantes/Ha < 160	0
160 ≤ habitantes/Ha < 220	0,5
220 ≤ habitantes/Ha < 280	1
280 ≤ habitantes/Ha < 340	1,5
340 ≤ habitantes/Ha < 400	2
habitantes/Ha ≥ 400	2,5
▪ Compacidad urbana:	
Viviendas/Ha < 60	0
60 ≤ Viviendas/Ha < 90	0,5
90 ≤ Viviendas/Ha < 120	1
120 ≤ Viviendas/Ha < 150	1,5
Viviendas/Ha ≥ 150	2

Tabla 67. Sistema de puntuación para el Modelo urbano.

6.5.2 Criterio 2: características de la red de transporte

Este criterio trata de cuantificar como es la red de transporte que hay en funcionamiento en el entorno urbano de estudio. Las variables a cuantificar en este caso serían:

6.5.2.1 Superficie destinada a infraestructuras de transporte y comunicaciones (%)

Porcentaje de superficie del municipio destinada a infraestructuras de transporte y comunicaciones sobre la superficie total del mismo. Se trataría de ver la evolución del porcentaje mencionado en un determinado periodo de tiempo (por ejemplo 5 años).

6.5.2.2 Superficie destinada a carreteras (%)

Porcentaje de superficie del municipio destinada a infraestructuras viarias sobre la superficie total del mismo. Igual que en el caso anterior, se trataría de ver la evolución del porcentaje mencionado en un determinado periodo de tiempo (por ejemplo 5 años).

6.5.2.3 Red de bidegorris (km-s por cada 10000 habitantes).

Longitud de la red de carriles bici que discurren por el municipio, kilómetros por cada 10.000 habitantes. Habría que ver la evolución de los mismos para un periodo de tiempo.

6.5.2.4 Oferta red bus segregada

Relación entre los km-s de red de bus y km-s de red con carril bus (en ambos casos sin superposiciones). Obteniendo esta relación se calcula en que porcentaje de la red por la que circulan los autobuses tienen que circular con el resto del tráfico.

Una vez definidos los indicadores, el sistema de puntuación que se propone es el de la Tabla 68 y la normalización se realizará mediante una función lineal.

<i>Características de la red de transporte</i>	<i>Puntos</i>
<u>Superficie destinada a infraestructuras de transporte y comunicaciones (%):</u>	
Aumenta	0 puntos
Se mantiene o Disminuye	1 punto
<u>Superficie destinada a carreteras (%):</u>	
Aumenta	0 punto
Se mantiene o Disminuye	1 puntos
<u>Red de bidegorris (km-s por cada 10000 habitantes):</u>	
Aumenta	1 punto
Se mantiene o disminuye	0 puntos
<u>Oferta red bus segregada:</u>	
0% ≤ Red segregada < 10 %	0 puntos
10% ≤ Red segregada < 20 %	0,5 puntos
20% ≤ Red segregada < 30 %	1 puntos
30% ≤ Red segregada < 50 %	1,5 puntos
50% ≤ Red segregada < 75 %	2 puntos
70% ≥ Red segregada	3 puntos

Tabla 68. Sistema de puntuación características de la red de transporte.

6.5.3 Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento social

A continuación se define matriz de comparación por pares del conjunto de criterios, relativos al modelo urbano y que mediante la metodología A.H.P. permite obtener la asignación de pesos correspondiente a dichos criterios encargados de la valoración ponderada del requerimiento Modelo Urbano.

Criterios de evaluación del requerimiento Modelo Urbano

Criterio: Modelo Urbano

Criterio: Características de la red de transporte

Tabla 69. Criterios de evaluación para el requerimiento modelo urbano.

	Modelo Urbano	Características de la red de transporte
Modelo Urbano	1,00	1/3
Características de la red de transporte	3,00	1,00

Tabla 70. Matriz de comparación por pares de Saaty.

	Vector (w)
Criterio "1"	0,25
Criterio "2"	0,75

Tabla 71. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.

En este caso, al tener dos criterios el análisis de la consistencia del proceso de asignación de pesos no tiene sentido, por lo que se omite. La solución representada en el árbol jerarquizado correspondiente al requerimiento modelo urbano, que recoge los resultados del vector de pesos que se encuentran asociados a cada criterio, como se representa en la Figura 35 :

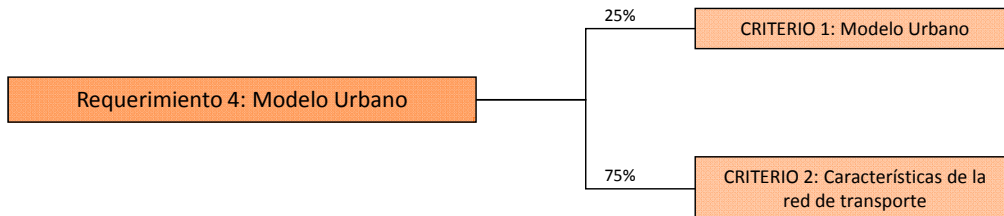


Figura 35. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento Modelo Urbano.

6.6 REQUERIMIENTO: CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE AUTOMOVILÍSTICO

6.6.1 Criterio 1: tasa de motorización

Si uno de los objetivos es que a la hora de realizar un viaje el usuario no opte por el vehículo privado un indicador de que esto sucede de esta manera será la tasa de motorización, al disminuir ésta dicha posibilidad disminuye también y viceversa, al aumentar el índice de motorización aumentará su uso.

A la hora de evaluar dicho indicador se propone tener en cuenta:

- Tasa de motorización (vehículos privados/habitante).
- Evolución de dicha tasa en los últimos cinco años

Se propone el siguiente método de puntuación (Tabla 72) y la normalización se conseguirá con una función lineal.

<i>TASA DE MOTORIZACIÓN</i>	<i>PUNTOS</i>
Evaluación del valor:	
▪ $0 \leq TM \leq 0,3$	▪ 0 puntos
▪ $0,3 < TM \leq 0,5$	▪ 0,25 puntos
▪ $0,5 < TM \leq 0,7$	▪ 0,5 puntos
▪ $0,7 < TM \leq 0,9$	▪ 0,75 puntos
▪ $TM > 0,9$	▪ 1 puntos
Evaluación de la progresión:	
▪ Disminución de la TM	▪ 0 punto
▪ Misma TM	▪ 0,5 puntos
▪ Aumento de la TM	▪ 1 puntos

Tabla 72. Sistema de puntuación para la tasa de motorización.

6.6.2 Criterio 2: tipo de vehículo

Con este indicador se va a tratar de medir como es y cómo ha ido evolucionando el parque de vehículos que forma el entorno urbano en análisis. La variable a cuantificar

en este caso sería el parque ecológico (% respecto del total) tratando de ver cómo ha evolucionado en un determinado periodo de tiempo las matriculaciones:

- i. por tramos de CO₂ emitido.
- ii. y tipo de combustible.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad lo ideal sería que el parque ecológico fuera en aumento y a su vez los la tasa de turismos fuera disminuyendo. El sistema de puntuación que se propone es el siguiente:

<i>TIPO DE VEHÍCULO</i>	<i>PUNTOS</i>
Matriculaciones por tramos CO ₂ emitidos (% del total de turismos y todo terreno):	
▪ Vehículos con emisiones <= 120:	
Aumenta	1 puntos
Se mantiene o Disminuye	0 puntos
▪ 120 < Emisiones <= 160:	
Aumenta	0,5 puntos
Se mantiene o Disminuye	0 puntos
▪ 160 <= Emisiones <=200	
Aumenta	0 puntos
Se mantiene o Disminuye	0,5 puntos
▪ Emisiones > 200:	
Aumenta	0 puntos
Se mantiene o Disminuye	1 punto
Matriculaciones por tipo de combustible:	
▪ Gasolina:	
Aumenta	0 puntos
Se mantiene	0,5 puntos
Disminuye	1 punto
▪ Diesel.	
Aumenta	0 puntos
Se mantiene	0,5 puntos
Disminuye	1 punto
▪ Eléctricos:	
Aumenta	1 puntos
Se mantiene	0,5 puntos
Disminuye	0 punto
▪ Híbridos:	
Aumenta	1 puntos
Se mantiene	0,5 puntos
Disminuye	0 punto

Tabla 73. Sistema de puntuación para el tipo de vehículo.

6.6.3 Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento características del parque automovilístico

A continuación se define matriz de comparación por pares del conjunto de criterios, relativos al medioambiente y que mediante la metodología A.H.P. permite obtener la asignación de pesos correspondiente a dichos criterios encargados de la valoración ponderada del requerimiento características del parque automovilístico.

<i>Criterios de evaluación del requerimiento Características del parque automovilístico</i>	
Criterio: Tasa de Motorización	
Criterio: Tipo de vehículo	

Tabla 74. Criterios de evaluación para el requerimiento características del parque automovilístico.

	Tasa de Motorización	Tipo de vehículo
Tasa de Motorización	1,00	1,00
Tipo de vehículo	1,00	1,00

Tabla 75. Matriz de comparación por pares de Saaty.

	Vector (w)
Criterio "1"	0,5
Criterio "2"	0,5

Tabla 76. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.

En este caso igual que en el requerimiento del modelo urbano, al tener dos criterios el análisis de la consistencia del proceso de asignación de pesos no tiene sentido, por lo que se omite. La solución representada en el árbol jerarquizado correspondiente al requerimiento características del parque automovilístico, que recoge los resultados del vector de pesos que se encuentran asociados a cada criterio, como se representa en la Figura 36:

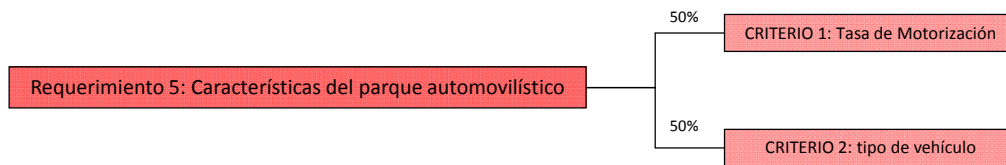


Figura 36. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento Características del parque automovilístico.

6.7 REQUERIMIENTO: REPARTO DE MERCANCÍAS

La logística de distribución de mercancías en entornos urbanos es resultado de la interacción de numerosos agentes cuyas motivaciones no están siempre alineadas y, en muchas ocasiones, tienen intereses encontrados. Los retos actuales de la DUM serán:

- i. Mejora de la calidad de vida de los ciudadanos
 - a. Disminución del ruido.
 - b. Disminución de emisiones nocivas.
 - c. Mejora movilidad ciudadana.
- ii. Mejora de los procesos
 - a. Carga y descarga de mercancías.
 - b. Optimización del reparto.
 - c. Costes de la DUM sostenible.

En relación al reparto de mercancías dentro de zonas urbanas, en el último kilómetro de la cadena de distribución, se proponen estudiar los siguientes criterios que estarán relacionados con la distribución del comercio o actividad económica en la zona de estudio.

6.7.1 Criterio 1: oferta

Teniendo en cuenta cual es la distribución de la actividad comercial; es decir, teniendo en cuenta las características del entorno urbano en cuestión, la distribución de mercancías se puede realizar de teniendo en cuenta horarios, calendarios, aplicando peajes, etc o sin ningún control. Soluciones existentes al problema de la DUM:

- i. **Mejora de la calidad de vida de los ciudadanos:** Se trata de soluciones de tipo restrictivo que impone la Administración para paliar los impactos negativos que la distribución urbana de mercancías provoca sobre los residentes de las ciudades: tráfico, contaminación, ruido, etc.
- ii. **Optimización de la distribución urbana de mercancías:** En este caso, la Administración aplica soluciones en las que tiene en cuenta los intereses de las empresas de distribución y no sólo los de los ciudadanos.
- iii. **Habilitación de espacios físicos:** Se trata de crear infraestructuras que permitan cambios en el modelo tradicional de distribución urbana de mercancías.
- iv. **Adaptación de los equipos de reparto:** Este grupo de soluciones aborda cambios en los vehículos y elementos de manutención habituales utilizados en la DUM.
- v. **Aplicación de las TICs:** Las soluciones que se encuadran en este grupo utilizan las nuevas tecnologías para mejorar los procesos DUM.
- vi. **Rediseño de los procedimientos del reparto:** Se trata de aplicar nuevos modelos de reparto que aumenten la eficacia y reduzcan los costes.

Para evaluar la oferta se propone identificar la zona con mayor actividad comercial del entorno urbano y aplicar el siguiente sistema de puntuación Tabla 77 y un sistema de normalización lineal.

<i>ACTUACION DE CONTROL</i>	<i>PUNTOS</i>
Limitación temporal en las zonas de carga y descarga	1 punto
Aumento de control de las zonas de C/D.	1 punto
Cámaras de control de acceso a las zonas de estudio.	1 punto

Tabla 77. Sistema de puntuación para actuaciones en la DUM.

6.7.2 Criterio 2: demanda

Las actividades económicas en un entorno urbano se pueden clasificar en seis grupos:

- i. Alimentación: Supermercados, pescaderías, carnicerías, panaderías, etc.
- ii. Hostelería: Hoteles, restaurantes, colegios, residencias, bares, etc.
- iii. Consumo personal: droguerías, perfumerías, tintorerías, farmacias, ópticas, etc.
- iv. Vivienda: Electrodomésticos, ferreterías, tapicerías, material de baño y cocina, muebles, etc.
- v. Ocio: Librería, papelería, relojería, juguetes, deportes, gimnasio, etc.
- vi. Heterogéneo: Agencias de viajes, mensajería, almacenes, venta de coches, autoescuelas, bancos y cajas de ahorro, etc.

Pero desde el punto de vista de la demanda de transporte que genera cada subgrupo, se podría hacer una simplificación agrupando los últimos cuatro grupos en un único que no genera tráfico diario, de forma que la clasificación de la actividad comercial quedaría de la siguiente manera (Tabla 78):

<i>Alimentación</i>	<i>Hostelería</i>	<i>Resto</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Supermercados ▪ Pescaderías ▪ Carnicerías ▪ panaderías ▪ etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hoteles, ▪ restaurantes ▪ colegios ▪ residencias ▪ bares ▪ etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo personal ▪ Vivienda ▪ Ocio ▪ Heterogéneo

Tabla 78. Sistema clasificación de la actividad comercial.

Se diferencian las mercancías perecederas de las no perecederas y se asume que generan más tráfico las mercancías perecederas. Desde el punto de vista de la sostenibilidad para el reparto de mercancías, lo ideal sería que la distribución de la actividad económica estuviera agrupada y no dispersa por todo el entorno urbano, ya que ello contribuye a dificultar la DUM.

Partiendo de la subdivisión de zonas realizada en los apartados anteriores, se propone contabilizar el tipo de actividad económica que se oferta en cada subzona (Tabla 79) y aplicarle un sistema de puntuación (Tabla 80):

	Alimentación	Hostelería	Resto
Subzona 1	Si/No	Si/No	Si/No
Subzona 1	Si/No	Si/No	Si/No
...
Subzona n	Si/No	Si/No	Si/No

Tabla 79. Sistema cuantificación de la actividad comercial.

A la hora de puntuar se propone el siguiente método:

	Alimentación	Hostelería	Resto
SI	1	0,5	0,25
NO	0	0	0

Tabla 80. Sistema puntuación de la actividad comercial.

La puntuación máxima que se podrá obtener será $n + \frac{1}{2} \cdot n + \frac{1}{4} \cdot n = \frac{7}{4} \cdot n$, siendo “n” el número de subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano que está en estudio y la normalización se hará con una función lineal.

6.7.3 Criterio 3: eficiencia

En este último apartado se pretende evaluar la existencia o no de DUM sostenible para el último kilómetro de reparto. Hasta ahora el modelo habitual de reparto ha seguido el siguiente esquema (Figura 37):

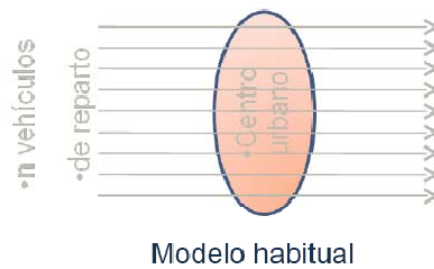


Figura 37. Modelo habitual de la DUM.

Unas posibles actuaciones para el fomento de la sostenibilidad serían:

- Mediante el emplazamiento de una miniplataforma urbana de distribución, siguiendo cualquiera de los dos modelos que se proponen, se puede obtener una mayor sostenibilidad en el último kilómetro del reparto (Figura 38)

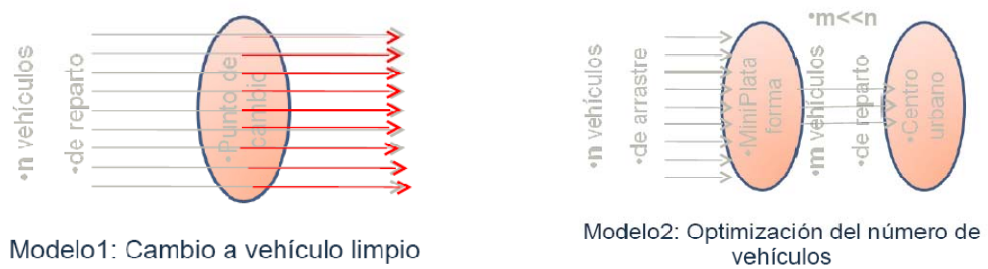


Figura 38. Dos posibles modelos para la mejora de la sostenibilidad en la DUM dentro de la última milla.

- La distribución nocturna: Sin tráfico, los problemas de movilidad se reducen, aumenta la productividad, no hay problemas de aparcamiento (incluso, en doble fila)

<i>ACTUACION DE CONTROL</i>	<i>PUNTOS</i>
Distribución ecológica de la última milla.	1 punto
Centro de distribución urbana de mercancías.	1 punto
Distribución nocturna.	1 punto

Tabla 81. Sistema puntuación de la actividad comercial.

La normalización se conseguirá con una función lineal acorde con la puntuación recibida en cada caso.

6.7.4 Ponderación del conjunto de criterios en el requerimiento reparto de mercancías

A continuación se define matriz de comparación por pares del conjunto de criterios, relativos al medioambiente y que mediante la metodología A.H.P. permite obtener la asignación de pesos correspondiente a dichos criterios encargados de la valoración ponderada del requerimiento reparto de mercancías.

<i>Criterios de evaluación del requerimiento Reparto de Mercancías</i>
Criterio: Oferta
Criterio: Demanda
Criterio: Eficiencia

Tabla 82. Criterios de evaluación para el requerimiento reparto de mercancías.

	Oferta	Demanda	Eficiencia
Oferta	1,00	3,00	1,00
Demanda	0,33	1,00	0,33
Eficiencia	1,00	3,00	1,00

Tabla 83. Matriz de comparación por pares de Saaty.

	Vector (w)
Criterio "1"	0,43
Criterio "2"	0,14
Criterio "3"	0,43

Tabla 84. Vector de pesos obtenido para el conjunto de criterios.

<i>Análisis de la consistencia del proceso de asignación de pesos</i>	
C.I.= $(\lambda_{max}-n)/(n-1)=$	0,0
R.I.=	0,525
C.R.=	0,0 < 0,1

Tabla 85. Resultados del análisis de consistencia.

La solución representada en el árbol jerarquizado correspondiente al requerimiento reparto de mercancías, que recoge los resultados del vector de pesos que se encuentran asociados a cada criterio, como se representa en la Figura 39:

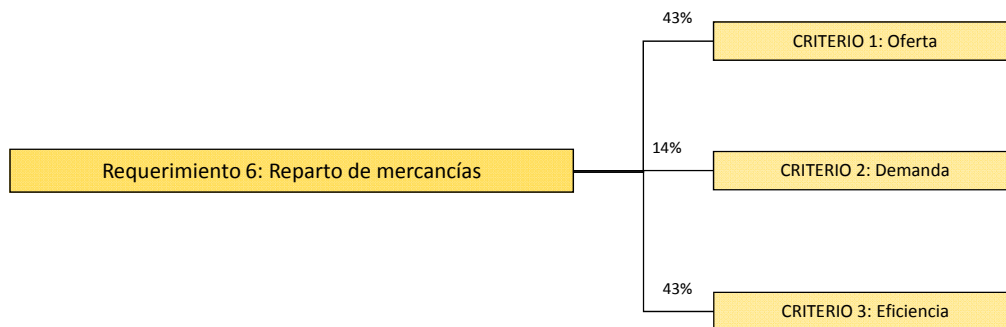


Figura 39. Sistema de ponderación de criterios asociado al requerimiento reparto de mercancías.

6.8 ARBOL JERARQUIZADO DE EVALUACION POR REQUERIMIENTOS

A continuación se plantea el árbol global de evaluación, correspondiente al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte en entornos urbanos, en el que aparecen ordenados y ponderados, el conjunto de requerimientos, todos ellos con la misma ponderación.

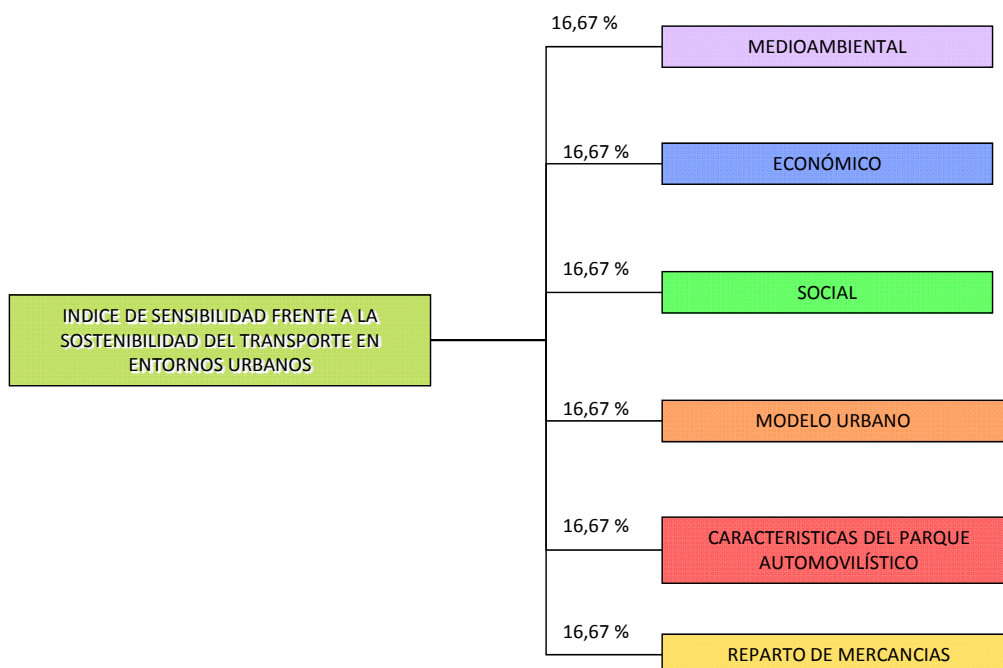


Figura 40. Sistema de ponderación de requerimientos asociado al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte en entornos urbanos.

Se podría plantear utilizar ponderaciones diferentes para los requerimientos aunque, de esta forma, en una representación gráfica de los resultados obtenidos, se ve de una forma muy rápida e intuitiva cuales son aquellos requerimientos en los cuales se puede actuar para mejorar el resultado global del índice.

7 VALIDACIÓN: APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA A DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

Donostia-San Sebastián es una ciudad y un municipio situado en el norte de España, en la costa del golfo de Vizcaya y a 20 kilómetros de la frontera con Francia. La ciudad es la capital de la provincia de Guipúzcoa, en la comunidad autónoma del País Vasco. La población del municipio es de 180.291 habitantes [5], y abarca una superficie de 60.89 km².

Sus principales actividades económicas son el comercio y el turismo, constituyendo en el pasado uno de los más famosos destinos turísticos de España. Su paisaje, dominado por la bahía de La Concha, así como su desarrollo arquitectónico moderno iniciado en la segunda mitad del siglo XIX, que configuró una ciudad de corte francés y aburguesado, propiciaron el desarrollo de la actividad turística a escala europea. Todo ello, unido a eventos internacionales como el Festival Internacional de Cine de San Sebastián, ha dado proyección exterior a la ciudad, a pesar de sus pequeñas dimensiones.

7.1 DEMOGRAFIA

La población de San Sebastián creció de manera progresiva a lo largo del siglo XX. Entre 1900 y 1930 el crecimiento fue regular, pasando a duplicarse en los apenas 35 años que separan 1930 de 1965. Este repunte en el crecimiento demográfico se vio atenuado por un menor crecimiento a partir de la década de los años 70, llegando a reducirse la población por primera vez en el siglo a finales de los años 80, como consecuencia de la caída generalizada de la natalidad en todo el país.

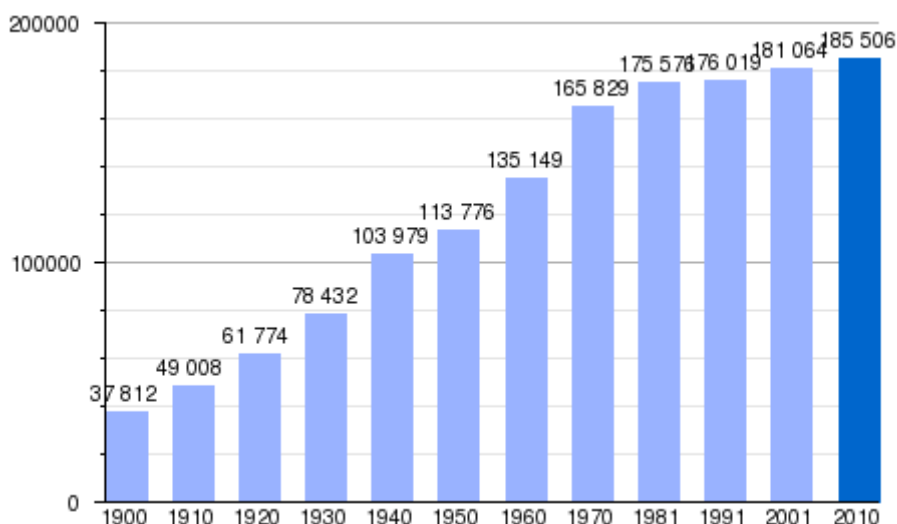


Figura 41. Gráfica de evolución demográfica de San Sebastián entre 1900 y 2010.

El crecimiento actual de la población es lento, si bien el fenómeno de la inmigración, aún incipiente en la ciudad (los inmigrantes, a 2006, llegan al 5% de los empadronados, según la Sociedad de Fomento del Ayuntamiento de San Sebastián), puede incidir en un repunte del crecimiento demográfico. Según los últimos datos, a 1 de enero de 2009, la población total es de 185.357 habitantes, de los cuales 97.192 son mujeres (53%) y 86.116 hombres (47%).

7.2 BARRIOS

A día de hoy la ciudad está dividida en 18 barrios (Figura 42), que se enumeran y describen brevemente en los siguientes subapartados [204].

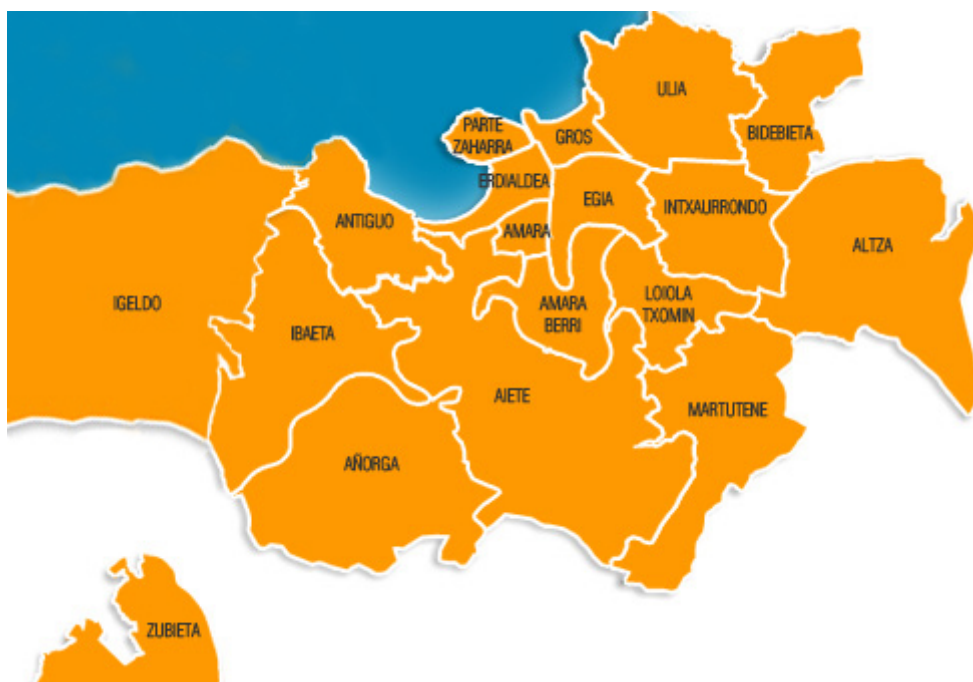


Figura 42. Barrios de Donostia-San Sebastian (Fuente: web Ayuntamiento de San Sebastián).

7.2.1 Aiete - miramon

Es un barrio en el que predomina el uso residencial del suelo, siendo la dispersión de viviendas y población una de las características de este extenso barrio. En los últimos años, los nuevos viales y viviendas construidas han cambiado mucho la configuración del mismo.

Situado en torno a la antigua carretera a Hernani, al Norte limita con Miraconcha, al este con Amara y Amara Nuevo y al oeste con el Antiguo, Ibaeta y Añorga.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	7.981
hombres	7.681
Total	15.662

Tabla 86. Composición de la población de Aiete.

7.2.2 Altza

Situado al este del término municipal, este barrio, unido a San Sebastián a lo largo de su historia, ha mantenido hasta 1.939, año de su anexión a Donostia, un municipio y una forma de administración especial. En algunos territorios que en otro tiempo fueron parte de Altza, se han creado nuevos barrios con identidad propia como Bidebieta, Intxaurreondo y Martutene.

El impresionante crecimiento demográfico y el descontrolado desarrollo urbanístico producido en la década 60-70 han influido mucho en el aspecto y sociología de este barrio. En los últimos veinte años, se ha realizado un esfuerzo especial en lo que se refiere a equipamientos, mantenimiento y transporte público pero aún se plantean problemas en materia urbanística.

Hay que resaltar la importancia que tiene en esta zona el parque de Lau Haizeta, que con su desarrollo ofrece un espacio abierto, un verdadero pulmón para los vecinos de Altza.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	10.304
hombres	10.073
Total	20.377

Tabla 87. Composición de la población de Altza.

7.2.3 Amara viejo

Limita con Aiete, Amara nuevo y el centro. Hubo un tiempo en el que existió un caserío llamado Amara donde hoy en día está ubicada la calle Amara. Fue este caserío el que le dio nombre a la calle y al barrio.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	3.633
hombres	2.895
Total	6.528

Tabla 88. Composición de la población de Amara.

7.2.4 Amara berri/ riberas de loiola

El ensanche de Amara, lo que posteriormente sería Amara Berri, comenzó a construirse en la década de los sesenta. Recientemente se ha desarrollado otros ensanches; el de Amara-Osinaga, con su continuación en Riberas de Loiola. El terreno sobre el que se asienta el barrio de Riberas de Loiola está formado por ribera de aluvión. La zona tuvo un carácter palustre, con marismas y juncas hasta que fue desecada y convertida en tierras de cultivo allá por el siglo XVII. Tras diversos planes urbanísticos, la construcción y urbanización de Riberas de Loiola se acometió en la década de 2000, siendo el barrio nuevo más significativo y extenso construido en esta ciudad. Las primeras viviendas finalizadas del barrio fueron 178 pisos en régimen de VPO que se entregaron en julio de 2006. Amara Berri y Loiola, han quedado así unidos por la construcción de Riberas de Loiola, extendiendo y fortaleciendo la trama urbana de Donostia.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	15.299
hombres	12.885
Total	28.114

Tabla 89. Composición de la población de Amara Berri/Riberas de Loiola.

7.2.5 Antigo

En este barrio que primitivamente surgió como barrio industrial y obrero, se ha producido en los últimos años un gran cambio. Los diversos equipamientos comunes - Polideportivos, el Mercado, la Casa de Cultura- contribuyen a una mayor movilidad en el barrio.

Situado al oeste de la bahía de la Concha, limita al norte por Igeldo, al suroeste por Ibaeta y al sureste por Aiete.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	8.079
hombres	7005
Total	15.084

Tabla 90. Composición de la población de Antigo.

7.2.6 Añorga

Situado al suroeste del término municipal, cuenta con una importante área rural. La implantación, ahora hace más de cien años, de la empresa Cementos Rezola S.A., dio lugar a la transformación de esta zona de caseríos en pequeña agrupación industrial. Limita al norte con Ibaeta; al este con Aiete y Martutene; al sur con los términos municipales de Hernani, Lasarte-Oria y Usurbil.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	1.104
hombres	1.073
Total	2.177

Tabla 91. Composición de la población de Añorga.

7.2.7 Bidebieta

Situado en el ámbito del antiguo término municipal de Altza, tiene hoy identidad propia y diferenciada. En los últimos años, el barrio ha conseguido equipamientos importantes.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	4.770
hombres	4.399
Total	9.169

Tabla 92. Composición de la población de Bidebieta.

7.2.8 Centro

Su delimitación responde a la idea de “ciudad central” y constituye, desde el punto de vista social y económico, el lugar de intercambio comercial y de negocio. Las especiales características de este barrio explican la necesidad y puesta en marcha de mecanismos para la preservación del patrimonio arquitectónico que contiene. Constituye el núcleo geográfico y perceptivo de Donostia, limitado por la Parte Vieja, el río Urumea, la bahía de la Concha y Amara.

Se caracteriza por la gran calidad de los edificios y por su homogeneidad, proporcionada por ser el resultado de un proceso de construcción planeado y ejecutado con gran coherencia arquitectónica y en un tiempo breve. Es un espacio altamente terciario: comercio bancos, agencias de seguros, publicidad.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	5.651
hombres	4.426
Total	10.077

Tabla 93. Composición de la población de Centro.

7.2.9 Egia

Es uno de los barrios más antiguos de Donostia, un barrio con personalidad propia y características definidas desde el punto de vista de población y sociología. La construcción de viviendas, los nuevos juzgados, el polideportivo de Zuhazti, nuevo aparcamiento, etc. completan la trama en este barrio. Teniendo como muga el río Urumea, se sitúa al norte del barrio de Loiola.

Es el río también quien le separa geográficamente de Amara Berri y el Centro, el ferrocarril del Norte y la Calzada de Egia de Gros; por el este limita con Ategorrieta e Intxaurreondo.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	8.112
hombres	6.844
Total	14.956

Tabla 94. Composición de la población de Egia.

7.2.10 Gros

Situado en la parte oriental de la ciudad, está delimitado al Norte por el Cantábrico, al sur por el barrio de Egia, al este por el Monte Ulía y al Oeste por el Río Urumea. Dos puentes le separan del centro de la ciudad, haciendo patente tanto su cercanía respecto del mismo, como su propia diferenciación e identidad.

La historia del barrio de Gros ha sido fecunda en cuanto a cambios se refiere, desde que a finales del siglo XIX se comenzara a intervenir en los extensos arenales que ocupaban la margen derecha del río.

Gradualmente ha pasado de ser un barrio fundamentalmente industrial a uno de servicios donde predomina el comercio diversificado que en la actualidad está considerado, como el segundo en importancia después del centro.

Gros ha sufrido muchos cambios en cuanto a urbanización se refiere. Podemos observar las numerosas reformas de calles, plazas y edificios, sin olvidar la playa, la renovación del Paseo de Zurriola y por supuesto la construcción del Auditorio y Palacio de Congresos y Exposiciones.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	10.726
hombres	8.716
Total	19.442

Tabla 95. Composición de la población de Gros.

7.2.11 Ibaeta

Al oeste del término municipal, al noreste limita con Arriola, Bentaberri y Lugaritz, al este con Aiete y al sur Añorga y Usurbil.

Es uno de los barrios más antiguos de San Sebastián. En los últimos años ha sufrido grandes cambios: las urbanizaciones de Errotaburu y Berio, el desarrollo del Campus y facultades universitarias, el parque empresarial de Zuatzu, los cambios de la Avenida de Tolosa, etc.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	4.897
hombres	8.716
Total	19.442

Tabla 96. Composición de la población de Ibaeta.

7.2.12 Igeldo

Igeldo está situado en el monte denominado igualmente Igeldo. Junto con Zubieta conserva su carácter de núcleo rural, aunque en las últimas décadas se han construido

numerosas edificaciones residenciales dispersas, restaurantes y el camping, que han hecho de este barrio un lugar muy visitado durante todo el año.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	547
hombres	525
Total	1.072

Tabla 97. Composición de la población de Igeldo.

7.2.13 Intxaurreondo

Se trata de un barrio caracterizado por la presencia de una población joven, de clase media en el que predominan los usos residenciales con importante vida social, como consecuencia de una buena ordenación urbanística y una presencia importante de usos comerciales locales. Parte del antiguo término municipal de Altza hasta 1.939, año de su anexión a San Sebastián, se sitúa al sur de Ategorrieta y Bidebieta, limita al este con Altza y al oeste con Egia, al sur por Ametzagaña con el barrio de Loiola.

En los últimos años ha crecido de una forma espectacular, gracias a la construcción de más de 3.500 nuevas viviendas, el acondicionamiento de gran número de zonas verdes decoradas algunas de ellas con obras de prestigiosos artistas contemporáneos.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	8.372
hombres	7.839
Total	16.211

Tabla 98. Composición de la población de Intxaurreondo.

7.2.14 Loiola/txomin-enea

El triángulo limitado por las vías del topo, la variante del Loiola y el río Urumea es el corazón del barrio. Recientemente se han abordado complejas intervenciones

urbanísticas en esta zona y actualmente se está iniciando la recuperación del río, nuevas promociones de viviendas, etc.

Al sur del barrio de Egia, su mayor parte se encuentra en la orilla izquierda del río Urumea. Limita al este con Altza e Intxaurre, al sur con Martutene; el ferrocarril del Norte y la variante le separa de Amara Nuevo.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	2.498
hombres	2.473
Total	4.962

Tabla 99. Composición de la población de Loiola/Txomin enea.

7.2.15 Martutene

Barrio de dimensiones considerables, conserva en parte rasgos de un pasado como núcleo semirural, en función de la abundancia de caseríos que aprovechaban la vega del río para huertas que abastecían los mercados de San Sebastián. Este uso junto al de residencia obrera/modesta y uso de suelos industriales caracteriza el barrio. Al sur del término municipal, al norte limita con Altza y Loiola; al oeste con el Alto de Amara, Miramón y Añorga, y al este y al sur con Hernani y Astigarraga.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	1.512
hombres	1.381
Total	2.893

Tabla 100. Composición de la población de Martutene.

7.2.16 Parte zaharra

Es el barrio más antiguo y conocido de la ciudad. Antes de 1863 este barrio que estaba rodeado de murallas era la ciudad de Donostia. Una vez que se derribaron las

murallas se empezó a construir más allá del Boulevard. Aunque en 1813 fue totalmente devastado a raíz de que Donostia fue sitiada, se mantienen las construcciones más antiguas en este barrio.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	3.373
hombres	2.710
Total	6.083

Tabla 101. Composición de la población de Parte Vieja.

7.2.17 Ulía

Se sitúa alrededor de la carretera que va de Donostia a Pasaia e Irún. De función principalmente residencial, a partir de los años 60 aparecen las primeras viviendas unifamiliares para la población acomodada y bloques aislados plurifamiliares. Nuevas dotaciones docentes, culturales y deportivas están cambiando la fisonomía de este barrio.

El Monte Ulía le protege del viento del norte; son sus límites al este Bidebieta, al sureste el Alto de Miracruz, Intxaurreondo Viejo, San Luis y Marrutxipi, al suroeste, Egia y la cuesta de Jaialai, y al noreste Gros.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	2.061
hombres	1.901
Total	3.962

Tabla 102. Composición de la población de Ulía.

7.2.18 Zubieta

Situado al suroeste, es un enclave fuera de los límites del término municipal de Donostia. Unidad socio-territorial independiente, en el pasado, Zubieta ha tenido

siempre personalidad y características propias, al tiempo que una organización administrativa especial.

Limita al norte y al oeste con el río Oria, con Usurbil en el arroyo Ameri y el monte Irisasi (Andatza); al sur con Zizurkil y Andoain por el monte Karamiolotz y el arroyo Abalotz; por el este, el río Oria le separa de Lasarte.

<i>Datos demográficos</i>	
Mujeres	149
hombres	145
Total	294

Tabla 103. Composición de la población de Zubieta.

Después de enumerar y describir brevemente las características de los barrios que componen la ciudad de Donostia-San Sebastián se va a proceder a aplicar la metodología descrita en el capítulo Anterior y a obtener un valor de la sostenibilidad del transporte en el mencionado entorno urbano, primero a todo el entorno urbano, y a continuación se seleccionarán dos barrios a los que también se les aplicará la metodología.

7.3 MOVILIDAD

A continuación, se va a proceder a explicar los rasgos más característicos de la movilidad interna del municipio donostiarra, con una componente importante de movilidad no motorizada y viajes en transporte público [205]. Para ello, se subdivide el entorno urbano en cinco áreas representadas en la Figura 43.

Según el último plan de movilidad urbana sostenible proporcionado por el ayuntamiento de la ciudad, Donostia genera alrededor de 242.000 desplazamientos de ida (1 sentido), siendo su movilidad total aproximadamente el doble (2 sentidos). La principal zona generadora de viajes se sitúa en el corredor Este (Gros, Egia,

Intxaurren, Bidebieta y Altza), coincidente con la parte de la ciudad que alberga más residencia. En este corredor se generan 109.000 desplazamientos, lo que supone un 45% del total de Donostia. Un segundo corredor de importancia en generación de viajes es el Sur (Amara, Loiola) con 51.000 viajes (Tabla 104).

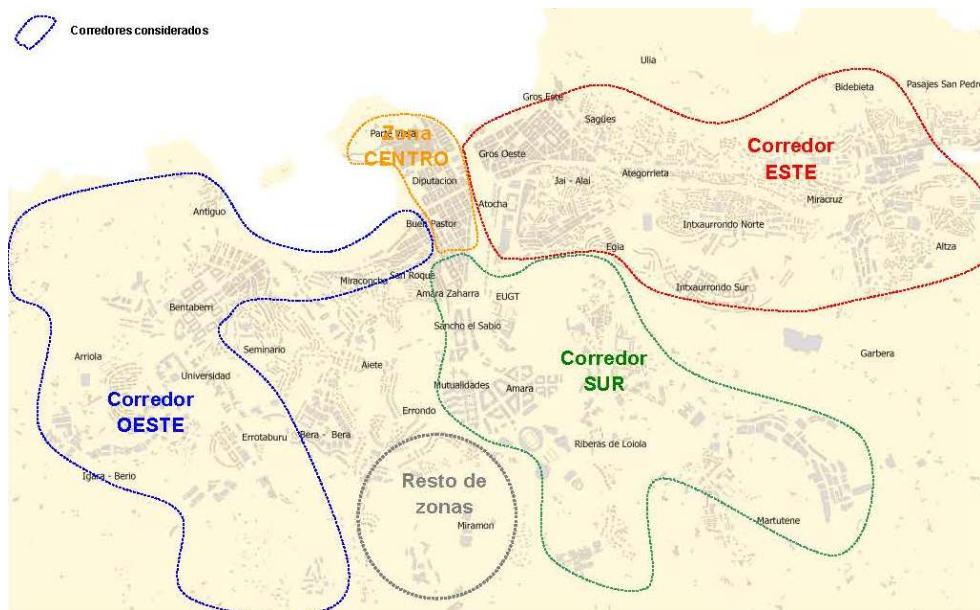


Figura 43. Corredores urbanos (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).

	<i>Generados</i>	<i>Atraídos</i>
Centro	24,388	60,584
Este	109,170	75,175
Oeste	26,508	41,035
Sur	51,287	40,716
Resto	30,690	24,533
Total	242,044	242,044

Tabla 104. Viajes totales, diarios-Sólo ida (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).

La atracción tiene su mayor volumen en el corredor Este (75.000 viajes), seguido de cerca por el Centro (60.000 viajes). Estas zonas atraen, respectivamente, el 31 y el 25% de los desplazamientos de Donostia. Los corredores Sur y Oeste tienen volúmenes de atracción similares, en torno a los 40.000 desplazamientos, representando, cada una de ellas, el 17% del total de Donostia. En el balance Generación - Atracción, destaca el Centro como zona netamente atractora, ya que concentra una gran parte de la actividad comercial, de oficinas y de servicios públicos. En el extremo opuesto está el corredor Este, acusadamente generador y eminentemente residencial. El corredor Oeste atrae más viajes de los que genera, por el peso de la Universidad, los Colegios y las áreas empresariales de Igara y Zuatzu. Por último, los corredores Sur y Resto tienen un balance ligeramente generador.

7.3.1 Movilidad motorizada

La movilidad motorizada excluye los viajes a pie y en bicicleta. En total suponen 121.000 viajes motorizados, aproximadamente el 50% de los viajes totales. Dentro del contexto de la movilidad de ciudades similares, este porcentaje es bajo siendo importante hacer notar que la movilidad a pie y en bicicleta en la ciudad es muy alta. Como en el caso de la movilidad total el corredor que genera más desplazamientos motorizados es el Este (56.000), seguido por el Sur (25.000). En los viajes motorizados atraídos el corredor de mayor volumen es el Este, con 32.000 desplazamientos, seguido del Centro (29.000), Oeste (22.000), Sur (21.000) y Resto (17.000).

Con carácter general, la movilidad motorizada representa aproximadamente el 50% de los viajes pero es importante hacer notar que:

- El Centro genera casi un 75% de los viajes a pie y en bici y atrae un 49% de los viajes en coche o en transporte público. Quienes residen en el centro

utilizan prioritariamente la movilidad no motorizada pero “soportan” viajes externos realizados en un 50% en modos motorizados.

- En los barrios más exteriores, clasificados como “resto”, la movilidad motorizada es mayor a la media (63 y 69%), en parte por su lejanía, su menor densidad y por la ausencia de conexiones peatonales con otros barrios.

Estas características obligan a realizar más desplazamientos que en otros lugares.

7.3.2 Movilidad en transporte público.

La movilidad en transporte público se realiza principalmente en autobús urbano (dBus), ya que la participación del ferrocarril, en desplazamientos internos de Donostia, es muy marginal y se limita a relaciones como las que se dan entre Herrera y el Centro.

38.000 desplazamientos diarios en un sentido usan el transporte público. Este volumen supone un 31% de la movilidad motorizada y un 16% de la movilidad total. El porcentaje se encuentra dentro de la media baja de otras ciudades similares.

La principal zona generadora sigue siendo el Este, con 19.000 (49% del total en transporte público). En segundo lugar se sitúa el Sur, con 8.000 viajes (21%). La atracción responde a un perfil distinto. Como ya se ha observado en los viajes motorizados, el Centro es la zona de mayor atracción (15.000 viajes, 39% del total), seguido del resto de los corredores, que se sitúan entre los 5.500 y los 7.500 desplazamientos. De nuevo la Zona Centro tiene una fuerte descompensación, esta vez en lo que se refiere a viajes atraídos en transporte público (50%). Es de hacer notar que ello puede deberse a la política de control de aparcamiento, que actúa como medida disuasoria para el uso del automóvil en los viajes al Centro.

7.3.3 Relaciones entre los corredores

En las siguientes tablas se resumen los desplazamientos entre las diferentes zonas según las agrupaciones: Andar (andar+Bicicleta), coche (coche+taxi+moto) y Transporte Público (Autobús+ Ferrocarril).

Coche/Taxi/Moto	CENTRO	ESTE	OESTE	SUR	RESTO	TOTAL
CENTRO	692	830	627	1121	585	3855
ESTE	5702	13853	7480	5595	4787	37417
OEST E	2159	2715	2624	1605	2379	11482
SUR	2245	4856	2889	3717	2849	16556
RESTO	3799	2378	2823	2588	2689	14277
TOTAL	14597	24632	16443	14626	13289	83587

Tabla 105. Desplazamientos en coche entre corredores (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).

TP	CENTRO	ESTE	OESTE	SUR	RESTO	TOTAL
CENTRO	229	750	856	387	267	2489
ESTE	6409	4697	2390	3346	1983	18825
OEST E	1807	395	650	582	199	3632
SUR	3548	1335	1080	1251	893	8107
RESTO	2821	539	690	675	343	5070
TOTAL	14814	7717	5667	6241	3686	38124

Tabla 106. Desplazamientos en TP entre corredores (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).

Andando/bici	CENTRO	ESTE	OESTE	SUR	RESTO	TOTAL
CENTRO	11731	1437	1543	2161	1173	18044
ESTE	9328	37805	3054	2395	348	52928
OEST E	1601	778	7242	422	1351	11394
SUR	6663	2096	1668	14508	1688	26624
RESTO	1851	713	5419	362	2998	11344
TOTAL	31174	42828	18926	19848	7558	120334

Tabla 107. Desplazamientos en andando/bicicleta entre corredores (Fuente: “Plan de movilidad urbana sostenible Donostia movilidad 2008-2024” Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).

De los 120.300 desplazamientos en el modo Andar, 74.300 son intrazonales, lo que supone un 62% del total. De ellos, destacan 9.300 que se hacen desde el Este Hacia el Centro (Gros->Centro), 6.600 entre el Sur y el Centro (Amara y Sancho el Sabio -> Centro) y 5.400 entre el Resto y el Corredor Oeste (Seminario -> Antiguo).

De los 83.600 desplazamientos en el modo Coche, 23.600 son intrazonales, lo que supone un 28% del total. De los interzonales destacan los generados desde el Corredor Este hacia las demás zonas. De las relaciones en coche de la zona Este las más elevadas se dan con el corredor Oeste (7.500) y con el Centro y corredor Sur (5.700 y 5.600).

De los 38.100 desplazamientos en Transporte Público, tan solo 7.200 son intrazonales, lo que supone un 19% del total. En las relaciones interzonales se da una pauta muy clara destacando por un lado los desplazamientos generados en el corredor Este hacia las restantes zonas y, por otro, los atraídos desde todas las zonas a la zona Centro. De entre estas relaciones, la más importante es la que se da desde el Este hacia el Centro, con 6.400 desplazamientos.

Una vez expuestas las características del entorno urbano al que se le va a aplicar el modelo, se va a proceder a enumerar y a explicar los resultados obtenidos primero para todo el entorno y a continuación para dos de los barrios que forman la ciudad.

7.4 RESULTADOS DEL CASO PRACTICO DE ESTUDIO: DONOSTIA-SAN SEBASTIAN

En los siguientes apartados se va a proceder a la descripción de los resultados obtenidos para cada requerimiento y para el índice de sostenibilidad global para el entorno de Donostia-San Sebastian.

7.4.1 Requerimiento 1: medioambiental

Primero se obtendrán los resultados obtenidos por criterios y al final el de cada requerimiento. Para el requerimiento medioambiental se procede a enumerar los cuatro criterios seleccionados para su evaluación: Calidad del aire, emisiones GEI, reparto modal y modos no motorizados y más sostenibles.

7.4.1.1 CRITERIO 1: CALIDAD DEL AIRE

Dentro de las estaciones remotas de la red de vigilancia de la calidad del aire, las estaciones a tener en cuenta serían las de la zona de Donostialdea y de ahí se obtendría el histórico del ICA para el periodo deseado. Teniendo en cuenta los datos del último año completo (en este caso 2015) se calcularían el número de días en cada rango propuesto para el ICA [206].

2012	Buena	Admisible	Moderada	Mala	Muy Mala	Peligrosa
Enero	29	2	0	0	0	0
Febrero	20	8	0	0	0	0
Marzo	17	14	0	0	0	0
Abril	30	0	0	0	0	0
Mayo	23	8	0	0	0	0
Junio	21	8	0	0	0	0
Julio	28	3	0	0	0	0
Agosto	30	1	0	0	0	0
Septiembre	18	12	0	0	0	0
Octubre	20	11	0	0	0	0
Noviembre	23	7	0	0	0	0
Diciembre	25	6	0	0	0	0
TOTAL	284	80	0	0	0	0

Tabla 108. Histórico del ICA.

En la Tabla 108 aparecen el número de días de cada mes con ICA indicado y si se propone una función de normalización lineal con el siguiente sistema de puntuación (Tabla 109):

<i>ICA</i>	<i>Puntos</i>
Buena	5
Admisible	4
Moderada	3
Mala	2
Muy Mala	1
Peligrosa	0

Tabla 109. Puntuación del ICA.

Se obtiene la puntuación del ICA medio y posteriormente su normalización tal y como se observa en la Tabla 110:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
4.79	0.94

Tabla 110. Resultados para el criterio calidad del aire.

7.4.1.2 CRITERIO 2: EMISIONES GEI (CO₂)

Por cada litro de gasolina que se consume, el motor emite unos 2,32 kg de CO₂, lo que le permite recorrer un promedio 13 kms, mientras que un litro de gasóleo consumido emite unos 2,6 kg de CO₂ para un recorrido de unos 16 km-s. Consultando el “Informe anual de la sostenibilidad Donostia-San Sebastian” que se emite anualmente desde 2009, se puede ver la evolución del volumen de GEI emitidos por cada actividad [207] y en el informe emitido por el Gobierno Vasco “Panorámica del Transporte en Euskadi 2013” la evolución de la tasa de motorización y la evolución del uso del vehículo privado [[208]].

Si se toman los datos para los últimos cinco años se observa una disminución de tres puntos en las emisiones de CO₂ debidas al transporte, un aumento en la tasa de motorización y una disminución de dos puntos en la evolución del % de uso del vehículo privado. La valoración obtenida según el sistema de puntuación propuesto será:

<i>Evolución de Emisiones de CO₂ debidas al transporte</i>	<i>Puntos</i>
Disminución de 3 puntos	3

Tabla 111. Puntuación de la evolución de emisiones de CO₂ debidas al transporte.

<i>Evolución del índice de motorización</i>	<i>Puntos</i>
Aumenta	0

Tabla 112. Puntuación de la evolución del índice de motorización.

<i>Evolución del % de uso del vehículo privado</i>	<i>Puntos</i>
Disminución de 2 puntos	3

Tabla 113. Puntuación de la evolución del % de uso del vehículo privado.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
6	0.6

Tabla 114. Resultados para el criterio emisiones CO₂.

7.4.1.3 CRITERIO 3: REPARTO MODAL

Una vez obtenidos los porcentajes de participación de los distintos modos utilizados[205] y sabiendo que a mayor participación del vehículo privado menos sostenible será el transporte de determinado entorno, utilizando el sistema de puntuación propuesto se obtiene la puntuación y el valor normalizado del tercer criterio:

<i>MODO</i>	<i>%</i>
Peatón	43
Automóvil	33
TP	18
Otros (bici)	6
TOTAL	100

Tabla 115. Distribución de los desplazamientos por modos de transporte en Donostia-San Sebastián (Fuente: Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).

<i>MODO</i>	<i>Puntos</i>
Valor del vehículo privado	2
Valor del TP colectivo	4
Valor de los desplazamientos andando/bici	2
TOTAL	16

Tabla 116. Puntuación para el criterio reparto modal.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
16	0.7619

Tabla 117. Resultados para el criterio reparto modal.

7.4.1.4 CRITERIO 4: MODOS NO MOTORIZADOS Y MÁS SOSTENIBLES

A la hora de evaluar este criterio se tienen que medir tres indicadores: la oferta/demanda para peatones, oferta/demanda para bicicletas y oferta/demanda de otros medios tal y como se explicó con anterioridad. A continuación se detallan la división del entorno urbano en barrios y los resultados para los tres indicadores.

a) Oferta/demanda peatones:

Para poder aplicar la metodología propuesta se divide el entorno urbano en n=17 subzonas. En la Tabla 118 se muestran los diecisiete nombres de los barrios que forman Donostia-San Sebastián y las abreviaturas que se utilizarán para denominarlos. Además, se han sombreado los barrios altos, aquellos cuyo acceso es más dificultoso debido a la inclinación de sus accesos.

A continuación se construye una matriz de dimensión 17*17, para medir si existe posibilidad de traslado entre las distintas subzonas utilizando una vía peatonal y la calidad del mismo (Tabla 119).

<i>Barrio</i>	<i>Abreviatura</i>
Centro	C.
Igueldo	Ig
Antiguo	An.
Ibaeta	Ib
Añorga	Añ
Zubieta	Zu
Amara Berri	AB
Loiola	Lo
Martutene	M
Egia	E
Gros	Gr
Ategorrieta-Ulia	AU
Miracruz bidebieta	MB
Alza	Al
Intxaurreondo	In
Aiete	Ai
Miramón-Zorroaga	MZ

Tabla 118. Nombres y abreviaturas de las 17 subzonas propuestas para Donostia-San Sebastián.

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
C.	1	0	1	0,5	0	0	1	1	0	1	1	1	0,5	0	0,5	1	0,5
Ig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
An.	1	0	1	1	0,5	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	1	0
Ib	0,5	0	1	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Añ	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0
Zu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AB	1	0	0,5	0,5	0	0	0	1	0	1	1	0,5	0,5	0	0,5	1	1
Lo	1	0	0,5	0	0	0	1	0	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0,5	0
M	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0
E	1	0	0,5	0	0	0	1	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5	1	0,5	0
Gr	1	0	0,5	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0,5	0	1	0,5	0
AU	1	0	0,5	0	0	0	0,5	0,5	0	1	1	0	1	0,5	1	0	0
MB	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0,5	1	0	1	1	0	0
Al	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	1	1	1	0	0
In	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0	0	0
Ai	1	0	1	1	0,5	0	1	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0	0	1	0
MZ	0,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 119. Matriz de resultados para el indicador oferta/demanda peatones.

Desde el punto de vista del peatón, la sostenibilidad total se daría si el valor de la suma de todos los términos de la matriz fuera $17 \cdot 17 + 7 = 296$.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
88	0.2973

Tabla 120. Resultados para el indicador oferta/demanda peatones.

b) Oferta/demanda bicicletas:

Utilizando la misma división de subzonas realizada para el caso anterior, y la misma metodología, se debe construir otra matriz de relaciones entre distintas subzonas señalando la existencia o no de conexión mediante vía ciclista. A los términos de la diagonal principal se les irá añadiendo valores a medida que la subzona en cuestión disponga de:

- i. Km-s de red segregada.
- ii. Km-s zona 30.
- iii. Aparca bicis (plazas/m²).
- iv. Servicio de bicicleta pública.

La matriz resultante será la siguiente (Tabla 121):

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
C.	4	0	1	1	1	0	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
Ig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
An.	1	0	4	1	1	0	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
Ib	1	0	1	3	1	0	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
Añ	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
Zu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AB	1	0	1	1	1	0	3	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
Lo	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
M	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
E	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Gr	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0,5	4	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5
AU	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
MB	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5
Al	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5
In	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5
Ai	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
MZ	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2

Tabla 121. Matriz de resultados para el indicador oferta/demanda bicicletas.

Desde el punto de vista del uso de la bicicleta, la sostenibilidad total se daría si el valor de la suma de todos los términos de la matriz fuera $4 \cdot n + (n - 1) \cdot n = 340$.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
161	0.4735

Tabla 122. Resultados para el indicador oferta/demanda bicicletas.

c) Oferta/demanda otros:

Existen otra serie de medidas que pueden llevarse a cabo, como por ejemplo la existencia de aparcamientos disuasorios, el car sharing y el coche compartido que se analizan a continuación:

Aparcamientos disuasorios

Se propone cuantificar el número de entradas principales al entorno urbano de Donostia y ver cuántas de esas entradas tienen un aparcamiento disuasorio a mano para evitar el tránsito de vehículos privados por la ciudad.

<i>Zona con entrada al entorno urbano</i>	<i>Aparcamiento disuasorio</i>
Antiguo	SI
Igara	SI
Amara	SI
Miramón-Zorroaga	NO
Alza	NO
Intxaurreondo	NO

Tabla 123. Existencia o no de aparcamiento disuasorio en las entradas de la ciudad.

Car sharing.

No existe esta modalidad de uso en el entorno de Donostia, que consistiría en el coche multiusuario.

Coche compartido.

Para el caso de Donostia existen varias plataformas dirigidas al compartir coche, sobre todo con destino en el campus universitario y distintos parques tecnológicos o polígonos industriales.

El 80% de las personas que trabajan en polígonos industriales acuden en coche, básicamente porque la comunicación en transporte público hasta estos centros es complicada. Y otro de los problemas, es el aparcamiento, ya que muchos tienen grandes dificultades a la hora de encontrar sitio.

<i>ZONA</i>	<i>Plataforma disponible</i>
Campus Gipuzkoa	SI
Belartza	NO
Igara	NO
Martutene	NO
Miramón	SI
Zuatzu	NO

Tabla 124. Existencia o no de plataforma para el coche compartido.

La puntuación obtenida será:

<i>Medida</i>	<i>Puntuación máxima</i>	<i>Puntuación</i>
Aparcamiento disuasorio	6	3
Car sharing	1	0
Coche compartido	1	0,5
Total obtenido		3,5

Tabla 125. Puntuación obtenida para el indicador oferta/demanda otros..

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
3.5	0.4375

Tabla 126. Resultados para el indicador oferta/demanda otros.

d) Resultado final del criterio

Partiendo de este conjunto, de estos tres indicadores, se plantea el criterio correspondiente a los modos no motorizados y más sostenibles, de forma que, el ochenta por ciento del peso del mismo se encuentra condicionado por la mayor necesidad de realizar labores de conexión y gestión de la oferta y demanda de peatones y bicicletas y el 20% a las otras posibles medidas relacionadas con el uso responsable del vehículo privado:

$$\text{Criterio Modos No Motorizados} = 0,4 \cdot \text{O/D}_{\text{peatones}} + 0,4 \cdot \text{O/D}_{\text{bicicletas}} + 0,2 \cdot \text{O/D}_{\text{otros}}$$

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
O/D peatones	$0,4 \cdot 0,2973$
O/D bicicletas	$0,4 \cdot 0,4735$
O/D otros	$0,2 \cdot 0,4375$
TOTAL	0,3958

Tabla 127. Resultados para el criterio modos no motorizados y más sostenibles.

7.4.1.5 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO MEDIOAMBIENTAL

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento medioambiental para el caso de Donostia – San Sebastián (Tabla 128).

<i>Criterios del requerimiento Medioambiental</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Calidad del Aire	0,94	16%	0,15
Emisiones GEI	0,60	16%	0,09
Reparto Modal	0,76	61%	0,47
Modos No motorizados y más sostenibles	0,40	7%	0,03
Requerimiento Medioambiental			0,74

Tabla 128. Resultados para el requerimiento medio ambiental.

7.4.2 Requerimiento 2: económico

Igual que en el requerimiento anterior, para el requerimiento económico se procede a enumerar los tres criterios seleccionados para su evaluación: crecimiento del transporte, consumo energético, y costes del transporte urbano.

7.4.2.1 CRITERIO 1: CRECIMIENTO DEL TRANSPORTE

Para aplicar la metodología propuesta se propone estudiar un periodo de cinco años, para ello se obtienen los datos del crecimiento de la economía en general y el del sector transporte en particular en valores porcentuales [209]. Debe tenerse en cuenta que la disminución del VAB del transporte en los últimos años seguramente estará unida a la coyuntura económica que se está viviendo [210]. De todas formas, si se aplica el sistema de puntuación propuesto se obtiene:

<i>Crecimiento en el periodo 2009-2013</i>	<i>Porcentaje</i>
Crecimiento del transporte	3 %
Crecimiento de la economía	1,74%

Tabla 129. Resultados para el crecimiento del transporte.

De forma que la puntuación al estar el crecimiento del transporte un punto por encima del de la economía y el valor normalizado será:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
1	0.17

Tabla 130. Resultados para el criterio del crecimiento del transporte.

7.4.2.2 CRITERIO 2: CONSUMO ENERGÉTICO

Dentro del consumo energético se pretende que la mayor parte posible sea derivada de energías renovables. Sabiendo que el 93.3% de los ktep consumidos por el transporte provienen del petróleo y sus derivados, el 6.1% de las energías renovables y

el 0.6% de la energía eléctrica y aplicando el sistema de puntuación propuesto para este indicador se obtiene:

<i>Consumo Energético</i>	<i>Puntos</i>
95% > Gasoleo/gasolina \geq 93%	0.5

Tabla 131. Puntuación para el indicador consumo energético.

El segundo indicador a tener en cuenta para la evaluación de éste criterio será la intensidad energética, que en el mismo periodo de tiempo a sufrido un descenso de 2.86 puntos, por lo que la puntuación obtenida será:

<i>Intensidad energética</i>	<i>Puntos</i>
2 ptos > Disminución de la intensidad energética \geq 3 ptos	3.5

Tabla 132. Puntuación para el indicador intensidad energética.

La suma de ambas nos daría el resultado final que habrá que normalizar:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
4	0.67

Tabla 133. Resultados para el criterio del consumo energético del transporte.

7.4.2.3 CRITERIO 3: COSTES DEL TRANSPORTE URBANO

A nivel local los instrumentos más importantes que se están implementando son:

- i. Recargos sobre medidas nacionales o federales.
- ii. Tarifas de estacionamiento.
- iii. Tarifación de vías urbanas y por congestión.

Teniendo en cuenta las 17 subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano de Donostia las puntuaciones obtenidas son la siguientes (Tabla 134):

<i>Subzona</i>	<i>Recargos</i>	<i>OTA</i>	<i>Peajes/Permisos</i>
C.	0	2	0
Ig	0	0	0
An.	0	2	0
Ib	0	2	0
Añ	0	2	0
Zu	0	0	0
AB	0	2	0
Lo	0	0	0
M	0	0	0
E	0	2	0
Gr	0	2	0
AU	0	2	0
MB	0	2	0
Al	0	0	0
In	0	0	0
Ai	0	0	0
MZ	0	2	0

Tabla 134. Puntuación por subzonas para los costes del transporte urbano.

La puntuación máxima que se podrá obtener será 3N, siendo N el número de subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano, en este caso 17.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
20	0.39

Tabla 135. Resultados para el criterio costes del transporte urbano.

7.4.2.4 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO ECONOMICO

A continuación, se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento económico para el caso de Donostia – San Sebastián (Tabla 136).

<i>Criterios del requerimiento Económico</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Crecimiento del transporte	0,17	16%	0,03
Consumo energético	0,67	25%	0,17
Costes del transporte urbano	0,39	59%	0,23
Requerimiento Económico			0,43

Tabla 136. Resultados para el requerimiento económico.

7.4.3 Requerimiento 3: Social

7.4.3.1 CRITERIO 1: SEGURIDAD.

Para cuantificar la seguridad se ha pensado en ver la evolución de los accidentes en un determinado periodo de tiempo. Si dicho periodo comprende los años 2010-2013, la evolución del número de accidentes ha sido la siguiente:

<i>TIPO</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>Variación periodo</i>
CON víctimas	729	694	666	-8,64
SIN víctimas	1052	956	884	-15,97
Atropellos	94	79	106	12,77
TOTAL	1781	1650	1550	-12,97

Tabla 137. Evolución accidentes (Fuente: Ayuntamiento de Donostia-San Sebastian).

La puntuación obtenida es (Tabla 138):

<i>TIPO</i>	<i>Nº accidentes</i>	<i>Nº accidentes CON víctimas</i>	<i>Nº de atropellos</i>
Puntos	2	2.5	0

Tabla 138. Puntuación accidentes.

La puntuación máxima que se podrá obtener será 6, el valor normalizado será el que se representa en la Tabla 139:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
3.5	0.58

Tabla 139. Resultados para el criterio seguridad.

7.4.3.2 CRITERIO 2: RUIDO.

De los mapas de ruido elaborados para Donostia-San Sebastián, se pueden obtener dentro de cada subzona de las 17 en la que se ha subdividido el entorno, a que niveles de ruido está expuesta la población. De los mapas de ruido debidos al tráfico de la ciudad [206], se obtiene la puntuación que aparece en la Tabla 140.

<i>Subzona</i>	<i>Rango máximo</i>	<i>Puntos</i>
Centro	5	0,8
Igueldo	2	0,2
Antiguo	5	0,8
Ibaeta	4	0,6
Añorga	6	1
Zubieta	3	0,4
Amara-Berri	5	0,8
Loiola	6	1
Martutene	4	0,6
Egia	4	0,6
Gros	5	0,8
Ategorrieta-Ulia	5	0,8
Miracruz-Bidebieta	5	0,8
Alza	4	0,6
Intxaurreondo	6	1
Aiete	4	0,6
Miramon-zorroaga	5	0,8
TOTAL		12,2

Tabla 140. Puntuación para el ruido.

Para tener en cuenta el porcentaje de población al que afectan estos niveles de ruido, se tienen en cuenta los mapas de ruido nocturnos, puesto que los valores más restrictivos y, además son los ruidos que más afectan a ser humano ya que influyen en el descanso nocturno, se tendrá en cuenta la población que excede por encima de los

55 dB marcados por la OMS. Los resultados obtenidos son los que se exponen en las Tabla 141 y Tabla 142.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
12.2	0.28

Tabla 141. Resultados para el indicador rango máximo de ruido.

<i>Indicador</i>	<i>% Población</i>	<i>Puntos</i>
ILGR-TOTAL	27,6	2

Tabla 142. Puntuación para el porcentaje de población afectada por el ruido.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
2	0.67

Tabla 143. Resultados para el indicador porcentaje de población afectada por el ruido.

Para tener en cuenta la influencia del ruido del tráfico, se combinarán ambos resultados de la siguiente manera:

$$\text{Ruido} = 0,3 \text{ Rango máximo de ruido} + 0,7 \text{ Población afectada}$$

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
Rango máx. ruido	$0.3 \cdot 0.28$
Población afectada	$0.7 \cdot 0.67$
TOTAL	0.553

Tabla 144. Resultados para el criterio ruido.

7.4.3.3 CRITERIO 3: CONFORTABILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO.

Relación tiempos de viaje TP/Vehículo privado:

Para poder evaluar este criterio se ha propuesto construir una matriz de comparación entre tiempos en TP (bus sobre todo) y tiempos en vehículo privado para cada viaje entre las distintas subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano en estudio, que en el caso de donostia-San Sebastián son 17. Se ha decidido despreciar los viajes dentro de cada una de las subzonas, ya que en número no son significativos.

La matriz de tiempos de viaje en vehículo privado está compuesta por los siguientes valores (en minutos) de la Tabla 145, en el que al tiempo de recorrido se le han añadido 5 minutos como media debidos al tiempo de aparcamiento, este valor quizás es algo bajo, pero se podría modificar en siguientes versiones del modelo:

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
C.		20	9	12	17	18	9	11	16	9	9	14	12	15	12	11	16
Ig	20		12	14	20	48	17	21	24	19	19	21	23	23	21	17	21
An.	13	14		9	14	15	12	16	19	14	14	15	17	18	15	12	15
Ib	17	12	11		13	14	13	17	18	19	18	19	17	17	19	12	13
Añ	17	20	12	11		14	11	15	15	17	17	16	14	15	17	13	11
Zu	20	22	14	16	14		16	20	20	22	22	21	19	20	22	18	16
AB	11	18	12	12	11	14		11	14	12	12	14	13	14	14	9	9
Lo	15	23	19	16	16	19	12		10	12	15	13	12	13	13	15	13
M	16	24	18	17	16	20	13	13		15	17	15	15	17	15	17	13
E	14	24	18	18	17	21	12	8	13		12	9	11	16	11	15	14
Gr	9	19	13	16	20	24	14	14	18	11		12	14	18	12	15	16
AU	15	24	18	17	17	20	15	13	15	9	8		9	14	8	17	18
MB	13	22	17	15	15	18	14	13	15	10	9	7		10	10	19	19
Al	17	24	18	17	17	21	16	13	15	14	15	12	11		14	19	17
In	15	25	18	17	17	20	15	12	15	9	11	8	7	11		18	16
Ai	13	19	12	12	15	18	10	15	19	14	13	15	16	18	15		13
MZ	16	23	17	17	16	20	10	12	12	15	17	16	17	15	16	14	

Tabla 145. Matriz de tiempos de viaje en vehículo privado.

De la misma forma, se construye la matriz de tiempos de viaje en TP con los siguientes valores en minutos, Tabla 146:

7. VALIDACIÓN: APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA METODOLOGÍA A DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
C.		24	10	15	20	23	8	11	14	14	9	16	16	19	13	10	17
Ig	26		17	21	42	49	37	50	57	48	32	33	41	55	45	24	43
An.	13	17		8	15	27	13	28	31	32	15	20	26	41	27	12	23
Ib	19	31	12		13	29	16	30	38	40	24	27	33	43	39	27	39
Añ	26	40	17	14		26	31	37	34	45	37	40	43	57	43	33	41
Zu	26	53	27	32	27		28	38	50	47	44	52	58	52	51	25	15
AB	11	29	13	15	29	34		9	11	23	12	13	18	30	13	8	8
Lo	23	40	24	30	22	45	12		10	13	22	29	35	22	39	19	16
M	20	55	33	37	50	42	12	12		22	27	33	39	31	50	34	34
E	13	43	29	30	43	51	16	5	19		9	10	12	32	13	22	23
Gr	9	39	15	20	32	39	13	23	26	11		8	10	21	12	16	27
AU	14	39	22	27	39	47	16	20	24	6	6		3	14	3	21	31
MB	17	47	27	32	44	53	19	29	31	15	8	7		11	5	27	35
Al	28	57	37	39	51	55	27	25	33	31	21	14	14		18	40	30
In	18	48	33	37	42	50	20	10	33	16	9	6	6	16		24	35
Ai	9	22	12	15	36	27	11	24	37	28	15	21	28	37	21		11
MZ	18	44	24	27	27	19	9	13	24	32	24	26	38	28	31	12	

Tabla 146. Matriz de tiempos de viaje en TP.

La matriz de comparación se obtiene dividiendo término a término la matriz de tiempos de viaje en TP y vehículo privado. El resultado es el siguiente :

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
C.		1,2	1,1	1,3	1,2	1,3	0,9	1,0	0,9	1,6	1,0	1,1	1,3	1,3	1,1	0,9	1,1
Ig	1,3		1,4	1,5	2,1	1,0	2,2	2,4	2,4	2,5	1,7	1,6	1,8	2,4	2,1	1,4	2,1
An.	1,0	1,2		0,9	1,1	1,8	1,1	1,8	1,6	2,3	1,1	1,3	1,5	2,3	1,8	1,0	1,5
Ib	1,1	2,6	1,1		1,0	2,1	1,2	1,8	2,1	2,1	1,3	1,4	1,9	2,5	2,1	2,3	3,0
Añ	1,5	2,0	1,4	1,3		1,9	2,8	2,5	2,3	2,7	2,2	2,5	3,1	3,8	2,5	2,5	3,7
Zu	1,3	2,4	1,9	2,0	1,9		1,8	1,9	2,5	2,1	2,0	2,5	3,1	2,6	2,3	1,4	0,9
AB	1,0	1,6	1,1	1,3	2,6	2,4		0,8	0,8	1,9	1,0	0,9	1,4	2,1	0,9	0,9	0,9
Lo	1,5	1,7	1,3	1,9	1,4	2,4	1,0		1,0	1,1	1,5	2,2	2,9	1,7	3,0	1,3	1,2
M	1,3	2,3	1,8	2,2	3,1	2,1	0,9	0,9		1,5	1,6	2,2	2,6	1,8	3,3	2,0	2,6
E	0,9	1,8	1,6	1,7	2,5	2,4	1,3	0,6	1,5		0,8	1,1	1,1	2,0	1,2	1,5	1,6
Gr	1,0	2,1	1,2	1,3	1,6	1,6	0,9	1,6	1,4	1,0		0,7	0,7	1,2	1,0	1,1	1,7
AU	0,9	1,6	1,2	1,6	2,3	2,4	1,1	1,5	1,6	0,7	0,8		0,3	1,0	0,4	1,2	1,7
MB	1,3	2,1	1,6	2,1	2,9	2,9	1,4	2,2	2,1	1,5	0,9	1,0		1,1	0,5	1,4	1,8
Al	1,7	2,4	2,1	2,3	3,0	2,6	1,7	1,9	2,2	2,2	1,4	1,2	1,3		1,3	2,1	1,8
In	1,2	1,9	1,8	2,2	2,5	2,5	1,3	0,8	2,2	1,8	0,8	0,8	0,9	1,5		1,3	2,2
Ai	0,7	1,2	1,0	1,3	2,4	1,5	1,1	1,6	2,0	2,0	1,2	1,4	1,8	2,1	1,4		0,9
MZ	1,1	1,9	1,4	1,6	1,7	1,0	0,9	1,1	2,0	2,1	1,4	1,6	2,2	1,9	1,9	0,9	

Tabla 147. Matriz de comparación de tiempos viaje en TP y vehículo privado.

A continuación se calcula un valor medio para cada subzona de las relaciones entre tiempos de viaje en TP y vehículo privado. Los resultados son los que se muestran en la Tabla 151:

<i>Relación Media (Ti)</i>	
Centro	1,13
Igueldo	1,86
Antiguo	1,45
Ibaeta	1,85
Añorga	2,41
Zubieta	2,04
Amara Berri	1,36
Loiola	1,69
Martutene	2,02
Egia	1,48
Gros	1,25
Ategorrieta-Ulia	1,27
Miracruz	1,68
bidebieta	
Alza	1,94
Intxaurreondo	1,60
Aiete	1,45
Miramón-Zorroaga	1,55

Tabla 148. Valor medio de la relación de tiempos de viaje en TP y vehículo privado.

Teniendo en cuenta el sistema de puntuación propuesto, y sabiendo que el 41% de los valores T_i son menores que 1,5, la puntuación obtenida por el TP público de Donostia será:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
4	0.33

Tabla 149. Resultados para el indicador relación de tiempos de viaje en TP y vehículo privado.

Número de trasbordos del TP:

En número de trasbordos que se tengan que realizar a la hora de desplazarse desde la subzona “i” hasta la “j” también juega un papel importante a la hora de evaluar la confortabilidad que percibe el usuario. Se ha propuesto evaluar dicho indicador rellenando una matriz teniendo en cuenta que:

- La diagonal principal estará compuesta por ceros (los trasbordos dentro de una misma subzona no tienen mucho sentido).
- El resto de términos representarán el número de trasbordos necesarios en TP para desplazarse desde la zona “i” a la “j”. En caso de que sean más de dos, se pondrá un dos, ya que en ese caso se correspondería con una opción no válida

Para el caso de donostia-San Sebastián:

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
C.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ig	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0	1
An.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
Ib	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1
Añ	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Zu	1	2	1	1	1	0	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	0
AB	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lo	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
M	0	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
E	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gr	0	1	0	0	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AU	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MB	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Al	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
In	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ai	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
MZ	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0

Tabla 150. Matriz de número de trasbordos entre subzonas en TP.

Una vez que se ha obtenido la matriz, se suman todos los términos de la matriz. El valor máximo será $n \cdot [2 \cdot (n - 1)]$, que para el caso de Donostia, $n=17$ de manera que: $n \cdot [2 \cdot (n - 1)] = 544$.

La puntuación y la normalización en este caso son:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
120	0.78

Tabla 151. Resultados para el indicador tiempos trasbordos del TP.

Frecuencias del TP:

Por último, en lo referente a la confortabilidad del TP, se tendrán que tener en cuenta la frecuencia de las líneas de TP que unen las distintas subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano. Para ello, del mismo modo que se han construido las matrices para evaluar los tiempos de viaje y el número de transbordos entre cada par de subzonas, se propone construir una nueva matriz con las frecuencias de las líneas que unen las distintas subzonas, que para el caso de Donostia-San Sebastián será:

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
C.		30	7	30	5	15	5	30	30	15	20	30	8	8	8	30	5
Ig	30		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
An.	7	30		30	20	15	30	30	7	30	30	20	8	8	8	60	60
Ib	20	20	20		20	15	30	30	20	7	20	20	20	30	7	30	7
Añ	20	20	20	20		20	20	30	30	20	20	20	20	20	20	20	20
Zu	60	60	60	60	60		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AB	5	30	30	30	30	5		30	30	30	15	30	30	30	30	30	5
Lo	15	30	30	30	15	15	30		30	30	30	30	30	30	30	30	30
M	30	30	30	30	15	15	15	30		30	30	30	30	15	15	30	15
E	3	30	15	20	15	30	30	30	30		15	10	10	30	8	30	30
Gr	30	10	30	30	15	30	15	30	30	20		8	10	8	8	30	15
AU	30	20	23	20	30	30	30	20	30	30	10		10	8	10	30	8
MB	10	10	10	30	8	30	30	30	30	10	10	8		8	10	30	8
Al	8	8	8	30	8	30	30	30	30	30	8	30	8		8	8	30
In	10	10	8	15	8	30	30	15	30	30	10	8	10	8		30	30
Ai	15	20	30	30	60	30	30	30	30	20	30	30	30	30	30		30
MZ	5	5	5	5	5	60	5	30	5	30	30	30	5	30	30	30	

Tabla 152. Matriz de frecuencias del TP entre subzonas.

A la media de las frecuencias de todas las líneas que salen de cada subzona al resto de subzonas, se le asigna una puntuación según lo propuesto:

<i>Subzona</i>	<i>Valor medio de las frecuencias para la subzona "i"</i>	<i>Puntuación</i>
Centro	17	0,75
Igueldo	28	0,5
Antiguo	24	0,5
Ibaeta	19	0,75
Añorga	20	0,75
Zubieta	56	0,25
Amara Berri	24	0,5
Loiola	26	0,5
Martutene	23	0,5
Egia	21	0,5
Gros	18	0,75
Ategorrieta-Ulia	19	0,75
Miracruz bidebieta	16	0,75
Alza	19	0,75
Intxaurreondo	17	0,75
Aiete	29	0,5
Miramón-Zorroaga	19	0,75
Puntuación total		10,50

Tabla 153. Valor medio de las frecuencias del TP en cada subzona y su puntuación.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
10,50	0.62

Tabla 154. Resultados para el indicador frecuencias del TP.

Partiendo de este conjunto de tres indicadores, se ha planteado la evaluación del criterio correspondiente a la confortabilidad, dando más peso a la influencia de la relación entre tiempos de viaje del TP y del vehículo privado (50%), a continuación a la frecuencia (30%) y por último a los transbordos (20%).

Para el caso concreto de Donostia el valor obtenido será:

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
Relación tiempos	0.5 · 0.33
Trasbordos	0.2 · 0.78
Frecuencias	0.3 · 0.62
TOTAL	0.507

Tabla 155. Resultados para el criterio confortabilidad del transporte público.

7.4.3.4 CRITERIO 4: ACCESIBILIDAD.

Lograr una accesibilidad universal y sostenible es un objetivo fundamental cuya consecución permite que se satisfagan las necesidades básicas de movilidad, que demandan tanto las personas como las mercancías, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Se debe procurar una accesibilidad asequible a todos los grupos sociales, y que se desarrolle en clave de eficiencia, evitando la siniestralidad y ofreciendo libertad de modo de transporte.

A la hora de evaluar la accesibilidad, se ha propuesto tener en cuenta las siguientes variables:

- Accesibilidad parque móvil (% vehículos adaptados).
- Porcentaje de líneas con acceso a bicicletas.
- Existencia de distintas tarjetas de transporte.

Según la compañía de autobuses de San Sebastián, el número y características más importantes de la flota de autobuses que operan en las líneas de Donostia-San Sebastián son las que se muestran en la Tabla 157. Además, en Dbus (Donostiabus) existe la posibilidad de acceso de las bicicletas en 18 líneas, que son las que dan servicio a las zonas altas de la ciudad. El criterio utilizado es el poder acceder a los autobuses de estas 18 líneas todos los días en determinadas franjas horarias, pero sólo

en aquellas paradas que se encuentran inmediatamente antes de las zonas con pendientes (Tabla 156).

<i>Julio-Agosto</i>	<i>Invierno</i>
9:30 – 12:30	9:30 – 12:30
14:00 – 18:00	14:00 – 17:00
21:00 – 23:00	20:00 – 23:00

Tabla 156. Franjas horarias para transporte de bicicletas en TP.

<i>Autobus</i>	<i>MOTOR</i>	<i>plataforma elevadora en puerta central</i>	<i>Total Autobuses</i>
MAN LIONS CITY Hybrid	eléctrico	SI	1
MAN LIONS CITY 273 E4	Comb.	SI	41
MAN NG 313 F	Comb.	SI	14
MERCEDES O 405 GN2	Comb.	Rampa	9
MERCEDES O 530	Comb.	SI	14
MERCEDES O 616	Comb.	NO	8
MAN NG 314 F	Comb.	SI	4
MAN NM 244-F	Comb.	SI	3
MAN NL 263 F	Comb.	SI	21
MERCEDES O 405 N2	Comb.	SI	6
MERCEDES O 530 G	Comb.	Rampa	2
TOTAL	0,80%	93,00%	123

Tabla 157. Características más importantes de los autobuses que operan en las líneas de TP.

Respecto a la existencia de distintas tarjetas de transporte, hay que destacar que en el caso de Donostia-San Sebastián existe el billete único con distintas bonificaciones en el precio en función del número de viajes que se realicen al mes. Una vez obtenido el billete único, en el peor de los casos (que sólo se realice un viaje), el ahorro respecto al billete ordinario (papel) es de un 45%. Al ir aumentando el número de viajes el ahorro aumenta.

Para poder evaluar este aspecto, se propone suponer el peor escenario; es decir, el de un usuario que obtiene el billete único (Iurraldebus o Mugi) y que realiza un único

viaje al mes con una bonificación del 45%. Según el sistema de puntuación propuesto, los resultados son los siguientes:

<i>Accesibilidad</i>	<i>Puntos</i>
Accesibilidad parque móvil (% vehículos adaptados):	
100 -90 %	1 punto
Líneas que dan servicio a las zonas altas del entorno urbano con acceso a bicicletas:	
100 – 80 % con límite de horarios	0.45 puntos
Existencia de distintas tarjetas de transporte:	
50% < Ahorro ≤ 40 %	0.8 puntos
TOTAL	2,25

Tabla 158. Puntos para el criterio de accesibilidad del TP.

Con la puntuación obtenida, la normalización se realizará con una función lineal cuya mejor puntuación posible asciende a 2,5 puntos que se corresponderán con la unidad en el proceso de normalización.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
2.25	0.9

Tabla 159. Resultados para el criterio de accesibilidad del TP.

7.4.3.5 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO SOCIAL

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento social para el caso de Donostia – San Sebastián (Tabla 160).

<i>Criterios del requerimiento social</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Seguridad	0,58	0,35	0,203
Ruido	0,553	0,11	0,06083
Confortabilidad del TP	0,507	0,35	0,17745
Accesibilidad	0,9	0,19	0,171
Requerimiento Social			0,61

Tabla 160. Resultados para el requerimiento social.

7.4.4 Requerimiento: modelo urbano

7.4.4.1 CRITERIO 1: MODELO URBANO.

Aunque el objetivo es medir la sostenibilidad del transporte en el entorno urbano de Donostia-San Sebastián, este estará completamente relacionado con el modelo urbano en el que funcione. Como ya se mencionó, la eficiencia del transporte público colectivo es función de la compacidad del entorno, ya que el TP que se ponga en marcha estará al servicio de un mayor número de ciudadanos. Es decir, interesa la ciudad compacta que es más sostenible que la difusa, aprovecha mejor todo tipo de recursos, y entre ellos el transporte.

Teniendo en cuenta el sistema de puntuación propuesto, para el caso Donostia-San Sebastián el resultado es:

<i>Modelo Urbano</i>	<i>Puntos</i>
Suelo Urbanizado (%):Mantenimiento	0,25 punto
Suelo artificializado: Aumento.	0 puntos
Intensidad de uso del suelo residencial (año 2011): 134,66 hab/Ha habitantes/Ha < 160	0
Compacidad urbana (año 2012): 61,73 viviendas/Ha $60 \leq \text{Viviendas/Ha} < 90$	0,5 puntos
PUNTUACIÓN TOTAL	0,75

Tabla 161. Puntos para el indicador modelo urbano.

La puntuación y la normalización obtenida será:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0.75	0.15

Tabla 162. Resultados para el criterio de modelo urbano.

7.4.4.2 CRITERIO 2: CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE TRANSPORTE.

Mediante este criterio se trata de cuantificar como es la red de transporte que hay en funcionamiento en el entorno urbano de Donostia-San Sebastián. Para ello, habrá que ver en un periodo de cinco años como han evolucionado las siguientes variables:

- Superficie destinada a infraestructuras de transporte y comunicaciones (%):

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
%	2,45	2,44	2,44	2,89	2,89	6,24	6,24

Tabla 163. Evolución de la superficie destinada a infraestructuras del transporte y telecomunicaciones.

- Superficie destinada a carreteras (%).

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
%	2,19	2,19	2,18	2,63	2,63	5,61	5,61

Tabla 164. Evolución de la superficie destinada a carreteras.

- Red de bidegorris (km-s por cada 10000 habitantes): La longitud de la red acumulada a lo largo de los años asciende a los kilómetros representados en la Figura 44.
- Oferta red bus segregada: la red de autobuses en Donostia-San Sebastián se sabe que consta de 181 km-s de red, de los cuales 12 son carril bus; es decir, el 7% del total son de uso exclusivo para el autobús, sin interferencias con el resto del tráfico. Si se tienen en cuenta el número de kilómetros que suman todas las líneas, se llegan a 495 kms totales de los cuales 78 son carril bus; es decir, de todos los kilómetros que son recorridos por las distintas líneas que componen la red de autobuses de Donostia-San Sebastián, el 16% son de carril bus. Será este último dato, el que se tome para obtener una puntuación de la segregación de la red de autobuses.

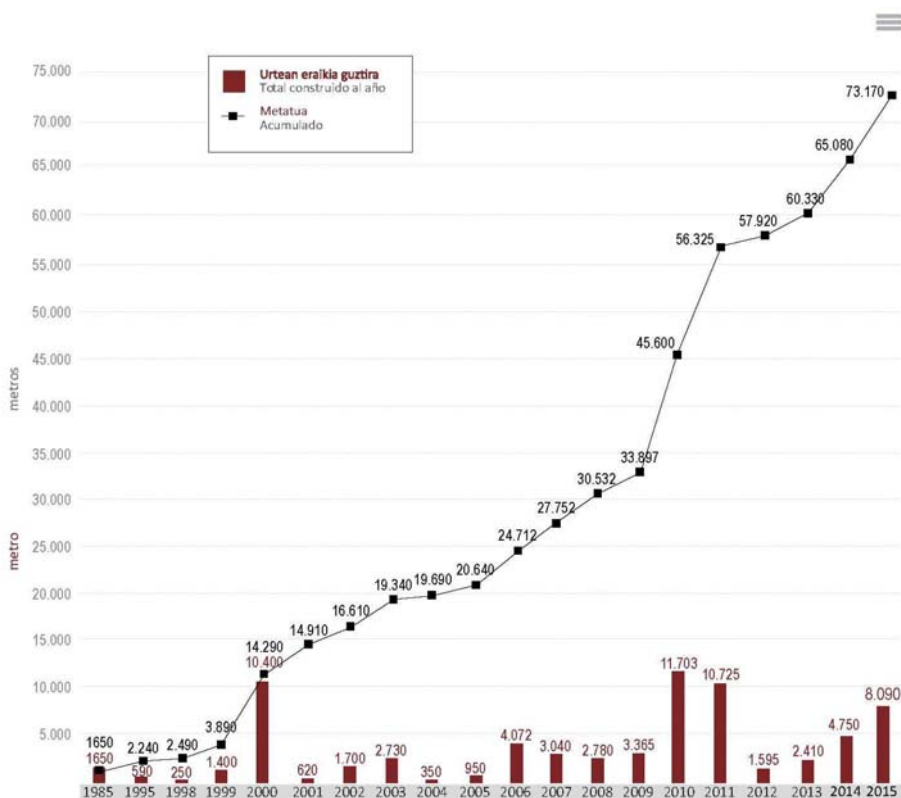


Figura 44. Longitud de la red ciclista (Fuente: “Informe anual de sostenibilidad” del Ayuntamiento de San Sebastián).

Según la puntuación propuesta, el resultado para Donostia-San Sebastián será:

<i>Características de la red de transporte</i>	<i>Puntos</i>
Superficie destinada a infraestructuras de transporte y comunicaciones (%): Aumenta	0 puntos
Superficie destinada a carreteras (%): Aumenta	0 puntos
Red de bidegorris (km-s por cada 10000 habitantes): Aumenta	1 punto
Oferta red bus segregada: 10% ≤ Red segregada < 20 %	0.5 puntos
TOTAL	1.5 PUNTOS

Tabla 165. Puntuación para el criterio características de la red de transporte.

La puntuación y la normalización obtenida será:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
1.5	0.25

Tabla 166. Resultados para el criterio características de la red de transporte.

7.4.4.3 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO MODELO URBANO

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento modelo urbano para el caso de Donostia – San Sebastián.

<i>Criterios del requerimiento Modelo Urbano</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Modelo Urbano	0,15	25%	0,04
Características de las red de transporte	0,25	75%	0,19
Requerimiento Modelo Urbano			0,23

Tabla 167. Resultados para el requerimiento modelo urbano.

7.4.5 Requerimiento: características del parque automovilístico

7.4.5.1 Criterio 1: tasa de motorización.

Para evaluar este criterio se tendrá en cuenta el valor de la tasa de motorización y la evolución del parque de vehículos a lo largo de los últimos años.

En la Figura 45 puede observarse la evolución de la tasa de motorización (vehículos privados/1000 habitantes) en los últimos años.

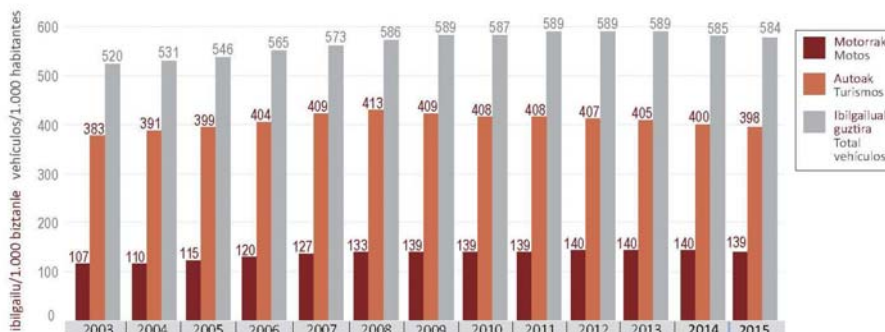


Figura 45. Tasa de motorización (Fuente: “Informe anual de sostenibilidad” del Ayuntamiento de San Sebastián).

El parque de vehículos de un municipio está constituido por todos los vehículos con motor matriculados en el municipio, excepto ciclomotores y vehículos especiales, que teóricamente circulan en el municipio. De este modo, se incluye todas las matriculaciones que haya habido durante todos los años menos las bajas producidas y las modificaciones debidas por las reformas, tales como cambios de potencia, de utilización, etc. Para el cálculo de este indicador sólo se considerarán los vehículos turismos, esto es, aquellos vehículos de cuatro ruedas, destinados al transporte de viajeros con capacidad inferior a 9 plazas, incluido el conductor.

A la hora de evaluar el criterio 1 (tasa de motorización) de este requerimiento se tendrán en cuenta los turismos por habitante. La puntuación obtenida será (Tabla 168):

<i>TASA DE MOTORIZACIÓN</i>	<i>PUNTOS</i>
Evaluación del valor: 0,41	
$0,3 < TM \leq 0,5$	0,25 puntos
Evaluación de la progresión:	
Misma TM	0,5 puntos
TOTAL PUNTOS	0,75

Tabla 168. Puntuación para el criterio tasa de motorización.

La puntuación y la normalización obtenida será (Tabla 169):

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0.75	0.63

Tabla 169. Resultados para el criterio características de la red de transporte.

7.4.5.2 Criterio 2: tipo de vehículo

Para medir como es y como ha ido evolucionando el parque de vehículos que forma el entorno urbano de Donostia-San Sebastian, se deben cuantificar el porcentaje de matriculaciones de turismos y todo terrenos por tramos de CO₂ emitido y tipo de combustible utilizado.

Hasta el año 2009 el número de matriculaciones ha ido aumentando y a partir de ahí empiezan a disminuir (directamente relacionado con la coyuntura económica), pero hay que destacar que dentro del total de nuevas matriculaciones el porcentaje de vehículos con menos emisiones ha ido aumentando y disminuyendo los de más emisiones. De manera que la puntuación obtenida según el criterio propuesto será la siguiente (Tabla 170):

<i>TIPO DE VEHÍCULO</i>	<i>PUNTOS</i>
Matriculaciones por tramos CO ₂ emitidos (% del total de turismos y todo terreno):	
Vehículos con emisiones <= 120: Aumenta	1 puntos
120 < Emisiones <= 160: Aumenta	0,5 puntos
160 <= Emisiones <=200: Disminuye	0 puntos
Emisiones > 200: Disminuye.	1 punto
TOTAL	2,5

Tabla 170. Puntuación para la evolución de las matriculaciones por tramos de CO₂ emitidos.

Respecto al tipo de combustible se ha observado el mantenimiento de los vehículos con motores gasolina y diesel, y la tímida irrupción en el mercado de los motores híbridos. Por lo que la puntuación obtenida será (Tabla 171):

<i>TIPO DE VEHÍCULO</i>	<i>PUNTOS</i>
Matriculaciones por tipo de combustible:	
Gasolina: Disminuye	1 punto
Diesel: Se mantiene	0,5 puntos
Eléctricos: Disminuye o no existe	0 puntos
Híbridos: Aumenta	1 punto
TOTAL	2,5

Tabla 171. Puntuación para la evolución de los tipos de vehículo.

La puntuación total es la suma de las dos; es decir, 5 puntos y mediante una normalización lineal se obtiene el siguiente resultado (Tabla 172):

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
2.5	0.71

Tabla 172. Resultados para el criterio tipo de vehículo.

7.4.5.3 *Resultados del conjunto de criterios en el requerimiento características del parque automovilístico*

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento características del parque automovilístico (Tabla 173):

<i>Criterios del requerimiento Características del parque automovilístico</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Tasa de motorización	0,63	50%	0,32
Tipo de vehículo	0,71	50%	0,36
Requerimiento Características del parque automovilístico			0,67

Tabla 173. Resultados para el requerimiento características del parque automovilístico.

7.4.6 Requerimiento: reparto de mercancías

7.4.6.1 CRITERIO 1: OFERTA

Durante la duración del proyecto CIVITAS ARCHIMEDES se ha implementado un modelo de distribución eficiente de productos en la ciudad, que se ajusta a las necesidades de la realidad urbana intentando que ello conlleve un impacto positivo en los ciudadanos y el entorno. Reduciendo los kilómetros hechos por los vehículos de carga y aumentando el ratio de carga de los mismos, se ha conseguido una disminución del combustible total consumido así como del número de desplazamientos realizados en coche. Además se ha establecido un sistema de control de accesos en la Parte Vieja, para regularizar los mismos y reducir el número de vehículos que accedían a esta zona.

<i>ACTUACION DE CONTROL</i>	<i>PUNTOS</i>
Limitación temporal en las zonas de carga y descarga	1
Aumento de control de las zonas de C/D.	1
Cámaras de control de acceso a las zonas de estudio.	1
TOTAL	3

Tabla 174. Puntuación para las actuaciones de control.

La puntuación total y la normalización dan los siguientes valores:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
3	1

Tabla 175. Resultados para el criterio oferta del transporte de mercancías.

7.4.6.2 CRITERIO 2: DEMANDA

El modelo comercial local se basa en un centro muy potente comercialmente, que capta los flujos comerciales de donostiarras y visitantes de donostialdea, en compra no cotidiana: moda-calzado, ocio, cultura, etc...y unos barrios que satisfacen las necesidades cotidianas de sus residentes. A la hora de ver cuál es la demanda de transporte de mercancías para las distintas zonas de Donostia-San Sebastián se puede observar que casi todas las subzonas (barrios en este caso) funcionan autónomamente, es decir tienen todo tipo de actividad comercial en mayor o menor grado. La tabla de resultados sería la Tabla 176 y las puntuaciones recibidas según el sistema propuesto las que se exponen en la Tabla 177:

	<i>Alimentación</i>	<i>Hostelería</i>	<i>Resto</i>
Centro	Si	Si	Si
Igueldo	No	Si	Si
Antiguo	Si	Si	Si
Ibaeta	Si	Si	Si
Añorga	Si	Si	Si
Zubieta	No	Si	Si
Amara Berri	si	Si	Si
Loiola	Si	Si	Si
Martutene	Si	Si	Si
Egia	Si	Si	Si
Gros	Si	Si	Si
Ategorrieta-Ulia	No	Si	Si
Miracruz bidebieta	Si	Si	Si
Alza	Si	Si	Si
Intxaurreondo	Si	Si	Si
Aiete	No	Si	Si
Miramón-Zorroaga	No	Si	Si

Tabla 176. Actividad comercial por subzona.

	<i>Alimentación</i>	<i>Hostelería</i>	<i>Resto</i>
C.	1	0,5	0,25
Ig	0	0,5	0,25
An.	1	0,5	0,25
Ib	1	0,5	0,25
Añ	1	0,5	0,25
Zu	0	0,5	0,25
AB	1	0,5	0,25
Lo	1	0,5	0,25
M	1	0,5	0,25
E	1	0,5	0,25
Gr	1	0,5	0,25
AU	0	0,5	0,25
MB	1	0,5	0,25
Al	1	0,5	0,25
In	1	0,5	0,25
Ai	0	0,5	0,25
MZ	0	0,5	0,25
TOTAL		24,75	

Tabla 177. Puntuación para la actividad comercial.

La puntuación máxima que se podrá obtener será para $n = 17$:
 $n + \frac{1}{2} \cdot n + \frac{1}{4} \cdot n = \frac{7}{4} \cdot n = 29,75$.

La puntuación total y la normalización dan los siguientes valores:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
24.75	0.17

Tabla 178. Resultados para el criterio demanda del transporte de mercancías.

7.4.6.3 CRITERIO 3: EFICIENCIA

Por otro lado se ha favorecido la implantación de una empresa de distribución de último kilómetro con ciclocargos, para la sustitución en parte de vehículos de combustión para la distribución urbana en el Centro y en la Parte Vieja.

Con esta medida se ha pretendido minimizar el impacto medio ambiental del transporte en la ciudad. En el ámbito estratégico, el objetivo ha sido incrementar la eficiencia de una distribución de mercancías en el centro de la ciudad de cara a reducir el número de vehículos comerciales dentro de los puntos de venta céntricos y las zonas industriales.

<i>ACTUACION DE CONTROL</i>	<i>PUNTOS</i>
Distribución ecológica de la última milla.	1
Centro de distribución urbana de mercancías.	1
Distribución nocturna:	0
TOTAL	2

Tabla 179. Puntuación para la eficiencia del reparto de mercancías.

La puntuación total y la normalización dan los siguientes valores:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
2	0.67

Tabla 180. Resultados para el criterio eficiencia del transporte de mercancías.

7.4.6.4 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO REPARTO DE MERCANCÍAS

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento reparto de mercancías.

<i>Criterios del requerimiento</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
<i>Reparto de Mercancías</i>			
Oferta	1	43%	0,43
Demanda	0,17	14%	0,02
Eficiencia	0,67	43%	0,29
Requerimiento Reparto de Mercancías			0,74

Tabla 181. Resultados para el requerimiento reparto de mercancías.

7.4.7 Resultado asociado al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte urbano en donostia-san sebastian

Los resultados para cada requerimiento son los representados en la Tabla 182.

<i>REQUERIMIENTO</i>	<i>RESULTADO</i>
Medioambiental	0,68
Económico	0,43
Social	0,61
Modelo Urbano	0,23
Características del parque automovilístico	0,67
Reparto de Mercancías	0,74

Tabla 182. Resultados para el índice de sostenibilidad del transporte urbano en Donostia SanSebastián.

Llevando a cabo una representación gráfica mediante un diagrama de araña, del conjunto de resultados obtenidos en todos los requerimientos (Figura 46) se puede observar cómo se supera el valor medio en tres de los requerimientos: medioambiental, reparto de mercancías y características del parque automovilístico y es el requerimiento del modelo urbano el que obtiene la puntuación más baja.

Del valor global del conjunto de requerimientos, suponiendo que todos ellos se encuentran igualmente ponderados, el valor correspondiente al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad que se obtiene utilizando una media aritmética, en el caso de Donostia-San Sebastian es de “0,56”.

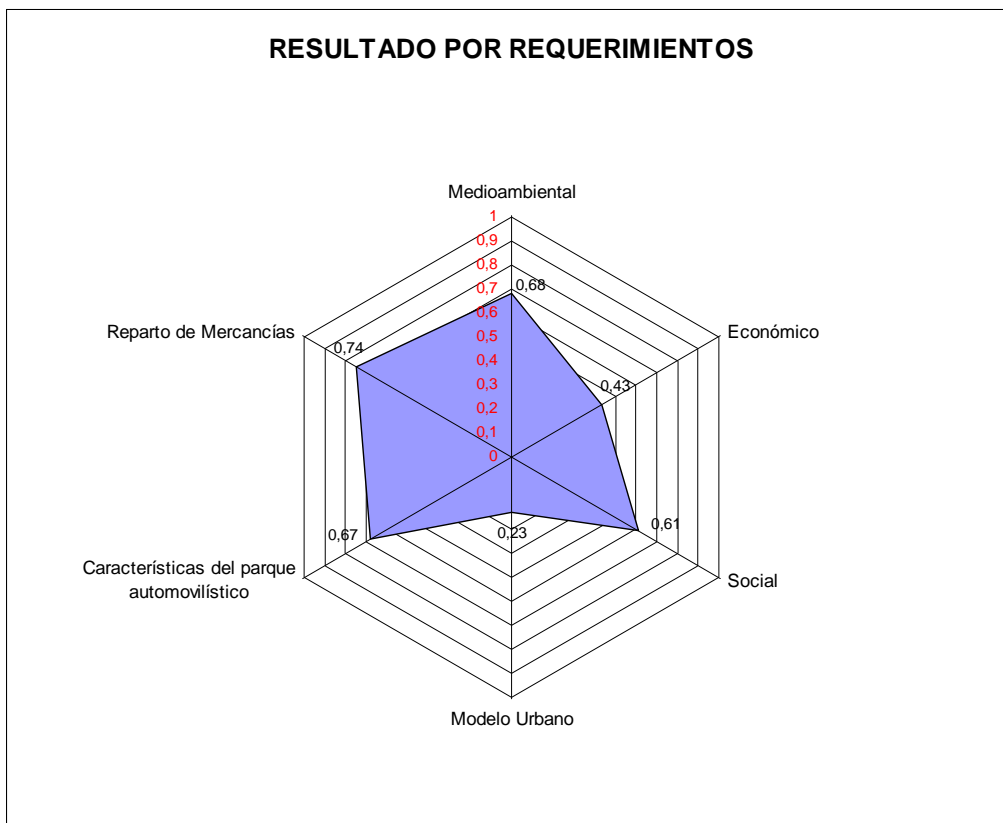


Figura 46. Representación gráfica de la sostenibilidad del transporte urbano en Donostia.

7.5 RESULTADOS DEL CASO PRACTICO DE ESTUDIO: BARRIO DE ALZA

Alza, es un antiguo municipio y actualmente un barrio de San Sebastián que ocupa la parte este de la ciudad lindante con el municipio de Pasajes.

Aunque históricamente ha estado ligado con mayor o menor grado de autonomía a la Ciudad de San Sebastián, siendo en ocasiones un mero barrio y en otras ocasiones una pedanía; ha habido momentos en su historia en los que ha sido un municipio

totalmente independiente, primero de forma breve entre 1821 y 1823; y posteriormente entre 1879 y 1940.

Históricamente Alza era una entidad eminentemente rural. Su casco urbano se situaba en una colina que dominaba la Bahía de Pasajes, contaba con un barrio portuario (La Herrera) y numerosos caseríos distribuidos por su término municipal. Este limitaba con Pasajes en el barrio de Buenavista y con el de San Sebastián en el alto de Miracruz y en Martutene.

Tras la anexión, fuertes oleadas de inmigración en las décadas de 1960 y 1970 cambiaron tremendamente la fisonomía y sociología de Alza, que fue la principal zona de expansión de la ciudad de San Sebastián. Nacieron nuevos barrios como Bidebieta o Intxaurreondo en territorio que había pertenecido al municipio de Alza, pero en la actualidad suelen ser considerados barrios diferentes. Si se contabilizará el antiguo término municipal, Alza poseería en la actualidad una población de más de 52.000 habitantes.

Actualmente recibe el nombre de Alza únicamente la parte del antiguo término municipal de Alza más cercana a su antiguo casco urbano, ya que ni Intxaurreondo, ni Bidebieta, ni Martutene, son considerados ya como parte de él. Así el moderno Alza se compone de los barrios de Arriberry, Arrizar, Buenabista, Casco, Eskalantegi, Herrera, Roteta, Garbera, Jolastokieta, Larratxo, Los Boscros, Molinao, Santa Bárbara, Oleta, etc., algunos de carácter histórico y otros surgidos durante el boom del desarrollismo. El barrio de Alza posee en la actualidad unos 21.500 habitantes y una densidad de población de 4175 hab. / km², siendo uno de los más poblados de la ciudad de San Sebastián. En los planes de expansión de la ciudad está previsto que se construya un nuevo barrio, Auditx Akular, en las cercanías de Alza.

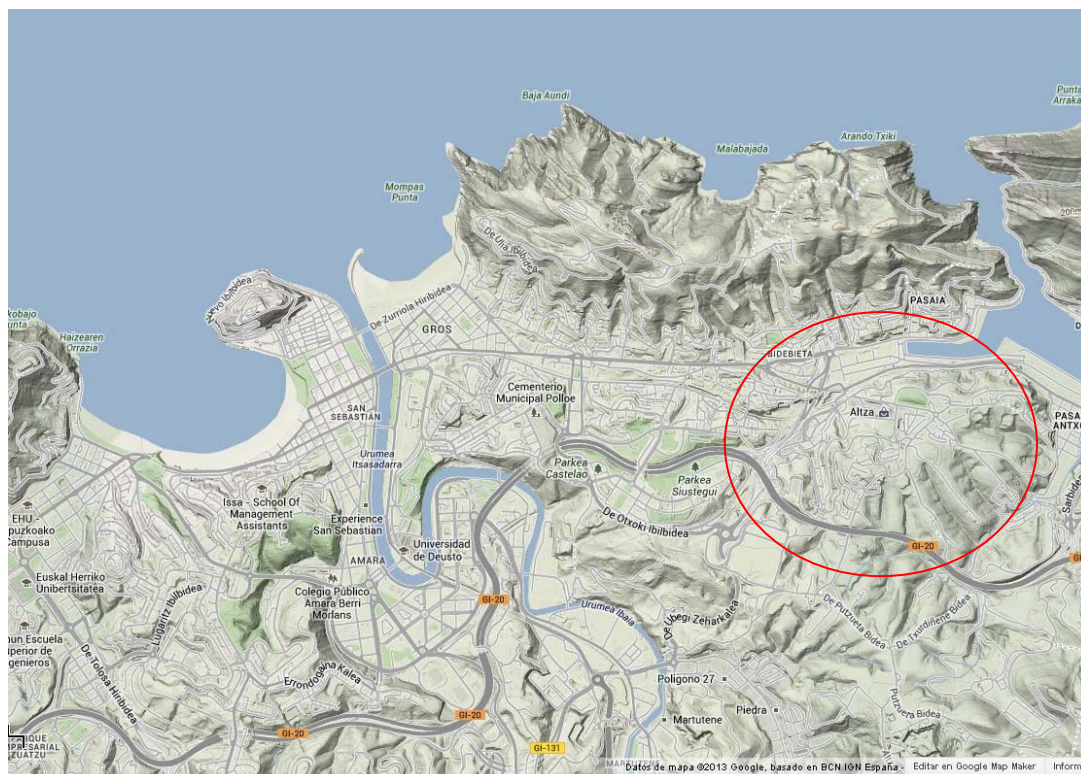


Figura 47. Situación del barrio de Alza (fuente: Google maps).

Se va a proceder a evaluar cada uno de los 6 requerimientos que forman parte del índice de evaluación de la sostenibilidad del transporte para el caso del barrio de Alza de Donostia-San Sebastián.

En caso de que no se disponga de datos para evaluar alguno de los criterios, se tomará por defecto el valor asignado para el total del entorno urbano, en este caso Donostia-San Sebastián.

7.5.1 Requerimiento 1: medioambiental

Este primer requerimiento consta de 4 criterios que habrá que evaluar para el caso del barrio de Alza de Donostia-San Sebastián.

7.5.1.1 CRITERIO 1: CALIDAD DEL AIRE

Analizando el entorno de Donostialdea, no existe ninguna zona con una especial contaminación del aire, la distribución del ICA es más o menos homogénea. Además, por un lado, ninguna de las estaciones de la red de vigilancia del aire está situada en el barrio de Alza y por otro, no se disponen de datos del ICA por estaciones, sino por zonas. Por ello, el criterio 1 tomará el mismo valor para el barrio de Alza que para Donostia.

7.5.1.2 CRITERIO 2: EMISIONES GEI (CO₂)

En este caso también se tomarán los datos globales al no disponer de una distribución de emisiones más detallada.

7.5.1.3 CRITERIO 3: REPARTO MODAL

Una vez obtenidos los porcentajes de participación de los distintos modos utilizados [211] y sabiendo que a mayor participación del vehículo privado menos sostenible será el transporte de determinado entorno, utilizando el sistema de puntuación propuesto se obtiene la puntuación y el valor normalizado del tercer criterio:

<i>MODO</i>	<i>%</i>
Peatón/bici	48,48
Automóvil	34,27
TP	17,24
TOTAL	100

Tabla 183. Distribución de los desplazamientos por modos de transporte en Donostia-San Sebastián (Fuente: Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).

Valoración obtenida:

<i>MODO</i>	<i>Puntos</i>
Valor del vehículo privado	2
Valor del TP colectivo	4
Valor de los desplazamientos andando/bici	2
TOTAL	16

Tabla 184. puntuación obtenida para el criterio 3.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
16	0.7619

Tabla 185. Resultados para el criterio reparto modal en Alza.

7.5.1.4 CRITERIO 4: MODOS NO MOTORIZADOS Y MÁS SOSTENIBLES

En este caso se quiere obtener el valor del criterio 4 para parte del entorno urbano, para el barrio de Alza.

Oferta/demanda peatones:

De la matriz construida para la evaluación global de Donostia-San Sebastian, sólo se tendrán en cuenta los términos de la fila o columna correspondiente al barrio de Alza:

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
Al	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	1	1	1	0	0

Tabla 186. Fila correspondiente a Alza de la matriz construida para Donostia.

Desde el punto de vista del peatón, la sostenibilidad total se daría si el valor de la suma de todos los términos de la fila/columna fuera $17+1 = 18$.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
9	0.5

Tabla 187. Resultados para el indicador oferta/demanda peatones en Alza.

Oferta/demanda bicicletas:

Utilizando la misma metodología, sólo se tendrán en cuenta los términos de la fila o columna correspondiente al barrio de Alza.

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
Al	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5

Tabla 188. Fila correspondiente a Alza de la matriz construida para Donostia.

Desde el punto de vista del uso de la bicicleta, la sostenibilidad total se daría si el valor de la suma de todos los términos de la matriz fuera $4 + (n - 1) = 20$.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
9	0.35

Tabla 189. Resultados para el indicador oferta/demanda bicicletas en Alza.

Oferta/demanda otros:

Se propone tomar los valores globales obtenidos para todo el entorno urbano, ya que no tiene sentido físico individualizarlos para parte del entorno.

Partiendo de este conjunto de tres parámetros, se plantea el indicador correspondiente los modos no motorizados y más sostenibles, de forma que, el ochenta por ciento del peso del mismo se encuentra condicionado por la mayor necesidad de realizar labores de conexión y gestión de la oferta y demanda de peatones y bicicletas y el 20% a las otras posibles medidas relacionadas con el uso responsable del vehículo privado.

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
O/D peatones	$0.4 \cdot 0.5$
O/D bicicletas	$0.4 \cdot 0.35$
O/D otros	$0.2 \cdot 0.4375$
TOTAL	0.4275

Tabla 190. Resultados para el criterio modos no motorizados y más sostenibles.

7.5.1.5 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO MEDIOAMBIENTAL

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento medioambiental para el caso de del barrio de Alza.

<i>Criterios del requerimiento Medioambiental</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Calidad del Aire	0,96	16%	0,15
Emisiones GEI	0,60	16%	0,09
Reparto Modal	0,76	61%	0,47
Modos No motorizados y más sostenibles	0,43	7%	0,03
Requerimiento Medioambiental			0,74

Tabla 191. Resultados para el requerimiento medioambiental para el barrio de Alza.

7.5.2 Requerimiento 2: económico

Se detallan los resultados de los tres criterios del requerimiento económico para el barrio de Alza.

7.5.2.1 CRITERIO 1: CRECIMIENTO DEL TRANSPORTE

Se tomarán los datos globales al no disponer de una distribución del crecimiento más detallada.

7.5.2.2 CRITERIO 2: CONSUMO ENERGÉTICO

Se tomarán los datos globales al no disponer de una distribución del consumo más detallada.

7.5.2.3 CRITERIO 3: COSTES DEL TRANSPORTE URBANO

A nivel local los instrumentos más importantes que se están implementando son:

- i. Recargos sobre medidas nacionales o federales.

- ii. Tarifas de estacionamiento.
- iii. Tarificación de vías urbanas y por congestión.

Teniendo en cuenta las 17 subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano de Donostia se deberán tomar las puntuaciones obtenidas en el barrio de Alza:

	<i>Recargos</i>	<i>OTA</i>	<i>Peajes/Permisos</i>
Al	0	0	0
TOTAL		0	

Tabla 192. Puntuación costes del transporte urbano en Alza.

La puntuación máxima que se podrá obtener será 3N, siendo N el número de subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano, en este caso 17.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0	0.00

Tabla 193. Resultados para el indicador costes del transporte urbano en Alza.

7.5.2.4 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO ECONOMICO

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento económico para el caso de barrio de Alza.

<i>Criterios del requerimiento Económico</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Crecimiento del transporte	0,17	16%	0,03
Consumo energético	0,67	25%	0,17
Costes del transporte urbano	0	59%	0
Requerimiento Económico			0,2

Tabla 194. Resultados para el requerimiento medioambiental para el barrio de Alza.

7.5.3 Requerimiento 3: social

7.5.3.1 CRITERIO 1: SEGURIDAD.

Para cuantificar el criterio de seguridad, se tomará el mismo valor que para toda la ciudad, ya que no se disponen de datos por zonas.

7.5.3.2 CRITERIO 2: RUIDO.

Niveles de ruido debidos al tráfico:

De los mapas de ruido elaborados para Donostia-San Sebastián, se pueden obtener a que niveles de ruido está expuesta la población del barrio de Alza. La puntuación y la normalización darán como resultado los siguientes valores:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0.6	0.4

Tabla 195. Resultados para el indicador niveles de ruido debidos al tráfico en Alza.

Para tener en cuenta el porcentaje de población al que afectan estos niveles de ruido, se tienen en cuenta los mapas de ruido nocturnos, puesto que son los valores más restrictivos y, además son los ruidos que más afectan a ser humano ya que influyen en el descanso nocturno, se tendrá en cuenta la población que excede por encima de los 55 dB marcados por la OMS:

<i>Indicador</i>	<i>% Población</i>	<i>Puntos</i>
ILGR-TOTAL	27,6	2

Tabla 196. Puntuación para el porcentaje de población afectada por el ruido.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
2	0.67

Tabla 197. Resultados para el indicador porcentaje de población afectada por el ruido.

Para tener en cuenta la influencia del ruido del tráfico, se combinarán ambos resultados de la siguiente manera:

$$\text{Ruido} = 0,3 \text{ Rango máximo de ruido} + 0,7 \text{ Población afectada}$$

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
Rango máx. ruido	$0.3 \cdot 0.4$
Población afectada	$0.7 \cdot 0.67$
TOTAL	0.589

Tabla 198. Resultados para el criterio ruido.

7.5.3.3 CRITERIO 3: CONFORTABILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO.

Para poder evaluar este criterio para el Barrio de Alza, se tomarán los valores correspondientes a la fila y columna del barrio en cuestión, ya que la matriz no es simétrica.

Tiempos de viaje del TP:

La matriz de comparación que se obtuvo dividiendo término a término la matriz de tiempos de viaje en TP y vehículo privado es la que aparece en la Tabla 146. Teniendo en cuenta el sistema de puntuación propuesto, y sabiendo que el 28,125% de los valores T_i son menores que 1,5, la puntuación obtenida por el TP público de Donostia será:

<i>Relación entre tiempos de viaje del TP y vehículo privado</i>	<i>Puntos</i>
70 - 80 % de los valores de T_i son > 1.5	5

Tabla 199. Puntuación para la relación de los tiempos de viaje del TP en Alza.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
5	0.17

Tabla 200. Resultados para el indicador la relación de los tiempos de viaje del TP en Alza.

Trasbordos:

Una vez que se ha obtenido la matriz de trasbordos (Tabla 150), se suman todos los términos de la fila y columna correspondiente con el barrio de Alza. El valor máximo será: $2 \cdot [2 \cdot (n - 1)]$.

La puntuación y la normalización será:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
10	0.84

Tabla 201. Resultados para el indicador de trasbordos del TP en Alza.

Frecuencia del TP:

De la matriz con las frecuencias de las líneas que unen las distintas subzonas (Tabla 152), para el caso del barrio de Alza habrá que tener en cuenta la fila y columna correspondiente. La puntuación y la normalización será:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
23.25	0.73

Tabla 202. Resultados para el indicador de trasbordos del TP en Alza.

Partiendo de este conjunto de tres parámetros, Dando más peso a la influencia de la relación entre tiempos de viaje del TP y del vehículo privado (50%), a continuación a la frecuencia (30%) y por último a los trasbordos (20%), Para el caso concreto del barrio de Alza el valor obtenido para este criterio será:

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
Relación tiempos	0.5 · 0.17
Trasbordos	0.2 · 0.84
Frecuencias	0.3 · 0.73
TOTAL	0.47

Tabla 203. Resultados para el criterio confortabilidad del transporte público en Alza.

7.5.3.4 CRITERIO 4: ACCESIBILIDAD.

Para cuantificar el criterio de accesibilidad, se tomará el mismo valor que para toda la ciudad.

7.5.3.5 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO SOCIAL

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento social para el caso del barrio de Alza de Donostia – San Sebastián.

<i>Criterios del requerimiento social</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Seguridad	0,58	0,35	0,20
Ruido	0,589	0,11	0,06
Confortabilidad TP	0,472	0,35	0,17
Accesibilidad	0,9	0,19	0,17
Requerimiento Social			0,60

Tabla 204. Resultados para el requerimiento social en Alza.

7.5.4 Requerimiento: modelo urbano

No existen grandes diferencias entre los 17 barrios en los que está dividida la ciudad de Donostia en lo referente al modelo urbano al que responden. Por ello, se ha optado por tomar los valores globales obtenidos para todo el entorno urbano.

7.5.5 Requerimiento: características del parque automovilístico

Se tomarán los datos globales al no disponer de una distribución de las características del parque automovilístico más detallada.

7.5.6 Requerimiento: reparto de mercancías

El barrio de Alza está en un segundo nivel en lo que a número de comercios se refiere en la ciudad de Donostia-San Sebastián, lo que significa que no es una de las zonas eminentemente comerciales de la ciudad.

En Alza, los comercios se encuentran atomizados en una serie de zonas concretas. Una sencilla explicación a lo anterior puede ser la fisionomía urbana del barrio, las principales vías de comunicación del barrio de Alza aglutinan la mayor densidad comercial. Existen largas vías urbanas con escasez de locales, debido en gran medida por el predominio de viviendas sobre los comercios. Este dato es fácilmente comprobable si se observa la alta presencia de comercios del tipo “COTIDIANO ALIMENTARIO”, típico elemento presente en barrios con estas características. También sería importante destacar que en general, la densidad comercial no es elevada.

7.5.6.1 CRITERIO 1: OFERTA

En esta zona concreta no se han implementado medidas especiales relacionadas con la distribución eficiente de productos en la ciudad, de manera que la distribución de puntos será:

<i>ACTUACION DE CONTROL</i>	<i>PUNTOS</i>
Limitación temporal en las zonas de carga y descarga	1
Aumento de control de las zonas de C/D.	0
Cámaras de control de acceso a las zonas de estudio.	0
TOTAL	1

Tabla 205. Puntuación para la oferta de la distribución de mercancías en Alza.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
1	0.33

Tabla 206. Resultados para la oferta de la distribución de mercancías en Alza.

7.5.6.2 CRITERIO 2: DEMANDA

Alza es un barrio que es capaz de satisfacer las necesidades cotidianas de sus residentes. Funcionan autónomamente, es decir tienen todo tipo de actividad comercial en mayor o menor grado. De la Tabla 178 de resultados se obtendría el resultado para Alza.

La puntuación máxima que se podrá obtener para un único barrio será para $n = 1$:

$$n + \frac{1}{2} \cdot n + \frac{1}{4} \cdot n = \frac{7}{4} \cdot n = 1,75$$

La puntuación y la normalización será:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0	0.00

Tabla 207. Resultados para la demanda de la distribución de mercancías en Alza.

7.5.6.3 CRITERIO 3: EFICIENCIA

Respecto a las medidas de eficiencia, no existe ninguna aplicada en el barrio de Alza.

7.5.6.4 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO REPARTO DE MERCANCÍAS

A continuación, se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento reparto de mercancías (Tabla 208).

<i>Criterios del requerimiento Reparto de Mercancías</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Oferta	0,33	43%	0,1419
Demanda	0,0	14%	0,00
Eficiencia	0,0	43%	0,00
Requerimiento Reparto de Mercancías			0,1419

Tabla 208. Resultados para el requerimiento reparto de mercancías en Alza.

7.5.7 Resultado asociado al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte urbano en el barrio de alza de donostia-san sebastian

Los resultados para cada requerimiento son los representados en la siguiente Tabla 209:

<i>REQUERIMIENTO</i>	<i>RESULTADO</i>
Medioambiental	0,74
Económico	0,2
Social	0,60
Modelo Urbano	0,23
Características del parque automovilístico	0,67
Reparto de Mercancías	0,1419

Tabla 209. Resultados de la sostenibilidad del transporte urbano den el barrio de alza de Donostia-San Sebastián.

Llevando a cabo una representación grafica mediante un diagrama de araña, del conjunto de resultados obtenidos en todos los requerimientos (Figura 48), se puede observar cómo, se supera el valor medio en tres de los requerimientos: medioambiental, reparto de mercancías y características del parque automovilístico y es el requerimiento del modelo urbano el que obtiene la puntuación más baja.

Del valor global del conjunto de requerimientos, suponiendo que todos ellos se encuentran igualmente ponderados, el valor correspondiente al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad que se obtiene utilizando una media aritmética, en el caso del barrio de Alza de Donostia-San Sebastian es de “0,41”.

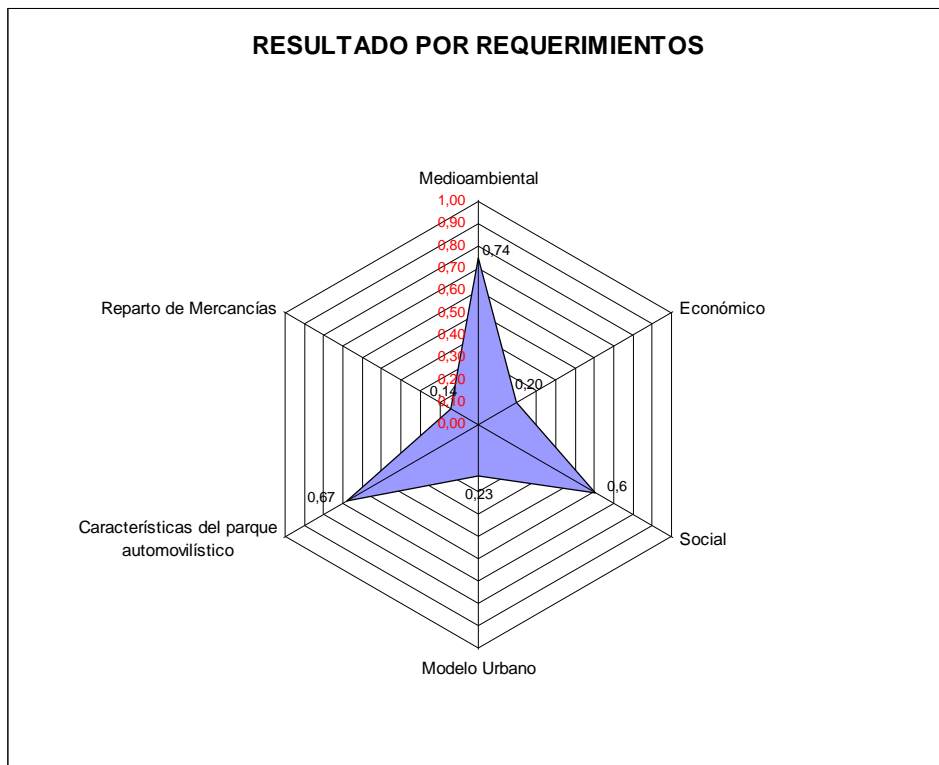


Figura 48. Representación gráfica de la sostenibilidad del transporte urbano den el barrio de Alza de Donostia-San Sebastián.

7.6 RESULTADOS DEL CASO PRACTICO DE ESTUDIO: BARRIO DE ZUBIETA

Zubieta es un barrio compartido por los municipios de San Sebastián y Usúrbil en la provincia de Guipúzcoa. Se encuentra a 9,5 km-s del centro de San Sebastián. Las localidades más cercanas son Usúrbil (a 3,5 km) y Lasarte-Oria (a 1,6 km). Se encuentra en la rica vega del río Oria. El río, que hasta llegar a Zubieta discurre en dirección sur-norte, traza un amplio meandro a la altura de Zubieta y pasa a discurrir en dirección este-oeste. De hecho el río Oria marca los límites este y norte de Zubieta, separándolo de Lasarte-Oria y Usúrbil respectivamente. Por el oeste, un arroyo marca el límite también con el término de Usúrbil. Por el sur, otro arroyo marca la frontera de Zubieta con Andoáin y Cizúrquil.

El territorio de Zubieta se extiende aproximadamente por 4,5 km². La mayor parte del territorio pertenece a San Sebastián, formando un enclave de dicho municipio entre Lasarte-Oria, Usúrbil, Andoáin y Cizúrquil. Sin embargo dentro del territorio donostiarra de Zubieta, especialmente en su parte norte, hay a su vez numerosos y pequeños enclaves que pertenecen a Usúrbil formando un mosaico en el que es muy difícil discernir qué partes de Zubieta pertenecen a San Sebastián y cuales a Usúrbil.

El territorio de Zubieta se puede dividir en tres sectores: la parte norte que es llana y de vega del río, donde se encuentra el pueblo de Zubieta y la mayor parte de los caseríos; la parte este, también llana y de vega, queda frente a la ciudad de Lasarte-Oria y ha sido aprovechada para la construcción de varias infraestructuras

(Hipódromo, autovía A-1, mercado de abastos, etc.); y el resto de Zubieta, que es montuoso y boscoso, y recibe el nombre genérico de Zubietamendi.

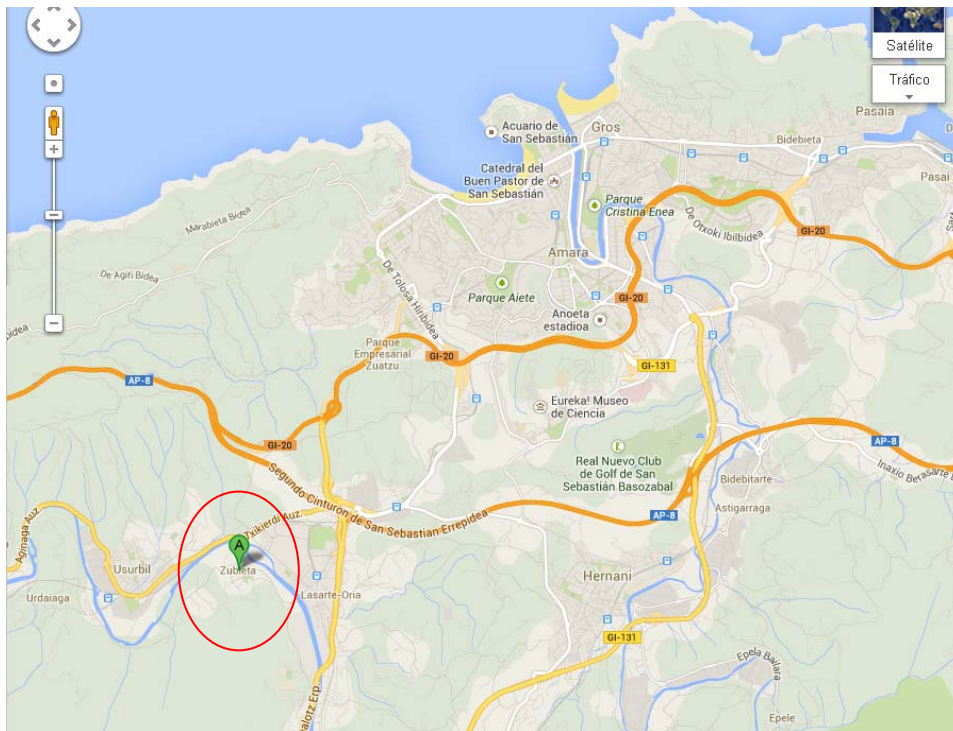


Figura 49. Situación del barrio de Zubieta (fuente: Google maps).

Se va a proceder a evaluar cada uno de los 6 requerimientos que forman parte del índice de evaluación de la sostenibilidad del transporte para el caso del barrio de Zubieta de Donostia-San Sebastián.

En caso de que no se disponga de datos para evaluar alguno de los criterios, se tomará por defecto el valor asignado para el total del entorno urbano, en este caso Donostia-San Sebastián.

7.6.1 Requerimiento 1: medioambiental

Este primer requerimiento consta de 4 criterios que habrá que evaluar para el caso del barrio de Zubieta de Donostia-San Sebastián.

7.6.1.1 CRITERIO 1: CALIDAD DEL AIRE

Por un lado, ninguna de las estaciones de la red de vigilancia del aire está situada en el barrio de Zubieta y por otro lado, no se disponen de datos del ICA por estaciones, sino por zonas. Por ello, el criterio 1 tomará el mismo valor para el barrio de Zubieta que para Donostia.

7.6.1.2 CRITERIO 2: EMISIONES GEI (CO₂)

En este caso también se tomarán los datos globales al no disponer de una distribución de emisiones más detallada.

7.6.1.3 CRITERIO 3: REPARTO MODAL

Una vez obtenidos los porcentajes de participación de los distintos modos utilizados [211] y sabiendo que a mayor participación del vehículo privado menos sostenible será el transporte de determinado entorno, utilizando el sistema de puntuación propuesto se obtiene la puntuación y el valor normalizado del tercer criterio:

<i>MODO</i>	<i>%</i>
Peatón/bici	43
Automóvil	43
TP	14
TOTAL	100

Tabla 210. Distribución de los desplazamientos por modos de transporte en Donostia-San Sebastián (Fuente: Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián).

La valoración obtenida es la que aparece en la tabla Tabla 211:

<i>MODO</i>	<i>Puntos</i>
Valor del vehículo privado	3
Valor del TP colectivo	4
Valor de los desplazamientos andando/bici	3
TOTAL	36

Tabla 211. puntuación obtenida para el criterio 3.

La puntuación y el valor normalizado son los siguientes (Tabla 211):

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
36	0.4375

Tabla 212. puntuación y normalización obtenida para el criterio 3.

7.6.1.4 CRITERIO 4: MODOS NO MOTORIZADOS Y MÁS SOSTENIBLES

En este caso se quiere obtener el valor del criterio 4 para parte del entorno urbano, para el barrio de Zubieta.

Oferta/demanda peatones:

De la matriz construida para la evaluación global de Donostia-San Sebastian, sólo se tendrán en cuenta los términos de la fila o columna correspondiente al barrio de Zubieta:

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
Zu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 213. Fila y columna correspondiente al barrio de Zubieta en la matriz global.

Desde el punto de vista del peatón, la sostenibilidad total se daría si el valor de la suma de todos los términos de la fila/columna fuera $17+1 = 18$. La puntuación y el valor normalizado:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0	0.0

Tabla 214. puntuación y normalización obtenida para el parámetro oferta/demanda peatones del criterio 4 para el barrio de zubieta.

Oferta/demanda bicicletas:

Utilizando la misma metodología, sólo se tendrán en cuenta los términos de la fila o columna correspondiente al barrio de Alza, la matriz resultante será (Tabla 215):

	C.	Ig	An.	Ib	Añ	Zu	AB	Lo	M	E	Gr	AU	MB	Al	In	Ai	MZ
Zu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 215. Fila y columna correspondiente al barrio de Zubieta en la matriz global.

Desde el punto de vista del uso de la bicicleta, la sostenibilidad total se daría si el valor de la suma de todos los términos de la matriz fuera $4 + (n - 1) = 20$. La puntuación y el valor normalizado (Tabla 216):

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0	0.0

Tabla 216. puntuación y normalización obtenida para el parámetro oferta/demanda bicicletas del criterio 4 para el barrio de Zubieta.

Oferta/demanda otros:

Se propone tomar los valores globales obtenidos para todo el entorno urbano, ya que no tiene sentido físico individualizarlos para parte del entorno.

Partiendo de este conjunto de tres parámetros, se plantea el indicador correspondiente los modos no motorizados y más sostenibles, de forma que, el ochenta por ciento del peso del mismo se encuentra condicionado por la mayor necesidad de realizar labores

de conexión y gestión de la oferta y demanda de peatones y bicicletas y el 20% a las otras posibles medidas relacionadas con el uso responsable del vehículo privado:

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
O/D peatones	0.4 · 0.0
O/D bicicletas	0.4 · 0.0
O/D otros	0.2 · 0.4375
TOTAL	0.0875

Tabla 217. Resultados para el criterio modos no motorizados y más sostenibles en Zubieta.

7.6.1.5 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO MEDIOAMBIENTAL

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento medioambiental para el caso del barrio de Zubieta de Donostia – San Sebastián.

<i>Criterios del requerimiento Medioambiental</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Calidad del Aire	0,96	16%	0,15
Emisiones GEI	0,60	16%	0,09
Reparto Modal	0,44	61%	0,27
Modos No motorizados y más sostenibles	0,09	7%	0,01
Requerimiento Medioambiental			0,52

Tabla 218. Resultados para el requerimiento medioambiental en Zubieta.

7.6.2 Requerimiento 2: económico

Los resultados para el requerimiento económico en el barrio de Zubieta serán los siguientes.

7.6.2.1 CRITERIO 1: CRECIMIENTO DEL TRANSPORTE

Se tomarán los datos globales al no disponer de una distribución del crecimiento más detallada.

7.6.2.2 CRITERIO 2: CONSUMO ENERGÉTICO

Se tomarán los datos globales al no disponer de una distribución del consumo más detallada.

7.6.2.3 CRITERIO 3: COSTES DEL TRANSPORTE URBANO

A nivel local los instrumentos más importantes que se están implementando son:

- Recargos sobre medidas nacionales o federales.
- Tarifas de estacionamiento.
- Tarificación de vías urbanas y por congestión.

Teniendo en cuenta las 17 subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano de Donostia se deberán tomar las puntuaciones obtenidas en el barrio de Zubieta:

	<i>Recargos</i>	<i>OTA</i>	<i>Peajes/Permisos</i>
Zubieta	0	0	0
TOTAL		0	

Tabla 219. puntuación obtenida para el criterio 3.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0	0.0

Tabla 220. puntuación y normalización obtenida para el criterio 3.

7.6.2.4 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO ECONOMICO

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento económico para el caso del barrio de Zubieta de Donostia – San Sebastián.

<i>Criterios del requerimiento Económico</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Crecimiento del transporte	0,17	16%	0,03
Consumo energético	0,67	25%	0,17
Costes del transporte urbano	0	59%	0
Requerimiento Económico			0,2

Tabla 221. Resultados para el requerimiento económico en Zubieta.

7.6.3 Requerimiento 3: social

7.6.3.1 CRITERIO 1: SEGURIDAD.

Para cuantificar el criterio de seguridad, se tomará el mismo valor que para toda la ciudad, ya que no se disponen de datos por zonas.

7.6.3.2 CRITERIO 2: RUIDO.

Niveles de ruido debidos al tráfico:

De los mapas de ruido elaborados para Donostia-San Sebastián, se pueden obtener a que niveles de ruido está expuesta la población del barrio de Zubieta y se obtiene la siguiente puntuación y valor normalizado:

	<i>Rango máximo</i>	<i>Puntos</i>
Zubieta	2	0,2

Tabla 222. puntuación obtenida para el parámetro niveles de ruido debido al tráfico.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0.2	0.8

Tabla 223. puntuación y normalización obtenida para el parámetro niveles de ruido debido al tráfico.

Población afectada

Para tener en cuenta el porcentaje de población al que afectan estos niveles de ruido, se tienen en cuenta los mapas de ruido nocturnos, puesto que son los valores más restrictivos y, además son los ruidos que más afectan a ser humano ya que influyen en el descanso nocturno, se tendrá en cuenta la población que excede por encima de los 55 dB marcados por la OMS:

<i>Indicador</i>	<i>% Población</i>	<i>Puntos</i>
ILGR-TOTAL	27,6	2

Tabla 224. puntuación obtenida para el parámetro porcentaje de población afectada por el ruido nocturno debido al tráfico.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
2	0.67

Tabla 225. Puntuación y normalización obtenida para los niveles de ruido debido al tráfico.

El valor resultante para el criterio de ruido en el barrio de Zubieta será:

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
Nivel de ruido	$0.3 \cdot 0.8$
Población afectada	$0.7 \cdot 0.67$
TOTAL	0.709

Tabla 226. Resultados para el criterio de ruido en Zubieta.

7.6.3.3 CRITERIO 3: CONFORTABILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO.

Para poder evaluar este criterio para el Barrio de Zubieta, se tomarán los valores correspondientes a la fila y columna del barrio en cuestión, ya que la matriz no es simétrica. Teniendo en cuenta el sistema de puntuación propuesto, y los resultados obtenidos, la puntuación obtenida por el TP público de Zubieta sera:

<i>Relación entre tiempos de viaje del TP y vehículo privado</i>	<i>Puntos</i>
$\geq 80\%$ de los valores de T_i son > 1.5	6

Tabla 227. puntuación obtenida para el parámetro tiempos de viaje en TP.

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0	0.0

Tabla 228. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro tiempos de viaje en TP.

Para evaluar los trasbordos en TP también se tendrá en cuenta la fila y columna correspondientes al barrio de Zubieta y los resultados obtenidos son los siguientes:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
33	0.4844

Tabla 229. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro trasbordos en TP.

Por último, en lo referente a la confortabilidad del TP, se tendrán que tener en cuenta la frecuencia de las líneas de TP que unen las distintas subzonas en las que se ha dividido el entorno urbano con Zubieta teniendo en cuenta la fila y columna correspondientes al barrio de Zubieta y los resultados obtenidos son los siguientes:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
13.5	0.4219

Tabla 230. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro trasbordos en TP.

El valor resultante para el criterio de confortabilidad del transporte público en el barrio de Zubieta será:

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
Relación tiempos de viaje	0.5 · 0.5
Trasbordos	0.2 · 0.4844
Frecuencia	0.3 · 0.4219
TOTAL	0.2235

Tabla 231. Resultados para el criterio de ruido en Zubieta.

7.6.3.4 CRITERIO 4: ACCESIBILIDAD.

Para cuantificar el criterio de accesibilidad, se tomará el mismo valor que para toda la ciudad.

7.6.3.5 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO SOCIAL

A continuación, en la Tabla 232, se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento social para el caso del barrio de Zubieta de Donostia – San Sebastián.

<i>Criterios del requerimiento social</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Seguridad	0,58	0,35	0,20
Ruido	0,709	0,11	0,08
Confortabilidad TP	0,2235	0,35	0,078
Accesibilidad	0,9	0,19	0,17
Requerimiento Social			0,53

Tabla 232. Resultados para requerimiento social en Zubieta.

7.6.4 **Requerimiento: modelo urbano.**

No existen grandes diferencias entre los 17 barrios en los que está dividida la ciudad de Donostia en lo referente al modelo urbano al que responden. Por ello, se ha optado por tomar los valores globales obtenidos para todo el entorno urbano.

A continuación, en la Tabla 233, se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento modelo urbano para el caso del barrio de Zubieta de Donostia – San Sebastián.

<i>Criterios del requerimiento Modelo Urbano</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Modelo Urbano	0,15	25%	0,04
Características de las red de transporte	0,25	75%	0,19
Requerimiento Modelo Urbano			0,23

Tabla 233. Resultados para requerimiento modelo urbano en Zubieta.

7.6.5 **Requerimiento: características del parque automovilístico**

7.6.5.1 *CRITERIO 1: TASA DE MOTORIZACIÓN.*

Se tomarán los datos globales al no disponer de una distribución del consumo más detallada.

7.6.5.2 *CRITERIO 2: TIPO DE VEHÍCULO.*

Se tomarán los datos globales al no disponer de una distribución del consumo más detallada.

7.6.5.3 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE AUTOMOVILISTICO

A continuación, en la Tabla 234, se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento características del parque automovilístico:

<i>Criterios del requerimiento Características del parque automovilístico</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Tasa de motorización	0,63	50%	0,32
Tipo de vehículo	0,71	50%	0,36
Requerimiento Características del parque automovilístico			0,67

Tabla 234. Resultados para requerimiento características del parque automovilístico en Zubieta.

7.6.6 Requerimiento: reparto de mercancías

El barrio de Zubieta es un barrio sobre todo rural, sin apenas comercio por lo que la DUM es casi inexistente.

7.6.6.1 CRITERIO 1: OFERTA

En esta zona concreta no se han implementado medidas especiales relacionadas con la distribución eficiente de productos en la ciudad, de manera que la distribución de puntos será y el resultado de la normalización serán:

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0	0.0

Tabla 235. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro oferta en la distribución urbana de mercancías

7.6.6.2 CRITERIO 2: DEMANDA

Las puntuaciones recibidas según el sistema propuesto:

	<i>Alimentación</i>	<i>Hostelería</i>	<i>Resto</i>
Zu	0	0,5	0,25
TOTAL		0,75	

Tabla 236. Puntuación el parámetro demanda en la distribución urbana de mercancías.

La puntuación máxima que se podrá obtener para un único barrio será para $n = 1$:

$$n + \frac{1}{2} \cdot n + \frac{1}{4} \cdot n = \frac{7}{4} \cdot n = 1,75$$

<i>Puntuación</i>	<i>Valor Normalizado</i>
0.75	0.4286

Tabla 237. Puntuación y normalización obtenida para el parámetro demanda en la distribución urbana de mercancías.

7.6.6.3 CRITERIO 3: EFICIENCIA

Respecto a las medidas de eficiencia, no existe ninguna aplicada en el barrio de Zubieta por lo que la puntuación obtenida será (Tabla 238):

<i>ACTUACION DE CONTROL</i>	<i>PUNTOS</i>
Distribución ecológica de la última milla.	0
Centro de distribución urbana de mercancías.	0
Distribución nocturna:	0
TOTAL	0

Tabla 238. Puntuación el parámetro eficiencia en la distribución urbana de mercancías.

El valor resultante para el criterio de distribución urbana de mercancías en el barrio de Zubieta será (Tabla 239):

<i>Indicador</i>	<i>Valor</i>
Oferta	0.43 · 0.0
Demanda	0.14 · 0.4286
Eficiencia	0.43 · 0.0
TOTAL	0.06

Tabla 239. Resultados para el criterio de ruido en Zubieta.

7.6.6.4 RESULTADOS DEL CONJUNTO DE CRITERIOS EN EL REQUERIMIENTO REPARTO DE MERCANCÍAS

A continuación se representan los resultados del conjunto de criterios del requerimiento reparto de mercancías Tabla 240.

<i>Criterios del requerimiento Reparto de Mercancías</i>	<i>Valor</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>
Oferta	0,0	43%	0,0
Demanda	0,4286	14%	0,06
Eficiencia	0,0	43%	0,00
Requerimiento Reparto de Mercancías			0,06

Tabla 240. Resultados para requerimiento reparto de mercancías en Zubieta.

7.6.7 Resultado asociado al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte urbano en el barrio de zubieta de donostia-san sebastian

Los resultados para cada requerimiento para el barrio de Zubieta son los representados en la siguiente Tabla 241:

<i>REQUERIMIENTO</i>	<i>RESULTADO</i>
Medioambiental	0,52
Económico	0,20
Social	0,53
Modelo Urbano	0,23
Características del parque automovilístico	0,67
Reparto de Mercancías	0,06

Tabla 241. Resultados para el índice de sostenibilidad del transporte urbano en Zubieta.

Llevando a cabo una representación gráfica mediante un diagrama de araña, del conjunto de resultados obtenidos en todos los requerimientos (Figura 50), se puede observar como, se supera el valor medio en tres de los requerimientos: medioambiental, reparto de mercancías y características del parque automovilístico y es el requerimiento del modelo urbano el que obtiene la puntuación más baja.

Del valor global del conjunto de requerimientos, suponiendo que todos ellos se encuentran igualmente ponderados, el valor correspondiente al índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad que se obtiene utilizando una media aritmética, en el caso del barrio de Zubieta de Donostia-San Sebastian es de “0,36”.

RESULTADO POR REQUERIMIENTOS

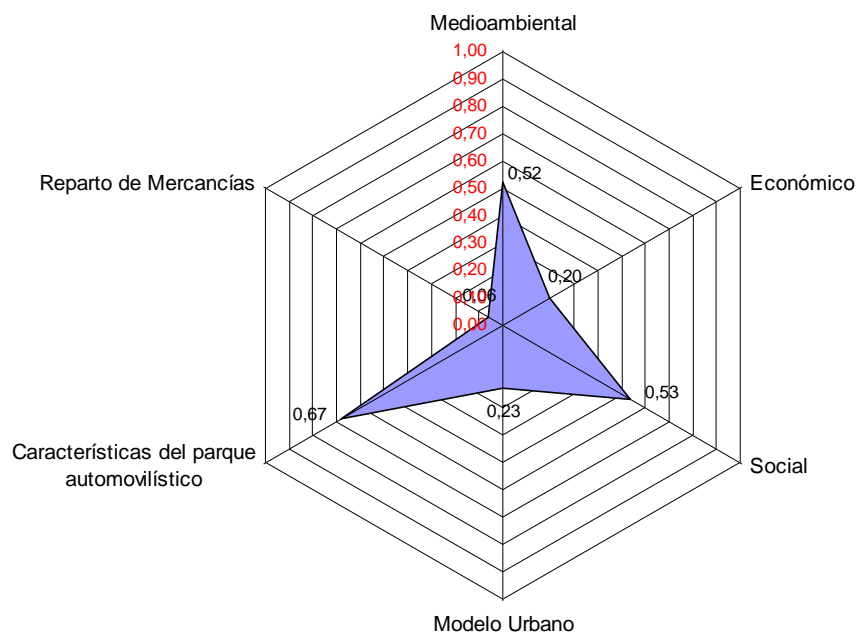


Figura 50. Representación gráfica de la sostenibilidad del transporte urbano en el barrio de Zubieta de Donostia-San Sebastián.

7.7 RESUMEN DE LOS RESULTADOS POR REQUERIMIENTO

Se ha aplicado la metodología propuesta a la totalidad del entorno urbano de Donostia-San Sebastián y después a varias subzonas (barrios) con determinadas características para ver cómo cambia el índice y analizar los resultados. De esta manera se podrá validar la metodología y la herramienta utilizada, y en caso de necesidad se podría aplicar a otro entorno urbano.

A continuación, se va a realizar un resumen de los resultados obtenidos ordenados por requerimientos comentando los aspectos más destacables.

7.7.1 Requerimiento 1: medioambiental

En la Tabla 242 se representa un resumen de los resultados obtenidos para el requerimiento medioambiental para todo el entorno urbano de Donostia-San Sebastián y para los dos barrios seleccionados Alza y Zubieta:

<i>Criterios del requerimiento</i>	<i>Valor</i>			<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>		
	SS	Alz	Zubieta		SS	Alza	Zubieta
<i>Medioambiental</i>							
		a					
Calidad del Aire	0,94	0,94	0,94	16%	0,15	0,15	0,15
Emissiones GEI	0,60	0,60	0,60	16%	0,09	0,09	0,09
Reparto Modal	0,76	0,76	0,44	61%	0,47	0,47	0,27
Modos No motorizados y más sostenibles	0,40	0,43	0,09	7%	0,03	0,03	0,01
	Requerimiento Medioambiental				0,74	0,74	0,52

Tabla 242. Resultados globales y locales para el requerimiento medioambiental.

En Donostia no existen barrios o zonas especialmente castigadas por la contaminación del aire o emisiones GEI, a ese respecto es bastante uniforme, por ello los valores de las emisiones no contemplan variaciones significativas y el resultado es constante en todos los casos analizados. Quizás para los casos de Zubieta e Igueldo,

los resultados obtenidos serían algo mejores, son barrios rurales y bastante apartados del núcleo urbano.

En lo que al reparto modal se refiere, los resultados concuerdan con lo esperado, el barrio de Alza, situado al este de la ciudad y con pendiente pero bien comunicado, tiene un reparto modal bastante parecido al global y en cambio para el barrio de Zubieta aumenta el uso del vehículo privado y disminuyes el del TP, debido a los malos horarios y malas conexiones con el resto del entorno urbano. El valor global y el del barrio de Alza ronda el 0,8 por lo que está muy bien en lo que a sostenibilidad se refiere y el barrio de Zubieta no consigue llegar al 0,5 su localización y baja población hacen que el TP no tenga buenas frecuencias ni conexiones con el resto de barrios.

Por último, al intentar evaluar los modos no motorizados y más sostenibles, el valor global no consigue llegar al 0,5, ya que aunque haya numerosas infraestructuras para el uso de la bici y el tránsito peatonal en las interconexiones entre distintos barrios las distancias y la orografía del terreno, hacen que dicha opción sea poco viable. El barrio de Alza, debido a sus buenas conexiones obtiene un valor un poco por encima del entorno global y en cambio Zubieta al estar apartada y mal conectada obtiene un valor muy por debajo del valor medio.

El resultado global para Donostia es satisfactorio desde el punto de vista de la sostenibilidad, se obtiene un valor de 0,74 y el mismo para Alza. En cambio Zubieta se ve penalizada obteniendo un valor de 0,52 por su situación y malas conexiones para cualquier otro modo de transporte que no sea el vehículo privado.

7.7.2 Requerimiento 2: económico

La siguiente Tabla 243, representa un resumen de los resultados obtenidos para el requerimiento económico para todo en entorno urbano de Donostia-San Sebastián y para los dos barrios seleccionados.

<i>Criterios del requerimiento Económico</i>	<i>Valor</i>			<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>		
	<i>SS</i>	<i>Alza</i>	<i>Zubieta</i>		<i>SS</i>	<i>Alza</i>	<i>Zubiet a</i>
Crecimiento del transporte	0,17	0,17	0,17	16%	0,03	0,03	0,03
Consumo energético	0,67	0,67	0,67	25%	0,17	0,17	0,17
Costes del transporte urbano	0,39	0	0	59%	0,23	0	0
Requerimiento Económico					0,43	0,2	0,2

Tabla 243. Resultados globales y locales para el requerimiento económico.

Los datos necesarios para valorar los criterios de “Crecimiento del transporte” y “Consumo energético” son globales y por tanto, se asume que no existen grandes diferencias entre zonas de Donostia.

Puede verse que el crecimiento de la economía ha ido por debajo del crecimiento del transporte y por ello se obtiene un valor muy poco sostenible para el primer criterio. El consumo energético, depende sobre todo del petróleo y derivados, pero al disminuir la intensidad energética el valor de este segundo criterio mejora llegando al 0,67. A este respecto habría que analizar quizás en mayor profundidad si esta disminución energética es debida a una mayor sostenibilidad del transporte a este respecto o fruto de la actual coyuntura económica.

En lo que al tercer criterio se refiere, la valoración global no es muy buena y la de los barrios pésima. Ello es debido a que la única medida que se ha adoptado es la de la tarificación del estacionamiento (OTA) y no en toda la ciudad, por ello, sería posible implementar alguna de las medidas más utilizadas en otros entornos en los que se haya buscado el objetivo de disminuir notablemente el uso del vehículo privado.

7.7.3 Requerimiento 3: social

La Tabla 244 representa un resumen de los resultados obtenidos para el requerimiento social para todo en entorno urbano de Donostia-San Sebastián y para los dos barrios seleccionados:

<i>Criterios del requerimiento social</i>	<i>Valor</i>			<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>		
	SS	Alza	Zubieta		SS	Alza	Zubieta
Seguridad	0,58	0,58	0,58	35%	0,20	0,20	0,20
Ruido	0,553	0,589	0,709	11%	0,06	0,06	0,08
Confortabilidad del TP	0,507	0,472	0,2235	35%	0,18	0,17	0,078
Accesibilidad	0,9	0,9	0,9	19%	0,17	0,17	0,17
Requerimiento Social					0,61	0,6	0,53

Tabla 244. Resultados globales y locales para el requerimiento social.

El criterio de seguridad toma el mismo valor para todos los casos, se observa la evolución del número de accidentes en un determinado periodo de tiempo, pero sin concretar en qué zona del entorno urbano se producen. Los accidentes en general disminuyen, tanto los que se producen con víctimas y sin víctimas, pero hay un aumento de los atropellos, lo que reduce un poco el valor de este criterio.

Los datos del ruido están perfectamente detallados en los mapas de ruido de la ciudad y se cuantifica este segundo criterio con exactitud para cada zona. El valor global queda por encima del 0,5 y en ambos barrios es mejorado debido a su posición periférica. En el caso de Zubieta es notablemente mejor, tal y como era de esperar, por su baja densidad de carreteras con mucho tráfico, baja población, y situación geográfica.

El tercer criterio de este requerimiento “Confortabilidad del transporte público” está obtenido teniendo en cuenta las variables más significativas para el usuario a la hora

de elegir un modo de transporte para realizar un determinado viaje. Para el entorno completo se obtiene un 0,507, que podría mejorarse intentando optimizar el TP de determinadas zonas periféricas. Entre ellas Zubieta, ya que posee unas pésimas conexiones vía TP para casi cualquier desplazamiento. El barrio de Alza en cambio, cuenta con un mejor servicio de TP y ello hace que el valor de este criterio sea cercano al valor medio.

La accesibilidad está bien contemplada en el TP y ello hace que se obtenga un valor muy cercano a la unidad para este criterio en los tres casos.

7.7.4 Requerimiento 4: modelo urbano

La Tabla 245 representa un resumen de los resultados obtenidos para el requerimiento modelo urbano para todo en entorno urbano de Donostia-San Sebastián y para los dos barrios seleccionados:

<i>Criterios del requerimiento</i>	<i>Valor</i>			<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>		
	SS	Alza	Zubieta		SS	Alza	Zubieta
Modelo Urbano	0,15	0,15	0,15	25%	0,04	0,04	0,04
Características de las red de transporte	0,25	0,25	0,25	75%	0,19	0,19	0,19
Requerimiento Modelo Urbano					0,23	0,23	0,23

Tabla 245. Resultados globales y locales para el requerimiento modelo urbano.

Para los casos concretos de Zubieta e Igueldo, el criterio que cuantifica las características de la red de transporte quizás obtendrían un valor más bajo, ya que la superficie destinada a infraestructuras sería algo menor, pero es difícil de cuantificar y el resultado apenas variaría. En lo que al resto de subzonas se refiere, apenas hay diferencias en el tipo de modelo urbano que constituyen, la ciudad de Donostia es bastante uniforme a este respecto.

7.7.5 Requerimiento 5: características del parque automovilístico

La Tabla 246 contiene el resumen de los resultados para este requerimiento:

<i>Criterios del requerimiento</i>	<i>Valor</i>			<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>		
	SS	Alza	Zubieta		SS	Alza	Zubieta
<i>Características del parque automovilístico</i>							
Tasa de motorización	0,63	0,63	0,63	50%	0,32	0,32	0,32
Tipo de vehículo	0,71	0,71	0,71	50%	0,36	0,36	0,36
Requerimiento Características del parque automovilístico					0,67	0,67	0,67

Tabla 246. Resultados globales y locales para el requerimiento características del parque automovilístico.

Se cuantifican la tasa de motorización y el tipo de vehículo con datos globales y se mantienen para los barrios, se asume uniformidad en la tasa de motorización y tipo de vehículo (haciendo referencia a las emisiones) para todo el entorno.

7.7.6 Requerimiento 6: reparto de mercancías

La Tabla 247 contiene el resumen de los resultados para este requerimiento:

<i>Criterios del requerimiento</i>	<i>Valor</i>			<i>Ponderación</i>	<i>Resultado</i>		
	SS	Alza	Zubieta		SS	Alza	Zubieta
<i>Reparto de Mercancías</i>							
Oferta	1	0,33	0,0	43%	0,43	0,15	0,0
Demanda	0,17	0,0	0,4286	14%	0,02	0,00	0,06
Eficiencia	0,67	0,0	0,0	43%	0,29	0,00	0,00
Requerimiento Reparto de Mercancías					0,74	0,15	0,06

Tabla 247. Resultados globales y locales para el requerimiento reparto de mercancías.

El entorno global de Donostia, ha implementado medidas de mejora de la sostenibilidad en el reparto de mercancías, pero todas o casi todas localizadas en la

zona centro y parte vieja, zonas principalmente comerciales de la ciudad. El resto de barrios, casi en su totalidad funcionan de forma autónoma, se autoabastecen con los procedimientos tradicionales, sin medidas encaminadas a la sostenibilidad del mismo. Por ello, los valores obtenidos son tan malos desde el punto de vista de la sostenibilidad.

7.8 RESULTADOS ASOCIADOS AL INDICE DE SENSIBILIDAD FRENTE A LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE URBANO EN DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

En la siguiente tabla, Tabla 248, se representan los resultados de cada requerimiento y el valor total del índice para todo el entorno urbano y para los barrios seleccionados:

REQUERIMIENTO	Donostia-San Sebastian	Alza	Zubieta
Medioambiental	0,68	0,74	0,52
Económico	0,43	0,20	0,20
Social	0,61	0,60	0,53
Modelo Urbano	0,23	0,23	0,23
Características del parque automovilístico	0,67	0,67	0,67
Reparto de Mercancías	0,74	0,14	0,06
Indice	0,56	0,43	0,37

Tabla 248. Resultados globales y locales para cada requerimiento y del índice total.

Los resultados prácticos obtenidos utilizando la metodología planteada para el caso de Donostia – San Sebastián son coherentes y lógicos conociendo la realidad del entorno urbano, aunque quizás convendría ajustar los pesos de cada uno de los requerimientos a la hora de calcular el índice global.

El término municipal completo obtiene un índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad que vale 0,56. El resultado final se ve penalizado por los resultados obtenidos en el requerimiento “Económico” y en el de “modelo urbano”. Este último, el requerimiento de modelo urbano, es un valor que cuesta modificar, ya que en gran parte viene determinado por la geografía de la ciudad. Se pueden ir adoptando distintas políticas urbanísticas para ir cambiando tendencias pero el modelo urbano como realidad física adoptada será lenta y difícil de cambiar en cualquier caso.

Los resultados del requerimiento económico pueden estar condicionados por la situación económica actual, ya que la disminución de la intensidad energética y los crecimientos del transporte y la economía están directamente relacionados con ella. En lo que a los costes del transporte urbano se refiere, cabe destacar que de momento solo se grava el aparcamiento, no por circular por el entorno urbano utilizando un sistema de peajes o permisos por zonas.

Dentro del requerimiento Social, están los criterios cuantificados con las variables más relacionadas con el TP y que dan una idea de cómo funciona y como lo percibe el usuario. Es en este campo en el que una administración local, como puede ser el ayuntamiento, puede tener un cierto poder de cambio y operabilidad. Es por ello, por lo que quizás se podría quitar algo de peso al requerimiento de modelo urbano a favor de éste último.

El barrio de Alza, periférico, con cuevas pero con unas buenas infraestructuras, ha obtenido un valor de 0,43 para el índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad. Algo por debajo del valor medio por haber empeorado los valores de los requerimientos de “Reparto de Mercancías” y el “Económico”.

Y en el caso de Zubieta, barrio periférico y con no tan buenas infraestructuras se ha obtenido un valor de 0,37 para el índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad. Ya que disminuyen los valores obtenidos en todos los requerimientos que no toman los valores globales. Se han ido obteniendo valores numéricos más alejados de la unidad

en todos aquellos criterios que tuvieran que ver con el TP, viajes en modos más sostenibles, etc.

8 CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

8.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se recopilan unas conclusiones globales sobre la problemática presentada, la metodología planteada, así como de los resultados de la evaluación del sistema del transporte urbano estudiado. También se realiza una reflexión sobre las futuras líneas de investigación que se pueden abrir, mediante la aplicación de la presente metodología en el propio ámbito de la sostenibilidad del transporte urbano.

La cada día más creciente sensibilización de la sociedad por lo que se ha venido a denominar “sostenibilidad”, se ha traducido en una serie de acciones que a nivel mundial tratan de evitar el deterioro del planeta, el agotamiento de los recursos naturales, o el reparto de riqueza entre países, evitando las desigualdades que coexisten hoy en día.

Dentro de las acciones establecidas existen algunas ligadas al sector del transporte, que han sido promulgadas por organizaciones nacionales e internacionales que aúnan esfuerzos en la definición de buenas prácticas en la movilidad, y en algunos casos se

definen herramientas que permitan establecer una valoración de la sostenibilidad del transporte, en los diferentes ámbitos que abarca el mismo.

En el caso del sistema de transporte urbano, la sostenibilidad del mismo está directamente relacionada con el resto de actividades del entorno e incluso con su distribución espacial. Es por ello, que en la búsqueda de herramientas de evaluación de la sostenibilidad del sistema de transporte urbano hace falta una herramienta que contemple toda esta globalidad, como es el planteamiento realizado en la presente tesis.

En el desarrollo de la presente Tesis Doctoral, se ha planteado una herramienta para la evaluación de un “índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad” del transporte urbano. La base de la metodología planteada, contempla la identificación y análisis de aquellos parámetros de diseño del transporte urbano, orientados a conseguir una reducción del conjunto de impactos que se generan en todos los aspectos en los que influye el transporte urbano. Este conjunto de impactos a los que se hacen referencia, no contempla únicamente requerimientos medioambientales, sociales y económicos, considerados tradicionalmente los tres pilares de la sostenibilidad del sistema de transporte urbano, sino que se proponen tres requerimientos adicionales por la importancia que presentan en la actividad del transporte urbano. Los tres requerimientos adicionales hacen referencia al modelo urbano en el que opera el sistema de transporte, las características del parque de vehículos y las características del sistema de reparto de mercancías.

Todo el conjunto de aspectos relacionados con el transporte urbano, se han estructurado jerárquicamente en un modelo de evaluación para sistemas de transporte en entornos urbanos. Este modelo presenta una herramienta matemática relacionada con la teoría general de toma de decisiones, que permite en una primera fase, seleccionar los criterios de evaluación más relevantes, siguiendo unas pautas de actuación o estrategias, y en una segunda fase, se utiliza en la definición del sistema

de ponderación del conjunto de criterios seleccionados para cuantificar numéricamente la sensibilidad frente a la sostenibilidad, que se encuentra implícita en el transporte urbano.

El carácter práctico de la metodología se ha validado mediante su aplicación a un conjunto urbano, primero en su totalidad y a continuación a un par de barrios que forman parte de dicho entorno.

Dentro de este contexto, el objetivo de este capítulo es, por un lado, exponer las conclusiones generales del trabajo de investigación, y por otro enunciar cuales pueden ser las futuras líneas de investigación relacionadas con este ámbito de trabajo.

8.2 CONCLUSIONES

El trabajo de esta tesis doctoral ha consistido en crear un índice para evaluar la sostenibilidad del transporte en entornos urbanos y su aplicación a la ciudad de Donostia-San Sebastián para validarlo. La principal contribución de este trabajo es que se ha creado una herramienta que puede ser utilizada para mejorar la sostenibilidad de un sistema de transporte urbano dando prioridad a ciertas acciones y observando el comportamiento del entorno a través del valor obtenido para el índice tanto a escala global como a escala local.

8.2.1 Referidas al problema

Existe una gran cantidad de estudios y herramientas encargadas de medir la sostenibilidad del transporte en general, y del transporte urbano en particular. Todos ellos se han centrado en uno o varios aspectos relacionados con el transporte urbano y han determinado la influencia del mismo en la sostenibilidad, obteniendo como resultado una herramienta que mide la influencia de dicha variable en la sostenibilidad del sistema de transporte urbano. Este trabajo presenta una herramienta que tiene en cuenta los diversos aspectos externos con los que interactúa el transporte

urbano y con los que tiene una relación directa influyendo en la sostenibilidad del mismo.

La metodología planteada define una serie de criterios específicos, para la evaluación de la sensibilidad frente a la sostenibilidad del sistema de transporte urbano, ámbito éste, en el cual se ha podido comprobar que apenas existen soluciones a esta problemática con un enfoque global que incluya a la vez el transporte de viajeros y de mercancías, lo cual es una de las principales novedades de la metodología planteada.

8.2.2 Referidas a la metodología

Se ha utilizado la metodología MIVES entre otras posibles opciones por su aplicabilidad en diferentes ámbitos ya contrastada es otras publicaciones y tesis. La metodología planteada permite evaluar un índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad del transporte en un entorno urbano, mediante su caracterización a través de seis requerimientos fundamentales para el transporte en estos entornos, como son el medio ambiente, la economía y el social, junto con el modelo urbano, las características del parque de vehículos y el reparto de mercancías.

La herramienta diseñada utiliza un sistema jerarquizado de todos los elementos de evaluación que la componen, 6 requerimientos, 18 criterios y 44 indicadores. La aplicación de esta metodología multicriterio permite realizar la toma de decisión, a través de un sistema de ponderación de todos y cada uno de los elementos que la forman que se encuentra igualmente jerarquizado por niveles. Cada uno de los niveles se corresponde con los elementos de evaluación, de forma que se ha planteado un nivel de requerimientos que se encuentra ponderado para definir el índice de sensibilidad. Por debajo de cada requerimiento existe un nivel de criterios ponderado, y por debajo de cada criterio existe un último nivel de indicadores igualmente ponderado.

Este sistema de ponderación ha sido cuantificado por un panel de expertos en el que ha formado parte: técnicos de diputación, especialistas, etc.

8.2.3 Referidas a la aplicación

La metodología descrita es intuitiva, versátil, accesible y fácil de usar. No es necesario tener conocimientos profundos y la selección de criterios e indicadores se ha realizado teniendo en cuenta los datos que publican las distintas administraciones en la mayoría de ciudades Europeas, asegurándose así la disponibilidad de los mismos.

Con este planteamiento, se puede realizar el seguimiento de los parámetros de sostenibilidad planteados para el sistema de transporte urbano a lo largo del tiempo.

La representación gráfica de los resultados obtenidos mediante la metodología planteada, permite observar de una forma rápida cuales son los puntos fuertes y débiles del transporte urbano, planteado a través de los seis requerimientos de estudio. De esta forma, se pueden definir los ámbitos o requerimientos, de posible actuación para tratar de mejorar la solución adoptada. Además, con objeto de facilitar este proceso de mejora se plantea una representación gráfica de los resultados.

8.2.4 Referidas al ejemplo realizado

De la misma forma que se ha utilizado esta herramienta para primero intentar cuantificar como de sostenible es el transporte urbano en la ciudad de Donostia-San Sebastián, viendo cuáles son sus puntos débiles y en consecuencia las posibles mejoras, también se puede utilizar para cuantificar como de alejado está el valor del índice de sensibilidad frente a la sostenibilidad de una subzona del valor global obtenido. Es decir, se puede aplicar la metodología descrita a un barrio, obtener un valor para el índice en dicha subzona y después compararla con el valor global obtenido. Así se pueden intentar cuantificar las carencias y posibles mejoras a

introducir para mejorar dicho aspecto dentro de la subzona analizada. De esta forma, se conseguiría saber que subzonas y que aspectos habría que mejorar para no tener ningún barrio marginado en este aspecto respecto a la media y a los demás que componen el entorno urbano en estudio.

8.3 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA

Con el objetivo de mejorar la herramienta de medida y para establecer los límites del enfoque a través del cual se ha tratado el problema de la sostenibilidad del transporte urbano, se proponen como futuras líneas de investigación algunas de las cuestiones que se mencionan a continuación:

- a) A pesar de que los datos utilizados por el modelo están disponibles en la mayoría de los resúmenes estadísticos de las administraciones locales (ayuntamientos, diputaciones o gobiernos locales), se puede proponer un estudio para crear valores por defecto o grupos de indicadores similares en una versión posterior del índice. Este enfoque podría resolver la posible falta de recursos de una administración a la hora de obtener datos necesarios para el funcionamiento del modelo ante la ausencia de los mismos para su entorno urbano.
- b) Utilización de alguno de los valores de los criterios del índice, para identificar las zonas del municipio que tengan peores sistemas de comunicación y la aplicación de los mismos para la creación de nuevas líneas de transporte o infraestructuras municipales (evitando la marginación de barrios).
- c) Se podría analizar como es el comportamiento del índice con diferentes tipologías de ciudades en función del tamaño de la misma, las actividades principales, la localización, etc. de modo que el valor del índice tenga valores óptimos diferentes según estos y otros parámetros.
- d) Todos los requerimientos del índice en esta primera versión tienen el mismo peso, pero la metodología permite cambios en función de las necesidades o

las prioridades de cada ciudad o administración. Se podría abordar una discusión del peso de cada requerimiento dependiendo de las características del área urbana que se está estudiando (área industrial, área residencial, área de negocio, etc.).

9 REFERENCIAS

1. **World Commission on Environment and Development** (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, United Nations Documents, New York.
2. **Ministerio de Fomento** (2016). *Observatorio del transporte y la logística en España: Informe anual 2015*. División de Prospectiva y Tecnología del Transporte de la Secretaría General de Transporte.
http://observatoriotransporte.fomento.gob.es/OTLE/lang_castellano/
3. **Comisión de las Comunidades Europeas** (2001). *Libro Blanco sobre la política europea de transportes de cara al 2010: La hora de la verdad* (ISBN 92-894-0337-3). Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
4. **Comisión de las Comunidades Europeas** (2011). *Libro Blanco: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.

- 5 **Ministerio del Interior** (2016). *Anuario estadístico general 2015. Dirección General de tráfico*. https://sedeapl.dgt.gob.es/WEB_IEST_CONSULTA/.
- 6 **Comunidad Europea** (2008). *Directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- 7 **European Environment Agency** (2013). *A closer look at urban transport- TERM 2013: Transport Indicators Tracking Progress Towards Environmental Targets in Europe* (ISBN 978-92-9213-6), Publication office of the European union, Luxembourg.
- 8 **Agencia Europea de Medio Ambiente** (2013). *La calidad del aire en Europa - Informe 2012* (ISBN 978-84-491-1341-3). Catálogo General de publicaciones Oficiales de la Administración General del Estado, Madrid.
9. **Comunidad Europea** (2001). *Consejo Europeo de Gotemburgo (SN 200/1/01 REV 1)*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- 10 **European Environment Agency** (2012). *The contribution of transport to air quality – TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe* (ISBN 978-92-9213-343-6), Publication office of the European union, Luxembourg.
- 11 **European Environment Agency** (2014). *TERM 2014: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. Focusing on environmental pressures from long-distance transport* (ISBN 978-92-9213-497-6), Publication office of the European union, Luxembourg.
- 12 **Secretaría de Estado de Energía** (2011). *Planificación energética indicativa según lo dispuesto en la Ley 2/2011 de Economía Sostenible*, Gobierno de España, Madrid.

- 13 **Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica** (2015). *Los transportes y las infraestructuras: informe anual 2014*. Centro virtual de publicaciones del ministerio de fomento: www.fomento.gob.es
- 14 **European Environment Agency** (2016). *Population exposure to environmental noise*. Publication office of the European union, Luxembourg.
- 15 **World Health Organization** (2009). *Night noise guidelines for Europe*. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- 16 **Consejo de la Unión Europea** (1970). *Directiva 70/220/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros en materia de medidas que deben adoptarse contra la contaminación causada por los gases procedentes de los motores de explosión con los que están equipados los vehículos a motor*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- 17 **Parlamento Europeo, Consejo de la Unión Europea** (2009). *Reglamento (CE) n.º 443/2009 por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de los turismos nuevos como parte del enfoque integrado de la Comunidad para reducir las emisiones de CO₂ de los vehículos ligeros*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- 18 **European Parliament, European Council** (2009). *Directive 2009/30/EC amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and amending Council Directive 1999/32/EC as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC*, OJ L 123, 17.05.2003, p. 42–46, Brussels.
- 19 **Comisión europea** (2010). *Comunicación de la Comisión: 2020 Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador (COM/2010/2020)*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.

- 20 **Comisión Europea** (2011). *Comunicación de la Comisión: Plan de eficiencia energética 2011 (COM/2011/0109)*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- 21 **Comisión Europea** (2012). *LIBRO BLANCO Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- 22 **European Comission** (2009). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Action Plan on Urban Mobility' (COM(2009) 490)*, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Brussels.
- 23 **Comisión europea** (2006). *Comunicación al Consejo y al Parlamento - Por una Europa en movimiento - Movilidad sostenible para nuestro continente - Revisión intermedia del Libro Blanco sobre la política de transportes de la Comisión Europea de 2001*. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas (ISBN 92-79-02313-6), Luxemburgo.
- 24 **United Nations Conference on Environment and Development**, Secretary-General: Maurice F. Strong (1992). *Agenda 21, the Rio Declaration on Environment and Development, the Statement of Forest Principles, the United Nations Framework Convention on Climate Change and the United Nations Convention on Biological Diversity*, United Nations Documents, Rio de Janeiro.
- 25 **United Nations Economic Comission for Europe**, (1990). *Action for a common future*, United Nations Documents, Bergen.
- 26 **Naciones Unidas**, (1992). *Convención marco de las Naciones unidas sobre el cambio climático*, Documentos de Naciones unidas, Rio de Janeiro.

- 27 **Naciones Unidas**, (1992). *Convenio sobre la diversidad Biológica*, Documentos de Naciones Unidas, Rio de Janeiro.
- 28 **United Nations Conference on Sustainable development**, Secretary-General: Kofi A. Annan (2002). *World summit on sustainable development*, United Nations Documents, Johannesburg. <http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/index.html>
- 29 **Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico** (2001). *La Estrategia Ambiental de la OCDE*, Unidad de Derechos y Traducciones, Dirección de Asuntos Públicos y Comunicación de la OCDE, Paris.
- 30 **United Nations** (2002). *Report of the Commission on Sustainable Development acting as the preparatory committee for the World Summit on Sustainable Development Fourth session (A/CONF.199/4)*, United Nations Documents, Bali.
- 31 **Naciones Unidas** (2002). *Informe de la cumbre mundial de desarrollo sostenible (A/CONF.199/20)*, Documentos de Naciones Unidas, Nueva York.
- 32 **Naciones Unidas** (2002). *Proyecto de plan de aplicación de las decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (A/CONF.199/L.1)*, Documentos de Naciones Unidas, Johannesburgo.
- 33 **Naciones Unidas** (2002). *Proyecto de declaración política presentado por el Presidente de la Cumbre: Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible (A/CONF.199/L.6/Rev.2)*, Documentos de Naciones Unidas, Johannesburgo.
- 34 **Comisión Económica para Europa** (2003). *Protocolo sobre evaluación estratégica del medio ambiente de la convención sobre la evaluación del impacto ambiental en un contexto transfronterizo (ECE/MP.EIA/2003/3)*. Documentos de Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra.

- 35 **Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible** (2012). *Resolución aprobada por la asamblea general “El futuro que queremos” (A/RES/66/288)*, United Nations Documents, Rio de Janeiro.
- 36 **Comisión de las Comunidades Europeas** (1986). *Acta Única europea*, oficina de las publicaciones oficiales de la Comunidad Europea, Luxemburgo.
- 37 **Unión europea** (1992). *Tratado de la Unión Europea (Tratado de Maastricht) (DO C 191 de 29.7.1992)*, Diario oficial de las Comunidades europeas, Bruselas.
- 38 **Unión europea** (1997). *Tratado de Amsterdam (DO C 340 de 10.11.1997)*, Diario oficial de las Comunidades europeas, Bruselas.
- 39 **Unión europea** (2001). *Tratado de Niza (DO C 80 de 10.3.2001)*, Diario oficial de las Comunidades europeas, Bruselas.
- 40 **Unión europea** (2007). *Tratado de Lisboa (DO C 306 de 17.12.2007)*, Diario oficial de las Comunidades europeas, Bruselas.
- 41 **Comisión Europea** (1995). *INFORME sobre la aplicación del programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible “HACIA UN DESARROLLO SOSTENIBLE” (COM/95/0624 FINAL)*, Diario oficial de las Comunidades europeas, Bruselas.
- 42 **Comisión Europea** (1999). *Comunicación - El medio ambiente en Europa: Hacia dónde encauzar el futuro - Evaluación global del programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible: “Hacia un desarrollo sostenible” (COM/99/0543 final)*, Diario oficial de las Comunidades europeas, Bruselas.

- 43 **Comisión Europea** (1998). *Comunicación Colaboración para la integración - Una estrategia para la integración del medio ambiente en las políticas de la Unión Europea (COM (1998) 333)*, no publicada en el Diario Oficial, Cardiff.
- 44 **Consejo de Agricultura** (1998). *Integración del medio ambiente y del desarrollo sostenible en la Política agrícola Común (13091/98 AGRI 171 ENV 487)*, Documento de la UE, Bruselas.
- 45 **Consejo de Transporte** (1998). *Trabajos derivados de las Conclusiones del Consejo Europeo de Cardiff: informe para el Consejo Europeo de Viena, relativo a la integración del medio ambiente y el desarrollo sostenible en la política de transportes de la Comunidad (13811/98 TRANS 198 ENV 499)*, Documento de la UE, Bruselas.
- 46 **Consejo de Energía** (1998). *Informe al Consejo Europeo sobre la integración medioambiental y el desarrollo sostenible en el ámbito de la política energética (13805/98 ENER 157 ENV 463)*, Documento de la UE, Bruselas.
- 47 **Comisión europea** (1999). *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL CONSEJO, AL PARLAMENTO EUROPEO AL COMITE ECONOMICO Y SOCIAL Integración del medio ambiente y el desarrollo sostenible en la política de cooperación económica y para el desarrollo (COM (2000) 264 final)*, Diario oficial de las Comunidades europeas, Bruselas.
- 48 **Comisión europea** (1999). *De Cardiff a Helsinki y más allá (IP/99/877)*. Comunicado de prensa, Bruselas.

- 49 **Comité de las Regiones de la Unión europea** (2000). *DICTAMEN sobre la Comunicación de la Comisión - El medio ambiente en Europa: Hacia dónde encauzar el futuro - Evaluación global del Programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible: 'Hacia un desarrollo sostenible'* (COM(1999) 543 final). CDR12/2000 fin EN-PBC/JUL/JAS/mb/cf/mb, Bruselas.
- 50 **Comisión europea** (2001). *Comunicación - Desarrollo sostenible en Europa para un mundo mejor: estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible (COM/2001/0264 final)*, no publicada en el Diario Oficial, Bruselas.
- 51 **Comisión europea** (2001). *Medio Ambiente 2010: El futuro está en nuestras manos- Programa de Acción de la Comunidad Europea en materia de Medio Ambiente (ISBN 92-894-0257-1)*. Oficina de publicaciones oficiales de las comunidades europeas, Luxemburgo.
- 52 **Comisión Europea** (2001). *Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al comité económico y social y al comité de las regiones sobre el Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en materia de Medio Ambiente 'Medio ambiente 2010: el futuro está en nuestras manos' (COM (2001) 31 final)*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- 53 **Parlamento europeo y Consejo europeo** (2002). *Decisión 1600/2002/CE por la que se establece el Sexto Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE L 242), Bruselas.
- 54 **Comisión europea** (1999). *Comunicación de sobre los Fondos Estructurales y su coordinación con el fondo de Cohesión, Directrices para los programas del periodo 2000-2006*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE C 267), Bruselas.

- 55 **Consejo europeo** (1999). *Reglamento N° 1260/1999 por el que se establecen disposiciones generales sobre los Fondos Estructurales*. Diario oficial de las comunidades Europeas (DOCE L 161), Bruselas.
- 56 **Consejo europeo** (2006). *Revisión de la Estrategia de la UE para un desarrollo sostenible*. Diario oficial de las comunidades Europeas (10917/06), Bruselas.
- 57 **Unión europea** (1957). *Tratado Constitutivo de la Comunidad Económica Europea (Tratado de Roma)*. No publicado en el DO, Roma.
- 58 **Parlamento europeo y Consejo europeo** (2003). *Reglamento n° 1382/2003 relativo a la concesión de ayuda financiera comunitaria para mejorar el impacto medioambiental del sistema de transporte de mercancías (programa Marco Polo)*, Diario oficial de las Comunidades europeas (DO L 196), Bruselas.
- 59 **Consejo europeo** (1998). *Reglamento n° 2196/98 relativo a la concesión de ayudas financieras comunitarias para la realización de acciones de carácter innovador en favor del transporte combinado (PACT)*, Diario oficial de las Comunidades europeas (DO L 196), Bruselas.
- 60 **Parlamento europeo y Consejo europeo** (2006). *Reglamento n° 1692/2006 relativo a la concesión de ayuda financiera comunitaria para mejorar el impacto medioambiental del sistema de transporte de mercancías (programa Marco Polo II)*, Diario oficial de las Comunidades europeas (DO L 328), Bruselas.
- 61 **Naciones Unidas** (1998). *Protocolo de Kioto de la convención marco de las Naciones unidas sobre el Cambio climático*. Documentos de Naciones unidas, Kioto.
- 62 **Comisión europea** (2006). *Comunicación sobre el fomento del transporte por vías navegables “NAIDADES” - Programa de Acción Europeo Integrado para el Transporte por Vías Navegables*. No publicado en el Diario Oficial (COM 2006), Bruselas.

- 63 **Comisión europea** (2011). *Comunicación al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al Comité de las Regiones - Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050 (COM(2011) 112 final)*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- 64 **Comisión europea** (2010). *Europa 2020 - Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- 65 **Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco Departamento de Transportes y Obras Públicas** (2002). *Plan director del transporte sostenible. La política común de transportes en Euskadi 2002-2012*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- 66 **Eusko Jaurlaritza – Gobierno Vasco, Departamento de Medio ambiente y Política territorial** (1997). *Directrices de Ordenación Territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- 67 **Observatorio del transporte de Euskadi – OTeUS** (2013). *Panorámica del transporte en Euskadi 2011*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- 68 **Eusko Jaurlaritza – Gobierno Vasco, Departamento de Obras Públicas y Transporte** (2000). *Plan de Organización del Transporte de Mercancías por Carretera en la Comunidad Autónoma de Euskadi*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- 69 **Commission of the European Communities**, 2011a. *White paper – Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system*. Publication Office of the European Union, Luxembourg.

- 70 **Commission of the European Communities, 2011b.** *Transport 2050: The major challenges, the key measure.* Publication Office of the European Union (MEMO/11/197), Luxembourg.
- 71 **Buchanan, C.,** (1963). *Traffic in towns. A study of the long term problems of traffic in urban areas.* Her Majesty's Stationery Office (HMSO), Londres.
- 72 **Texas Transportation Institute, TTI** (2001). *Urban Mobility Report,* Texas A&M University Campus, College Station.
- 73 **Cairns, S., Hass-Klau, C. y Goodwin, P. (Coord.),** (1998). *Traffic Impact of Highway Capacity Reductions: Assessment of the Evidence.* Landor Publishing, Londres. Disponible en <http://www.worldcarfree.net/resources/freesources/EvidenceontheEffects.rtf>
- 74 **Dernbach, John C.,** (2003). *Achieving Sustainable Development: The Centrality and Multiple Facets of Integrated Decisionmaking.* Indiana Journal of Global Legal Studies: Vol. 10: Iss. 1, Article 10. Available at: <http://www.repository.law.indiana.edu/ijgls/vol10/iss1/10>
- 75 **Geerlings, H., Stead, D.** (2003). *The integration of land use planning, transport and environment in European policy and research.* Transport Policy 10, 187–196.
- 76 **European Conference of Ministers of Transport,** 2004. *Assessment and decision making for sustainable transport.* OECD publications service, Paris.
77. **Bubeck, S., J. Tomaschek, and U. Fahl.** (2016). Perspectives of Electric Mobility: Total Cost of Ownership of Electric Vehicles in Germany. Transport Policy 50: 63–77. doi:10.1016/j.tranpol.2016.05.012.

78. **Ciari, F., M. Balac, and M. Balmer.** (2015). *Modelling the Effect of Different Pricing Schemes on Free-Floating Carsharing Travel Demand: A Test Case for Zurich, Switzerland*. *Transportation* 42 (3): 413–433. doi:10.1007/s11116-015-9608-z.
- 79 **Graham-Rowe, E., Skippon, S., Gardner, B., Abraham, C.,** (2011). *Can we reduce car use and, if so, how? A review of available evidence*. *Transportation Research Part A* 45, 401–418.
80. **Marsden, G., Rye, T.** (2010). *The governance of transport and climate change*. *J. Transp. Geogr.* 18, 669–678.
- 81 **Nieuwenhuijsen, M. J., and H. Khreis.** (2016). “Car Free Cities: Pathway to Healthy Urban Living.” *Environment International* 94: 251–262.
doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.032.
- 82 **Stanley, J. K., Hensher, D. A., Loader, C.** (2011). *Road transport and climate change: Stepping off the greenhouse gas*. *Transportation Research Part A* 45, 1020–1030.
83. **Sudhakara Reddy, B., and P. Balachandra.** (2012). *Urban Mobility: A Comparative Analysis of Megacities of India*. *Transport Policy* 21: 152–164.
doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.02.002.
- 84 **Fishman, E., Washington, S., Haworth, N.,** (2014). *Bike share’s impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia*. *Transportation Research Part D* 31, 13-20.
- 85 **Susilo, Y. O., Williams, K., Lindsay, M., Dair, C.** (2012). *The influence of individuals’ environmental attitudes and urban design features on their travel patterns in sustainable neighborhoods in the UK*. *Transportation Research Part D* 17, 190-200.

- 86 **Wei, J., Wang, X., Guo, X., Marinova, D.** (2013). *Urban transportation in Chinese cities: An efficiency assessment*. Transportation Research Part D 23, 20-24.
- 87 **European Environment Agency** (2013). *A Closer Look at Urban Transport – TERM 2013: Transport Indicators Tracking Progress Towards Environmental Targets in Europe*. Copenhagen: EEA
- 88 **Zietsman, J., T. Ramani, J. Potter, V. Reeder, and J. DeFlorio.** 2011. *A Guidebook for Sustainability Performance Measurement for Transportation Agencies*. NCHRP Report 708. Washington, DC: Transportation Research Board.
- 89 **Lautso, K., Spiekermann, K., Wegener, M., Sheppard, I., Steadman, P., Martino, A. & Echenique, M. P. M.,** (2004). *Planning and research of policies for land use and transport for increasing urban sustainability*. Final report, Institute of Spatial Planning (IRPUD), Dortmund.
- 90 **Ahvenharju, S., Könnölä, T., Van Grol, R., Walker, W., Klautzer, L., Röhling, W., Burg, R., De Tommasi, R., Arend, M., Steiner, P., Bickel, P., De Ceuster, G.,** (2004). *SUMMA. Deliverable 3 of Workpackage 2. Operationalising Sustainable Transport and Mobility: The System Diagram and Indicators*. <http://www.tmlleuven.be/project/summa/summa-d3.pdf>, consulted on 27/10/2014.
- 91 **Alonso, A., Monzón, A., & Cascajo, R.** (2015). *Comparative analysis of passenger transport sustainability in European cities*. Ecological Indicators, 48, 578-592.
- 92 **Brand, C., Anable, J., Tran, M.** (2013). *Accelerating the transformation to a low carbon passenger transport system: The role of car purchase taxes, feebates, road taxes and scrappage incentives in the UK*. Transportation Research Part A 49. 132–148.
- 93 **Haghshenas, H., Vazari, M.** (2012). *Urban sustainable transportation indicators for global comparison*. Ecol. Indic. 15, 115–121.

- 94 **Quaddus, M.A., Siddique, M.A.B.**, (2001). *Modeling sustainable development planning: a multicriteria decision conferencing approach*. Environment International 27, 89–95.
- 95 **Krajnc, D., Glavič, P.**, (2005). *A model for integrated assessment of sustainable development*. Resources Conservation and Recycling 43, 189–208.
- 96 **Litman, T.**, (2008). *Sustainable transportation indicators*, Sustainable Transportation Indicators Subcommittee of the Transportation Research Board.
- 97 **Tanguay, A., Lefebvre, J.F., Lanoie, P.**, (2010). *Measuring the sustainability of cities: an analysis of the use of local indicators*. Ecological Indicators 10, 407–418.
- 98 **Bilbao-Ubillos, J.**, (2008). *The costs of urban congestion: Estimation of welfare losses arising from congestion on cross-town link roads*. Transportation Research Part A 42, 1098–1108.
- 99 **Bastani, P., Heywood, J.B., Hope, C.**, (2012). *The effect of uncertainty on US transport-related GHG emissions and fuel consumption out to 2050*. Transportation Research Part A 46, 517–548.
- 100 **Tirachini, A., Hensher, D. A., Rose, J.M.**, (2014). *Multimodal pricing and optimal design of urban public transport: The interplay between traffic congestion and bus crowding*. Transportation Research Part B 61, 33–54.
- 101 **Shiau, T.A., Jhang, J.S.**, (2010). *An integration model of DEA and RST for measuring transport sustainability*. Int. J. Sustain. Dev. World Ecol. 17, 76–83.
- 102 **Awasthi, A., Chauhan, S.S.**, (2011). *Using AHP and Dempster–Shafer theory for evaluating sustainable transport solutions*. Environ. Model. Softw. 26, 787–796.
- 103 **Shiau, T.A.**, (2012). *Evaluating sustainable transport strategies with incomplete information for Taipei City*. Transp. Res. D 17, 427–432.

- 104 **Fitzgerald, B.G., O’Doherty, T., Moles, R., O’Regan, B.,** (2012). A quantitative method for the evaluation of policies to enhance urban sustainability. *Ecol. Indic.* 18, 371–378.
- 105 **Páez, A., Moniruzzaman, Md., Bourbonnais, P. L., Morency, C.,** (2013). *Developing a web-based accessibility calculator prototype for the Greater Montreal Area.* *Transportation Research Part A* 58, 103–115.
- 106 **Shiau T. A., Liu J. A.,** (2013). Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies. *Ecol. Indic.* 34, 361-371.
- 107 **Brucker, K. D.; Verbeke, A.; Macharis, C.,** (2013). The applicability of multicriteria-analysis to the evaluation of intelligent transport systems (ITS). *Research in Transportation Economics.* 8, 151-179.
- 108 **Kahraman, C.** (2008). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments.* Springer.
- 109 **Peris, J., Gómez, T., Ferrer, P., Monterde R., Ferrero, G., Alcalde, J., García, M., Pastor, J. P.,** (2002). *Teoría y proceso del proyecto.* Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- 110 **Doumpos, M., Zopounidis, C.,** (2004). *Developing sorting models using preference disaggregation analysis: An experimental investigation.* *European Journal of Operational Research.* 154 (3), 585-598.
- 111 **Romero, C.,** (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio.* Ed. Isdefe. Madrid, España. pp. 114. ISBN: 84-89338-14-0.
- 112 **Von Neumann y J., Morgenstern, O.** (1944). *Theory of games and economic behaviour.* Princeton University Press. New Jersey, USA.

- 113 **Fishburn, P. C.**, (1965). *Independence in utility theory with whole product sets*. Operations Research. Vol. 13, pp. 28-45.
- 114 **Keeney, R. I. y Raiffa, H.** (1976). *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. Ed. John Wiley & Sons, New York. Reeditado por Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- 115 **Stillwell, W. G., Seaver, D. A. y Edwards, W.** (1981). *A comparison of weight approximation techniques in multiattribute utility decision making*. Organizational Behavior and Human Performance. Vol. 28, pp. 62-77.
- 116 **Solymsi, T. y Dompí, J.** (1985). *Method for determining the weights of criteria: the centralized weights*. European Journal of Operational Research. Vol. 26(1), pp. 35-41.
- 117 **Fishburn, P. C.** (1967). *Methods of estimating additive utilities*. Management Science. Vol. 13(7), pp. 435-453.
- 118 **Gómez-Senent, E.** (1992). *Las fases del proyecto y su metodología*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. ISBN: 84-7721-180-9.
- 119 **Gómez-Senent, E., Aragonés, P. y Pastor, J.** (1997). *Programa PRESII multiexperto para la ayuda a la toma de decisiones multicriterio*. Actas del XIII Congreso Nacional de la Ingeniería de Proyectos Sevilla. Martín A. Ed. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla. pp. 175-182.
- 120 **Aragonés, P. y Gómez-Senent, E.** (1997). *Técnicas de ayuda a la decisión multicriterio*. Cuaderno de apuntes. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- 121 **Aragonés, P., Gómez-Senent, E. y Pastor, J. P.** (2001). *Ordering the alternatives of a strategic plan for Valencia*. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis. Vol. 10, pp. 153-171.

- 122 **Saaty, T. L.** (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Ed. McGraw-Hill. ISBN 0-07-054371-2.
- 123 **Saaty, T. L.** (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. RWS. Publications. Pittsburgh. ISBN: 0-9620317-6-3.
- 124 **Saaty, T. L.** (1996a). *Vol. III and IV of the Analytic Hierarchy Process Series*. RWS Publications. Pittsburgh. ISBN 1-888603-07-0.
- 125 **Pastor-Ferrando, J. P.** (2007). *Aplicación de las técnicas AHP y ANP, de análisis multicriterio de decisiones, a la selección y ponderación de criterios en las adjudicaciones de los contratos públicos de obra*. Tesis doctoral. Departamento de Proyectos de Ingeniería - Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Directores: Pablo Aragonés y Antonio Hospitaler.
- 126 **Vargas, L. G.** (1990). *An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications*. European Journal of Operational Research. Vol. 48, pp. 2-8.
- 127 **Saaty, T. L.** (1996b). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. RWS Publications. Pittsburgh. ISBN 0-9620317-9-8.
- 128 **Saaty TL.** (2005). *Theory and Applications of the Analytic Network Process. Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. RWS Publications. Pittsburgh. ISBN 1-888603-06-2.
- 129 **Vincke, P. H.** (1992). *Multicriteria Decision Aid*. John Wiley & Sons. Chichester, Inglaterra. pp. 154. ISBN: 0471931845.
- 130 **Romero, C.** (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio*. Ed. Isdefe. Madrid, España. pp. 114. ISBN: 84-89338-14-0.
- 131 **Roy, B.** (1991). *The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods*. Theory and Decision. Vol. 31, pp. 49-73.

- 132 **Roy, B.** (1990). *Decision-Aid and Decision Making*. European Journal of Operational Research. Vol. 45, pp. 324-331.
- 133 **Benayoun, R., Roy, B. y Sussman, B.** (1996). *ELECTRE: une méthode pour guider le choix en présence de vue multiples*. Note de travail 49. SEMA-METRA Metra International, Paris, Francia.
- 134 **Roy, B.** (1968). *Classement et choix en présence de points de vue multiples: la méthode ELECTRE*. Revue Française d'Informatique et de Recherche Opérationnelle. Vol. 8, pp. 57-75.
- 135 **Roy, B.** (1971). *Problems and methods with multiple objective functions*. Mathematical Programming. Vol. 1, pp. 239-266.
- 136 **Roy, B.** (1985). *Methodologie Multicritère d' Aide à la Decision*. Ed. Economica. Paris, Francia. pp. 423. ISBN-10: 2717809015.
- 137 **Brans, J. P. y Vincke, P. H.** (1985). *A preference ranking organization method*. Management Science. Vol. 31, pp. 647-656.
- 138 **Brans, J. P. y Vincke, P. H. y Mareschal, B.** (1986). *How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method*. European Journal of Operational Research. Vol. 24, pp. 228-238.
- 139 **Mareschal, B. y Brans, J. P.** (1988). *Geometrical representations for MCDA*. European Journal of Operational Research. Vol. 34, pp. 69-77.
- 140 **Brans, J. P. y Mareschal, B.** (1990). *The PROMETHEE methods for MCDM: the PROMCALC, GAIA and BANKADVISOR software*. Readings in Multiple Criteria Decision Aid. Ed. Carlos, A., Bana e Costa. Heidelberg, Alemania.

- 141 **Doumpos, M. y Zopounidis, C.** (2004). *Developing sorting models using preference disaggregation analysis: An experimental investigation*. European Journal of Operational Research. Vol. 154(3), pp. 585-598.
- 142 **Karst, O. J.** (1958). *Linear curve fitting using least deviations*. Journal of the American Statistical Association. Vol. 53, pp. 118-132.
- 143 **Kelley, J. E.** (1958). *An application of linear programming to curve fitting*. Journal of Industrial and Applied Mathematics. Vol. 6, pp. 15-22.
- 144 **Wagner, H. M.** (1959). *Linear programming techniques for regression analysis*. Journal of the American Statistical Association. Vol. 54, pp. 206-212.
- 145 **Srinivasan, V. y Shocker, A. D.** (1973). *Linear programming techniques for multidimensional analysis of preferences*. Psychometrika Vol. 38, pp. 337-396.
- 146 **Jacquet-Lageze, E. y Siskos, J.** (1978). *Une méthode de construction de fonctions d'utilité additives explicatives d'une préférence globale*. Cahier du LAMSADE Vol. 16. Université de Paris-Dauphine. Paris, Francia.
- 147 **Jacquet-Lageze, E. y Siskos, J.** (1982). *Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making: The UTA method*. European Journal of Operational Research. Vol. 10, pp. 151-164.
- 148 **Jacquet-Lageze, E. y Siskos, J.** (1983). *Méthodes de décision multicritère*. Editions Hommes et Techniques. Paris, Francia.
- 149 **Manheim, M. L., Hall, F.** (1967). *Abstract representation of goals: A method for making decisions in complex problems*. Proceedings of Transportation: a service. New York. Academy of Science, New-York.

- 150 **Weber M., Eisenführ, F. y Von Winterfeldt, D.** (1988). *The effects of splitting attributes on weights in multiattribute utility measurement*. Management Science. Vol. 33(4), pp. 431-445.
- 151 **Ferrís, J.** (2008). *Diseño, desarrollo y validación de una nueva metodología de valoración multicriterio de activos basada en ANP*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Directores: Mónica García Melón y Jerónimo Aznar Bellver.
- 152 **Aguado, A., del Caño, A., de la Cruz, P., Gómez, D., Josa, A.,** (2012). *Sustainability assessment of concrete structures: The EHE approach*. Journal of Construction Engineering and Management. ASCE. Vol. 138 (2): 268-276. Doi: [10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000419](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000419)
- 153 **Alarcón, B., Aguado, A. Manga R. and Josa, A.** (2011). *A Value Function for Assessing Sustainability: Application to Industrial Buildings*. Sustainability Vol.3, no.1: 35-50. doi:[10.3390/su3010035](https://doi.org/10.3390/su3010035)
- 154 **Armengou, J., Aguado, A., Ormazabal G.,** (2012) *Sistema integrado para toma de decisiones de procedimientos constructivos*. Informes de la Construcción. Vol. 64, nº 527, 391-400, DOI: [10.3989/ic.11.019](https://doi.org/10.3989/ic.11.019)
- 155 **Barros Cartelle, J.J., Lara, M., de la Cruz, del Caño, A.** (2015). *Assessing the global sustainability of different electricity generation systems*. Energy 89 (2015) 473-489. DOI: [doi: 10.1016 / j.energy.2015.05.110](https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.110)
- 156 **Casanovas, M., Armengou, J. and Ramos, G.** (2014) *Occupational Risk Index for Assessment of Risk in Construction Work by Activity*. Journal Construction Engineering Management. ASCE. Vol. 140. Issue 1. 1-9. Doi:[10.1061/\(ASCE\) CO.1943-7862.0000785](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000785).

- 157 **Cuadrado, J., Zubizarreta, M., Rojí, E., García, H., & Larrauri, M.** (2015). Sustainability-related decision making in industrial buildings: An AHP analysis. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015 doi:10.1155/2015/157129
- 158 **Cuadrado, J., Zubizarreta, M., Rojí, E., Larrauri, M., & Álvarez, I.** (2016). *Sustainability assessment methodology for industrial buildings: Three case studies*. *Civil Engineering and Environmental Systems*, , 1-19. doi:10.1080/10286608.2016.1148143.
- 159 **Cuadrado, J., Zubizarreta, M., Pelaz, B., Larrauri, M.,** (2015). *Methodology to assess the environmental sustainability of timber structures*. *Construction and Building Materials*, 86, 149-158.
- 160 **Hosseini, S. M. A., De La Fuente, A., & Pons, O.** (2016). *Multicriteria decision-making method for sustainable site location of post-disaster temporary housing in urban areas*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(9) doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001137
- 161 **Reyes, J. P., San-José, J. T., Cuadrado, J., & Sancibrian, R.** (2014). *Health & safety criteria for determining the sustainable value of construction projects*. *Safety Science*, 62, 221-232. doi:10.1016/j.ssci.2013.08.023
- 162 **Pardo-Bosch, F., & Aguado, A.** (2016). *Sustainability as the key to prioritize investments in public infrastructures*. *Environmental Impact Assessment Review*, 60, 40-51. doi:10.1016/j.eiar.2016.03.007.
- 163 **Pons, O., & de la Fuente, A.** (2013). *Integrated sustainability assessment method applied to structural concrete columns*. *Construction and Building Materials*, 49, 882-893. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.009.

- 164 **Pons, O., de la Fuente, A., Aguado, A.** (2016). *The use of MIVES as a sustainability assessment MCDM method for architecture and civil engineering applications*. Sustainability (Switzerland), 8, 460.
- 165 **Cuadrado, J.** (2009). *Establecimiento de una metodología general para la medida de la sostenibilidad en el ciclo de vida de los edificios industriales*. Tesis doctoral, UPV-EHU.
- 166 **Villegas, N.** (2009). *Análisis de valor en la toma de decisiones aplicado a carreteras*. Tesis doctoral, UPC.
- 167 **Viñolas, B.** (2011). *Aplicaciones y avances de la metodología MIVES en valoraciones multicriterio*. Tesis doctoral, UPC.
- 168 **Piñero, S.** (2013). *Metodología para priorizar y planificar, de manera sostenible, la rehabilitación de estructuras degradadas. Caso extremo del Centro Histórico de la Habana*. Tesis doctoral, UPV-EHU.
- 169 **R. Losada, E. Rojí, J. Cuadrado, M. Larrauri, A. Aguado, A. Josa, P. Alavedra, G. Ormazábal, B. Alarcón, R. Manga, J. L. Jiménez., J. T. San José, I. Garrucho, D. García.** (2006). *La medida de la sostenibilidad en edificación industrial. Modelo integrado de Valor en Edificios Sostenibles (MIVES)*. Rojí, E. Editor. LABEIN. UPVEHU y UPC. pp. 249. ISBN 84-690-2629-1.
- 170 **San José, T. y Josa, A.** (2008). *Planteamiento MIVES para la evaluación. El caso de la EHE*. Cemento y Hormigón. Vol. 913, pp. 28-36.
- 171 **Alarcón, D. B.** (2005). *Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles*. Tesis doctoral. Departamento de ingeniería de la construcción - Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España. Directores: Antonio Aguado y Alejandro Josa.

- 172 **Lang, D. J. , Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., Thomas, C. J.** (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*. 7, 25-43.
- 173 **Fischer, J. M., y Amekudzi, A.** (2011). Quality of life, sustainable civil infrastructure, and sustainable development: Strategically expanding choice. *Journal of Urban Planning and Development*, 137(1), 39-48.
- 174 **Brucker, K. D., Verbeke, A., & Macharis, C.** (2004). *The applicability of multicriteria-analysis to the evaluation of intelligent transport systems (its)*. *Research in Transportation Economics*, 8, 151-179. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0739-8859\(04\)08008-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0739-8859(04)08008-4).
- 175 **Camargo Perez, J., Helena Carrillo, M., & Montoya-Torres, J. R.** (2015). *Multi-criteria approaches for urban passenger transport systems: A literature review*. *Annals of Operations Research*, 226(1), 69-87. doi:10.1007/s10479-014-1681-8.
- 176 **Mardani, A., Zavadskas, E. K., Khalifah, Z., Jusoh, A., & Nor, K. M. D.** (2016). *Multiple criteria decision-making techniques in transportation systems: A systematic review of the state of the art literature*. *Transport*, 31(3), 359-385. doi:10.3846/16484142.2015.1121517
- 177 **Litman, T.** (2008). "Sustainable Transportation Indicators. *A Recommended Research Program for Developing Sustainable Transportation Indicators and Data*. Paper presented at the 2009 Transportation Research Board Annual Conference, Washington, DC, January 11–15.
- 178 **Joumard, R., and Gudmundsson, H.** (2010). *Indicators of Environmental Sustainability in Transport: An Interdisciplinary Approach to Methods*. Les Collections de l'INRETS. <http://cost356.inrets.fr>

- 179 **Denyer, D., & Tranfield, D.** (2009). Producing a systematic review in D. A. Buchanan; A. Bryman (eds.) *The Sage Handbook of Organizational Research Method*.
- 180 **Linstone, H. A., and Turoff, M.** (2002). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Reading, MA: Wesley Publishing Company.
<http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook>
- 181 **Hallowell, M. R., and Gambatese, J. A.** (2010). "Qualitative Research: Application of the Delphi Method to CEM Research." *Journal of Construction Engineering and Management* 136 (1): 99–107. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000137
- 182 **Kenworthy, J. R.** (2006). *The eco-city: Ten key transport and planning dimensions for sustainable city development*. *Environment & Urbanization*, 18(1), 67-85.
- 183 **Alqhatani, M., Bajwa, S., & Setunge, S.** (2012). *Land-use transport interaction: A comparison of Melbourne, Riyadh*. 8th International Conference on Traffic and Transportation Studies (ICTTS), 43, 3-13. doi:10.1016/j.sbspro.2012.04.072
- 184 **Colonna, P., Berloco, N., & Circella, G.** (2012). *The interaction between land use and transport planning: A methodological issue*. Siiv-5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures 2012, 53, 84-95. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.862.
- 185 **Aljoufie, M.** (2014). *Toward integrated land use and transport planning in fast-growing cities: The case of Jeddah, Saudi Arabia*. *Habitat International*, 41, 205-215. doi:10.1016/j.habitatint.2013.08.010
- 186 **Yigitcanlar, T., & Kamruzzaman, M.** (2014). *Investigating the interplay between transport, land use and the environment: A review of the literature*. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(8), 2121-2132. doi:10.1007/s13762-014-0691-z

- 187 **Agencia Europea de Medio Ambiente** (1998). *Medio ambiente en Europa: el Informe Dobris*. Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comunidades Europeas Ministerio de Medio Ambiente.
- 188 **Naredo, J. M. y Frías, J.** (1988). *Flujos de energía, agua, materiales e información de la Comunidad de Madrid*. CAM, Consejería de Economía.
- 189 **Anderson, S., Allen, J., & Browne, M.** (2005). *Urban logistics—how can it meet policy makers' sustainability objectives?* *Journal of Transport Geography*, 13(1), 71-81. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2004.11.002>
- 190 **Lindholm, M. E., & Blinge, M.** (2014). *Assessing knowledge and awareness of the sustainable urban freight transport among swedish local authority policy planners*. *Transport Policy*, 32, 124-131. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.01.004>
- 191 **Filippi, F., Nuzzolo, A., Comi, A., & Site, P. D.** (2010). *Ex-ante assessment of urban freight transport policies*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 6332-6342. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.042>
- 192 **Akyol, D. E., & De Koster, R. B. M.** (2013). *Non-dominated time-window policies in city distribution*. *Production and Operations Management*, 22(3), 739-751. doi:10.1111/j.1937-5956.2012.01414.x.
- 193 **Ruesch, M., Hegi, P., Haefeli, U., Matti, D., Schultz, B., & Rüttsche, P.** (2012). *Sustainable goods supply and transport in conurbations: Freight strategies and guidelines*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, 116-133. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.095>
- 194 **Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Thomas, C. J.** (2012). *Transdisciplinary research in sustainability science: Practice,*

principles, and challenges. Sustainability Science, 7, 25-43. doi:10.1007/s11625-011-0149-x.

- 195 **CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA** (1999). DIRECTIVA 1999/30/CE DEL CONSEJO de 22 de abril de 1999 relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- 196 **BOE, REAL DECRETO 1073/2002**, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.
- 197 **PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA** (2000). Directiva 2000/69/CE del parlamento europeo y del consejo de 16 de noviembre de 2000 sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- 198 **PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA** (2000). DIRECTIVA 2002/3/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 12 de febrero de 2002 relativa al ozono en el aire ambiente. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- 199 **BOE, REAL DECRETO 1796/2003**, de 26 de diciembre, relativo al ozono en el ambiente.
- 200 **Asociación Nacional de Vendedores de Vehículos a motor, Reparación y Recambios**. Boletines estadísticos: <http://www.ganvam.es/publicaciones/boletines-estadisticos>.
- 201 **Eusko Jaurlaritz-Gobierno Vasco**: Departamento de Medio Ambiente y Política territorial. Calidad del Aire: <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-20775/es/>

- 202 BOE, REAL DECRETO 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire: <http://www.boe.es/boe/dias/2011/01/29/pdfs/BOE-A-2011-1645.pdf>
- 203 BOE, Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-19744-consolidado.pdf>
- 204 **Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián - Donostiako Udala:**
http://www.donostia.eus/info/ciudadano/part_barrios.nsf/fwHome?ReadForm&idioma=eus&id=A379281
- 205 **Donostiako Udala Ayuntamiento de San Sebastián (2008).** *Plan de movilidad Urbana sostenible: Donostia movilidad 2008-2024*, Donostia-San Sebastian.
- 206 **Ayuntamiento de San sebastian.** Ruido:
http://www.donostia.eus/info/ciudadano/ma_areas.nsf/vowebContenidosId/NT00000BD2?OpenDocument&idioma=cas&id=A501610418492&cat=Ruido&doc=D
- 207 **Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián y la Fundación Cristina Enea (2015).**
Informe anual de la Sostenibilidad. Observatorio de la Sostenibilidad.
www.cristinaenea.org
- 208 **Gobierno Vasco, Departamento de Medio Ambiente y política territorial (2014).**
Panorámica del transporte en Euskadi 2013, Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz
- 209 **Ayuntamiento de San Sebastian.** Página web: Fomento San Sebastián
<http://www.fomentosansebastian.eus/es/fomento-de-san-sebastian>
- 210 **Eusko Jaurlaritzza-Gobierno Vasco.** Departamento de medio Ambiente y política territorial: <http://www.garraioak.ejgv.euskadi.eus/r41-4833/es/>

- 211 **Donostiako Udala Ayuntamiento de San Sebastián** (2008). *Plan de movilidad Urbana sostenible*, donostia movilidad 2008-2024, Donostia-San Sebastian.