

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

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 -

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