

Resumen

El proyecto consiste en el desarrollo de un Plan de Marketing para sustituir la flota de autobuses de Barcelona por autobuses de hidrógeno.

Se estudia la flota de autobuses de TMB que es la empresa que opera la práctica totalidad de los autobuses presentes en la ciudad y además ha sido una de las ciudades europeas donde durante dos años se han puesto a prueba tanto la operación de tres autobuses de hidrógeno como de la producción de hidrógeno a pequeña escala mediante la electrólisis.

El Plan de Marketing incluye un análisis de situación del entorno demográfico, económico, medioambiental, tecnológico y legal, además de un análisis de la empresa. Estos datos se sintetizan en el análisis DAFO, dando lugar a los objetivos cualitativos y cuantitativos del plan de marketing y a la ejecución de un plan de acción de un año en el que se realizará la conversión de los autobuses de uno de los centros operativos de negocio de TMB. Este plan deja una vía abierta para que en los años siguientes se pueda sustituir el resto de la flota de autobuses, valorando la posibilidad de habilitar una central de hidrógeno externa que suministre el combustible a toda la flota.

Como resultado del análisis se estudia la viabilidad del proyecto, partiendo de la naturaleza de propia de TMB, de ser una empresa municipal sin ánimo de lucro. Desde un punto de vista económico en base a las acciones a realizar, el proyecto dictamina que la tecnología del hidrógeno aún está en fase de desarrollo y que por lo tanto, aún es pronto para poder sustituir la flota por estos autobuses, pero es una opción de inversión interesante para el futuro próximo dados los proyectos que se realizan a nivel internacional para su desarrollo.





Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	3
1. GLOSARIO	7
2. INTRODUCCIÓN	9
2.1. Objeto del proyecto	9
2.2. Objetivo del proyecto	9
2.3. Alcance del proyecto	9
3. ANÁLISIS DE SITUACIÓN	11
3.1. Análisis externo	11
3.1.1. Análisis del entorno	11
3.1.1.1. Entorno demográfico	11
3.1.1.1.1. Ámbito de estudio	11
3.1.1.1.2. Movilidad de la población	12
3.1.1.1.3. Movilidad en la RMB y en Barcelona	16
3.1.1.2. Entorno económico	23
3.1.1.2.1. Entorno energético en Europa	23
3.1.1.2.2. Entorno energético en Cataluña	25
3.1.1.3. Entorno medioambiental	30
3.1.1.3.1. Entorno medioambiental europeo	31
3.1.1.3.2. Entorno medioambiental catalán	34
3.1.1.3.3. Impacto medioambiental del transporte rodado en Barcelona	36
3.1.1.4. Entorno tecnológico	38
3.1.1.4.1. Tendencias tecnológicas en el ámbito del transporte rodado	38
3.1.1.4.2. Proyecto CUTE (<i>Clean Urban Transport for Europe</i>)	40
3.1.1.4.3. Conclusiones del proyecto CUTE	41
3.1.1.5. Entorno legal y normativo	47
3.1.1.5.1. Hidrógeno	47
3.1.1.5.2. Vehículos de hidrógeno	48
3.1.1.5.3. Pilas de combustible	48
3.1.1.5.4. Energías renovables	49
3.1.1.5.5. Medio ambiente	49



3.1.2.	Análisis del mercado	50
3.1.2.1.	Evolución de la demanda de transporte público	50
3.1.2.2.	Análisis de la competencia.....	51
3.1.2.2.1	Autobuses alternativos	51
3.1.2.2.2	Transportes sustitutivos	54
3.2.	Análisis interno	60
3.2.1.	Misión de la empresa	60
3.2.2.	Visión de la empresa.....	60
3.2.3.	Grupos de interés.....	61
3.2.3.1.	Administraciones públicas.....	61
3.2.3.2.	Trabajadores	62
3.2.3.3.	Sociedad.....	63
3.2.3.4.	Clientes-usuarios.....	63
3.2.3.5.	Proveedores	64
3.2.4.	Red de TMB (<i>Transports Metropolitans de Barcelona</i>)	64
3.2.4.1.	Centros Operativos de Negocio (CON).....	64
3.2.4.2.	La flota de autobuses	65
3.2.4.3.	Red de de autobuses actual y propuesta de red futura	66
3.3.	Análisis DAFO	68
4.	OBJETIVOS DE MARKETING	73
4.1.	Objetivos cuantitativos	73
4.2.	Objetivos cualitativos	73
5.	ESTRATEGIAS Y PLANES DE ACTUACIÓN	75
5.1.	Producto.....	75
5.2.	Precio	76
5.3.	Distribución.....	76
5.4.	Promoción y publicidad.....	77
5.4.1.	Presupuesto de acciones de marketing y formación	78
5.5.	Plan de acción.....	79



6. PRESUPUESTO	81
7. ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL PROYECTO	83
8. IMPACTO AMBIENTAL DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	85
9. CONCLUSIONES	87
10. BIBLIOGRAFÍA	89
Referencias bibliográficas.....	89
Bibliografía complementaria	90



1. Glosario

STI: Sistema Tarifario Integrado

DPTOP: Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya

Mtep: millones de toneladas de petróleo equivalente.

Libro Verde: Los libros verdes son documentos publicados por la Comisión Europea cuyo objetivo es estimular una reflexión a nivel europea sobre un tema concreto

Libro Blanco: los libros Blancos publicados por la Comisión Europea son documentos que contienen propuestas de acción comunitaria en un ámbito específico. Puede derivar en un programa de acción si es bien acogido por el Consejo.

UE-15: estados que comprendían la Unión Europea con antelación a la admisión de nuevos estados candidatos en Mayo de 2004. Forman parte de dicho grupo: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia.

UE-25: estados miembros que comprenden la Unión Europea posteriormente a la admisión de nuevos estados miembros a fecha de 1 de Mayo de 2004. A los citados en el punto anterior, se debe añadir los siguientes: Chipre, Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta, Polonia y República Checa.

Intensidad Energética: energía consumida dividida por el producto interno bruto (PIB). Ha venido disminuyendo desde hace más de 100 años en los países desarrollados sin políticas gubernamentales expresamente orientadas a la descarbonización. Gran parte de este cambio es el resultado de la sustitución del uso de combustibles con alto contenido de carbono, como el carbón, por el petróleo y el gas natural, mediante el aumento de la eficiencia en la conversión de energía y la introducción de fuentes de energía que no utilizan combustibles de origen fósil.

URR: del inglés Ultimate Recoverable Resources. Son las reservas recuperables que se componen de las siguientes clases: el petróleo ya extraído, reservas, reservas probadas, reservas probables, reservas posibles y el petróleo que queda por descubrir.

Bioetanol: alcohol producido a partir de maíz, sorgo, patatas, trigo, caña de azúcar, e incluso de la biomasa, como los tallos de maíz y residuos vegetales. En mezclas con gasolina, aumenta el número de octanos mientras que promueve una mejor combustión, reduciendo



las emisiones contaminantes por el tubo de escape, como monóxido de carbono e hidrocarburos.

Biodiesel: combustible ecológico derivado de aceites vegetales (colza, soja, girasol, etc.) o aceites usados de fritura y que puede utilizarse en estado puro o mezclado con gasóleo. Es biodegradable y permite la reducción de emisiones contaminantes en un 20-80% (dependiendo de si se mezcla con el gasóleo).

GNC: Gas Natural Comprimido.

Espacio ocupado: es el espacio de terreno que ocupa un modo de transporte en función de la velocidad que lleva, los pasajeros que transporta y la distancia de seguridad con el resto de vehículos.

Autobús jardinera y de doble piso: son los autobuses asignados para realizar el servicio en la ruta de los autobuses turísticos.

Nm³: metros cúbicos en condiciones normales



2. Introducción

2.1. Objeto del proyecto

El objeto del proyecto es la realización de un plan de marketing para sustituir la flota existente de autobuses en Barcelona por autobuses de hidrógeno.

2.2. Objetivo del proyecto

El objetivo del plan es establecer las herramientas de marketing más adecuadas para la implantación de los autobuses de hidrógeno en Barcelona. Para conseguir este objetivo es necesario analizar la situación, evolución y tendencias del mercado, así como la estructura propia de la empresa.

2.3. Alcance del proyecto

Siguiendo el orden marcado por el sumario, se hace un análisis de la situación actual mediante la obtención de información externa e interna. Esta información se analizará en profundidad para poder realizar un análisis DAFO de las oportunidades y amenazas del mercado, así como las debilidades y fortalezas del mercado.

A continuación se plantean los objetivos cualitativos y cuantitativos de marketing que conllevarán el estudio de las variables de marketing producto, precio, distribución y promoción. En base a estas variables, se determinará un plan de acción y una planificación temporal para la ejecución de las medidas a tomar.

Como último punto se analizará la viabilidad de ejecución del proyecto.



3. Análisis de situación

3.1. Análisis externo

3.1.1. Análisis del entorno

Se procede a estudiar el entorno de aplicación del plan bajo diferentes condiciones demográficas, económicas, medioambientales y tecnológicas.

El entorno demográfico centra la atención en el estudio de la población a la cual va afectar en mayor o menor medida cualquier posible implantación sugerida en el plan y las tendencias pasadas, presentes y futuras de este núcleo de población. A nivel económico se estudia la actual situación energética tanto de Europa como de Catalunya, en lo referente a su dependencia energética, y posibles estados que pueden depararse en el futuro siguiendo las tendencias actuales o bajo hipótesis donde se actuaría para frenar dicha dependencia. La problemática medioambiental actual será un punto clave en el análisis del entorno, analizando la situación de cambio climático existente, la situación de Europa y Catalunya en este aspecto, y como el transporte rodado o por carretera influye en la contaminación atmosférica. El entorno tecnológico presentará las diversas medidas que se están estudiando en el transporte rodado, muy especialmente, para combatir su impacto ambiental, teniendo en cuenta las posibilidades actuales y futuras de este sector.

3.1.1.1. Entorno demográfico

3.1.1.1.1. Ámbito de estudio

Cataluña consta de una población de 7 millones de habitantes, cifra que ha aumentado en los últimos años sobretudo debido a la inmigración. El Área Metropolitana de Barcelona (AMB) la integran 36 municipios con una población de 3.161.081 habitantes (2006), según el plan estratégico metropolitano. Dichos municipios, pertenecen a una o más de las siguientes entidades: Entitat Metropolitana del Medi Ambient (EMA), Entitat Metropolitana del Transport (EMT) i Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Sin embargo el origen del análisis del entorno demográfico deber ser ampliado a toda la Región Metropolitana de Barcelona (RMB) con una población de 4.841.365 según el padrón municipal y 164 municipios, debido a que dicho entorno tiene una gran relación con el ámbito metropolitano, cuya diferenciación territorial tiene su origen en el Plan Territorial General de Cataluña (1995). Todos los municipios de la región forman parte del STI, entre otros.



motivada por necesidades laborales. Sin embargo, a partir del último cuarto de siglo XX, se observa como se realizan migraciones de corta distancia por motivaciones de tipo residencial.

Se producen las dos tipologías de migraciones con motivaciones diferenciadas y que condicionan el asentamiento de la población en el territorio. La migración de larga distancia, en busca de oportunidades laborales con unos recursos económicos que permitan la supervivencia y que se muestra mediante el poder de atracción de las grandes ciudades de base industrial. Especialmente, las zonas periféricas de estas ciudades experimentan un crecimiento sin precedentes.

La migración a de corta distancia es motivada por la búsqueda de unas mejores condiciones de vivienda a un precio más asequible que el de los centros urbanos y mejores condiciones ambientales. Se observa una salida de la población del centro metropolitano hacia la periferia y a su vez, de poblaciones relevantes a nivel poblacional a municipios más pequeños.

	1975	1981	1986	1991	1996	2001	2006
Barcelona	30,90%	29,40%	28,50%	27,10%	24,80%	23,70%	22,50%
Resto área metropolitana	21,70%	22,60%	22,20%	22,10%	22,00%	21,20%	20,09%
Total área metropolitana	52,60%	52,00%	50,70%	49,20%	46,80%	44,80%	42,59%
Resto región metropolitana	18,40%	19,20%	20,00%	21,20%	22,70%	24,20%	25,27%
Total región metropolitana	71,00%	71,20%	70,70%	70,40%	69,40%	69,00%	67,86%
Resto Cataluña	29,00%	28,80%	29,30%	29,60%	30,60%	31,00%	32,14%
CATALUÑA	100,00%						

Tabla 3.1 Distribución de la población en el ámbito metropolitano de Barcelona

Fuente: Elaboración propia a partir de Idescat

Las dinámicas territoriales se han acelerado en Cataluña en los últimos años con la llegada de una ola migratoria que, superpuesta a los flujos de la movilidad residencial existentes, han provocado un cambio en la ocupación del territorio, caracterizado por el crecimiento simultaneo de los centros y las periferias de una región metropolitana que tiende a abastar toda Cataluña.

La Tabla 3.1 muestra como se produce este efecto de la migración. Mientras en Barcelona decrece el valor proporcional de su población respecto al resto de Cataluña y su área metropolitana también experimenta un progresivo descenso, el resto de la región metropolitana muestra un ligero aumento de población debido a la búsqueda de unas mejores condiciones ambientales y de un precio de la vivienda más asequible. Otras zonas de Cataluña también perciben una mayor cantidad de población en busca de oportunidades laborales, especialmente las zonas industrializadas.

Así como la población, la actividad económica también registra una importante relocalización. Por un lado la dificultad de convivencia entre las zonas industriales y las urbanas, y por otro



la creciente necesidad de espacios más amplios para las industrias, impulsan la progresiva movilización de las actividades industriales fuera de las áreas urbanas. La extensión de la red viaria, la proliferación del suelo en estas áreas y la posibilidad de obtener unas mejores rentas son razones que empujan a que abandonar las zonas urbanas.

Sucede algo parecido con algunas actividades del sector terciario, en especial aquella que va dirigida hacia la población, que tiende a trasladarse según las migraciones residenciales de dicho conjunto. Sin embargo, dadas las facilidades de accesibilidad que ofrece la red y el deseo de los municipios de atraer actividad, las actividades de comercio y ocio, se suelen trasladar a espacios más amplios y con precio más bajo que en los espacios urbanos.

En algunos casos, a pesar de seguir los flujos de población, la actividad no siempre tiene las mismas destinaciones, de manera que algunas partes del territorio tienden a especializarse en residencia y otras en actividad económica, dando como resultado una especialización funcional a escala local.

Así pues, se dispersan aquellas actividades que antes habían estado concentradas a lo largo del territorio siguiendo el criterio de localización en base a la fuerte accesibilidad del transporte existente en la zona de destino.

Como consecuencia del crecimiento de la población y de su movimiento residencial, las necesidades de infraestructuras y de servicios de transporte aumentan. También sucede que la densidad de población se iguala progresivamente a lo largo del territorio, pero sin llegar al límite inferior que se considera necesario para que se considere la posibilidad de ofrecer un sistema de transporte público colectivo, debido a su baja rentabilidad. Ello conlleva a la masiva utilización del transporte privado para ejercer el derecho a la movilidad.

En los planes que se vienen llevando a cabo tanto a nivel autonómico, las directrices nacionales de movilidad de Cataluña[1], como metropolitano, plan director de movilidad de la RMB ([2] y [3]), se destacan como indicadores clave para analizar la movilidad de la población la distancia media de viaje intermunicipal y el poder de autocontención municipal. Al ser datos que se recogen con una periodicidad quinquenal, se muestran valores de 2001, ya que el informe de la encuesta de movilidad cotidiana 2006 está en elaboración.

En primer lugar, en los últimos años se observa como ha aumentado la distancia media de viaje intermunicipal para la RMB que según datos de 2001 se sitúa en 12,9 km y siguiendo la tendencia de los últimos años, podría situarse en 13,5 km en 2006 y 14 km en 2012.



En segundo lugar, la autocontención municipal, que se define como el porcentaje de población ocupada residente en un municipio que trabaja dentro del mismo municipio, y que por lo tanto, para ir a trabajar solo debe realizar viajes extramunicipales. La tendencia en la mayoría de municipios en las últimas décadas ha sido la de ver reducido su nivel de autocontención, debido a no solo a la obligatoriedad provocada por los desequilibrios entre los lugares donde reside la población y donde se realiza la actividad, sino también en una mayor voluntad y facilidad a la hora de desplazarse.

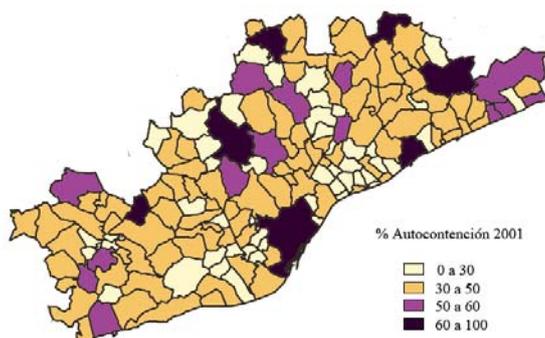


Fig. 3.3 Autocontención municipal 2001
Fuente. Elaboración propia a partir de Idescat

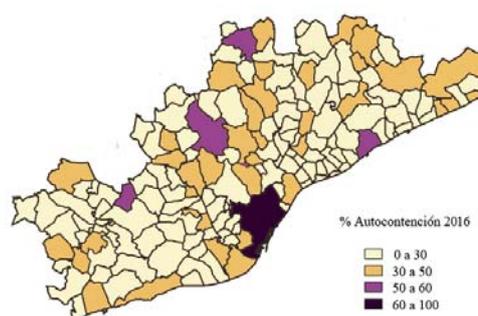


Fig. 3.4 Autocontención municipal 2016
Fuente. Elaboración propia a partir de Idescat

Hay unos pocos centros que poseen una gran autocontención, y algunos de ellos son debido a la especialización funcional del municipio. Según estimaciones del ATM (Autoritat del Transport Metropolita) y teniendo en cuenta tanto un crecimiento de la población como de los puestos de trabajo, se incrementarían en un 51% la movilidad extramunicipal por motivos laborales en 2016. Así pues el panorama de la autocontención municipal se muestra en la , dando como resultados un descenso significativo respecto a toda la región y pasando a ser Barcelona el único municipio con una autocontención mayor al 60%, aunque habría sufrido un ligero descenso debido al aumento del éxodo laboral de población ocupada residente a otros municipios. De cara a entender mejor la movilidad de la población es interesante observar donde se concentran los puestos de trabajo en la zona metropolitana.

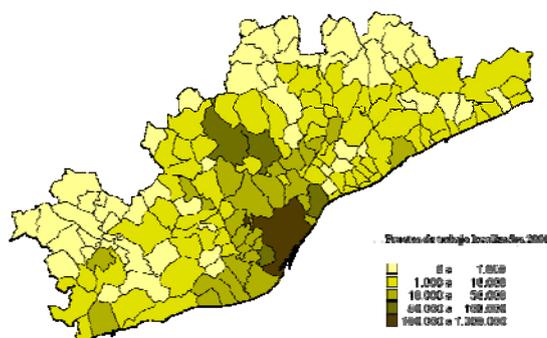


Fig. 3.6 Puestos de trabajo localizados 2001
Fuente: Elaboración propia a partir de Idescat

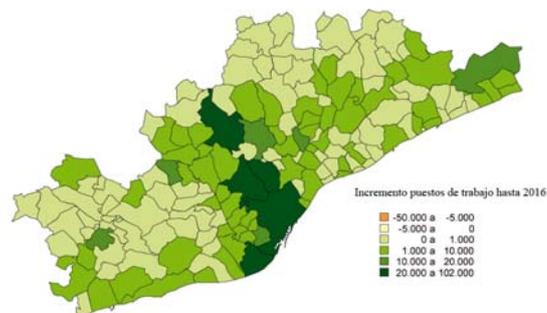


Fig. 3.5 Incremento de puestos hasta 2016
Fuente: Elaboración propia a partir de ATM



La RMB concentra el 70% de los puestos de trabajo de Cataluña, mientras el área metropolitana de Barcelona el 47% y la ciudad condal el 30%. En relación a esta región metropolitana, el 67% están concentrados en AMB y el 41'6% en Barcelona. Dicho de otra manera, 1 de cada 2 catalanes trabaja en el área metropolitana de Barcelona y 1 de cada 3 en Barcelona. De aquí se puede observar la importancia de tomar este ámbito demográfico como medida de estudio, porque aunque el ámbito de aplicación del transporte metropolitano de Barcelona no se extienda en toda la región, si que puede implicar a todos aquellos residentes en la región que trabajen en Barcelona. Con el incremento de puestos de trabajo al que se llegaría en 2016, la AMB perdería cierto peso relativo a la RMB, aunque dispondría de 200.000 puestos de trabajo más, con un 64%, al igual que Barcelona que tendría un 37%.

3.1.1.1.3 Movilidad en la RMB y en Barcelona

Para analizar con precisión la movilidad existente en el panorama de la región metropolitana, se debe acudir a la encuesta de movilidad en día laborable de la Región Metropolitana de Barcelona a fecha de 2006[4] muestra la cantidad de desplazamientos que se producen diariamente en la RMB por sus residentes mayores de 15 años y realiza una comparativa respecto a los últimos años. En este ámbito se producen diariamente más de 15 millones de desplazamientos diarios, que pueden estar comprendidos por diversas etapas. Teniendo en cuenta la población encuestada es de más de 4 millones, esto supone 3,7 desplazamientos por persona y día y sin contar aquellos profesionales de la movilidad 3,4 desplazamientos por persona y día. La topología de la encuesta y los desplazamientos es la siguiente:

Características individuos	Individuos	Desplazamientos
Población general sin movilidad	269.735	0
Población general con movilidad	3.844.866	14.140.777
Profesionales de la movilidad	67.482	1.108.039
TOTAL	4.182.083	15.248.816

Tabla 3.2 Características de la población

Fuente: ATM

La cantidad de desplazamientos que se producen por cada una de las diversas zonas de la región no muestra diferencias significativas; sin embargo, al analizar según las zonas de origen y de destino, se observan aspectos reveladores. Barcelona es el principal destino del resto de los residentes de los otros ámbitos, y a su vez, es la zona que presenta una mayor autocontención de residentes para trabajar en la misma área, mientras que el resto de la primera corona presenta el menor grado de autocontención y por lo tanto, tiene una mayor dependencia funcional respecto al resto de la RMB. No es extraño, debido a que es la zona con mayor cantidad de puestos de trabajo de toda Cataluña.



Residentes	Frecuencia	%
Barcelona-Barcelona	4.103.309	86,4%
Barcelona-Resto 1ª corona (e inversa)	273.975	5,8%
Barcelona-Resto RMB (e inversa)	241.919	5,1%
Otros	130.840	2,8%
TOTAL	4.750.043	100,00%

Residentes	Frecuencia	%
Resto 1ª corona-Resto 1ª corona	2.350.252	68,2%
Resto 1ª corona-Barcelona (e inversa)	739.686	21,5%
Resto 1ª corona-Resto RMB (e inversa)	207.043	6,0%
Otros	147.808	4,3%
TOTAL	3.444.789	100,00%

Residentes	Frecuencia	%
Resto RMB-Resto RMB	4.977.740	83,7%
Resto RMB-Barcelona (e inversa)	501.537	8,4%
Resto RMB-Resto 1ª corona (e inversa)	185.587	3,1%
Otros	281.131	4,7%
TOTAL	5.945.995	100,00%

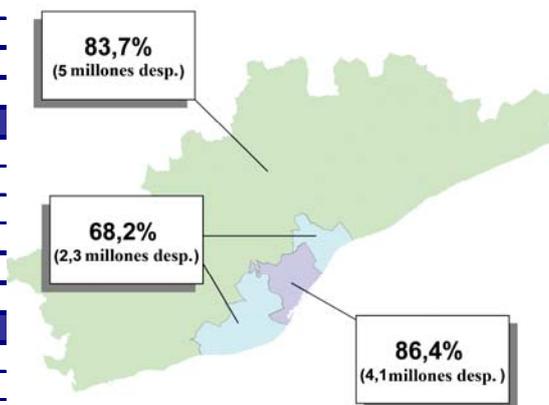


Tabla 3.3 Origen y destino de la población 2006

Fuente: ATM

Así como se ha analizado la autocontención municipal, aquí se estudia el poder de autocontención según el STI. Se puede destacar, que Barcelona es la principal destinación exterior de los residentes de las demás zonas, debido a la cantidad de puestos de trabajo que concentra. Asimismo, el resto de la primera corona presenta un bajo nivel de autocontención y por lo tanto una dependencia funcional mayor respecto al resto de la RMB

Barcelona vive un periodo en los últimos años en el que su población ha ido disminuyendo debido al éxodo de habitantes hacia, especialmente, otras zonas de la RMB.

A pesar de la disminución de habitantes, el parque de vehículos de la ciudad aumenta año a año y en la siguiente figura podemos ver el estado del parque en 2005, tanto para la ciudad como para la RMB.

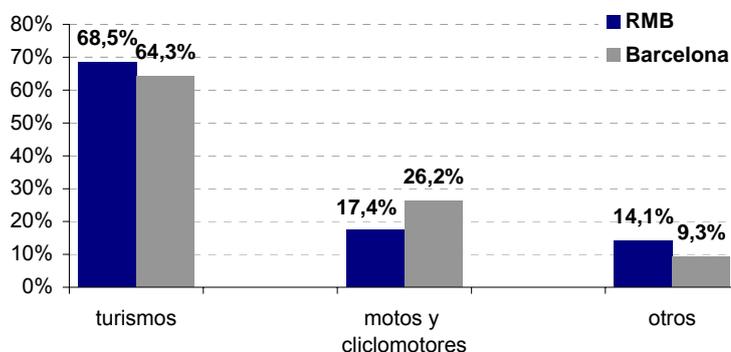


Fig. 3.7 Parque de vehículos en Barcelona y en la RMB (2005)

Fuente: Ajuntament de Barcelona. ATM



Cabe destacar, la gran proporción de motocicletas que hay en la ciudad respecto a la región, lo cual se debe en gran parte al estado de tráfico, la independencia que ofrecen de movilidad frente a la congestión y su facilidad de aparcamiento. En los últimos años el aumento de éstas ha sido permanente, creciendo un 10% desde 2001, mientras que en el caso de los turismos, ha aumentado ligeramente desde 2001 y en el caso de otros vehículos como furgonetas o camiones el número se ha mantenido prácticamente constante.

La ciudad de Barcelona es el origen o el destino de 6,11 millones de desplazamientos diarios por parte de los habitantes de la RMB, de los cuales prácticamente la cuarta parte los realizan residentes del resto de la región metropolitana tanto a nivel interno como externo.

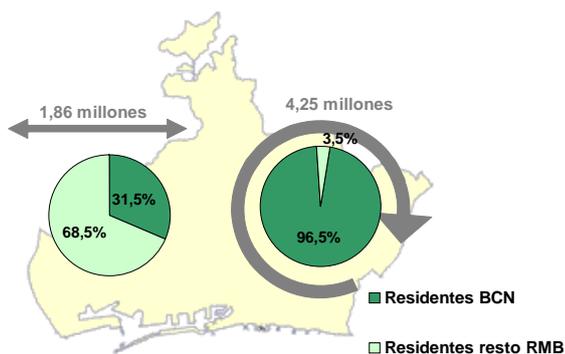


Fig. 3.9 Desplazamientos por origen residente

Fuente: ATM

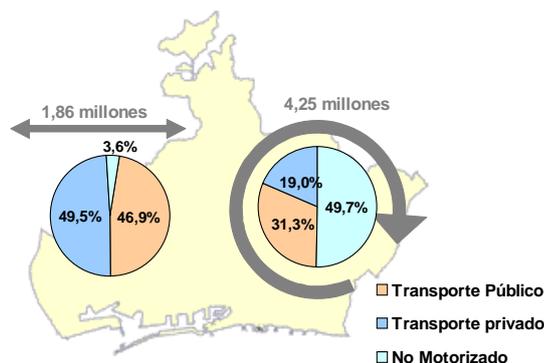


Fig. 3.8 Modo de desplazamiento

Fuente: ATM

Destaca que el 50% de los externos se realizan mediante transporte privado, siendo el coche el modo de desplazamiento más habitual entre ellos con una cuota del 87,5% frente a un 8,5% de motocicletas y un 4% de otro tipo como furgonetas. Sin embargo, de los desplazamientos internos, prácticamente el 50% se realiza en medios no motorizados ya sea a pie o en bicicleta, teniendo en cuenta que se consideran también aquellos inferiores a 5 minutos, el 31,3% en transporte público y un 19% en transporte privado. En este último caso, el modo de transporte más habitual sigue siendo el coche con más de la mitad de la cuota, aunque un 41,2% de los desplazamientos internos se realizan mediante la motocicleta, que cada año se aprecia como un medio más utilizado.

Las previsiones para los próximos años, basadas en las tendencias de población, urbanismo, los índices de motorización y la movilidad, prevén un aumento constante de la cantidad de desplazamientos. Para 2010, la cantidad de desplazamientos que generará Barcelona se estima en 7,5 millones y los diversos escenarios que se han planteado sobre la distribución modal de estos viajes se basan en las posibles actuaciones que se lleven a cabo. En un primer escenario, en el que no se realizarían actuaciones especiales, se mantendría las proporciones de distribución modal actual. El siguiente escenario contemplaría la realización de todas aquellas actuaciones que contempla el Plan Director de



Infraestructuras (PDI) para el transporte público y actuaciones sobre la vía pública y con ello se estimaría una gran disminución del transporte privado (40% privado, 39% transporte público y 21% a pie). En un último escenario, se sumaría al caso anterior la posibilidad de realizar una reforma a la red actual de transporte público de superficie de Barcelona, radial, por una ortogonal; consiguiendo así llegar a ser el transporte público el más utilizado con un 45% frente al 34 % del privado y el 21 % a pie.

Con el volumen actual de desplazamientos tanto a nivel interno como externo se puede llegar a tener una idea del volumen de tráfico de la ciudad condal. En general, fruto de la estructura de la movilidad los principales puntos críticos de la ciudad son las rondas y las vías de acceso ya que además como se ha podido comprobar en la encuesta de movilidad en día laborable se realizan en su mayoría en transporte privado, ya sea tanto en los desplazamientos de entrada como de salida de la ciudad. La congestión que puede llegar a producirse en ciertos intervalos horarios no solo es perjudicial para el ciudadano sino también ambientalmente para Barcelona como ya se verá más adelante.

Pese a que en los últimos años se ha visto reducida la intensidad media diaria de vehículos en la red (IMD), que muestra la cantidad de vehículos que circulan durante todo un día por una vía determinada, sigue siendo un nivel bastante alto. La siguiente figura (Fig. 3.10) conocida como la araña de tráfico, muestra la IMD de Barcelona, donde el grosor de la vía es directamente proporcional a su IMD.

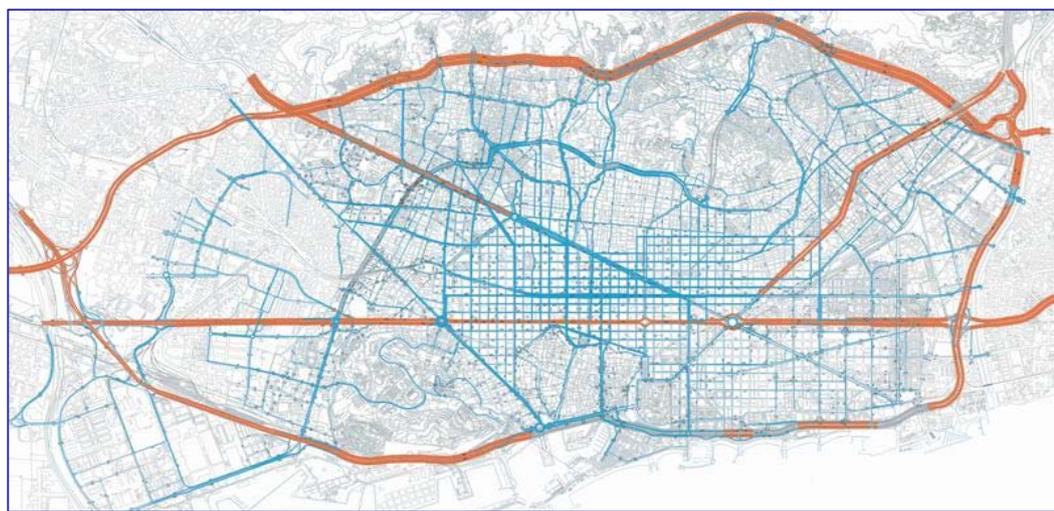


Fig. 3.10 Araña de tráfico de Barcelona

Fuente: Ajuntament de Barcelona. Sector de Seguretat i Mobilitat. Direcció de Serveis de Mobilitat

Las zonas de acceso a la ciudad y las de acceso a los puntos de atracción más importantes de la ciudad son aquellas con un grosor mayor, es decir con una IMD más elevada.

A través de la medición de los vehículos presentes en una vía se puede representar esta araña de tráfico. Teniendo en cuenta la localización de los puntos de aforo, de medición de la



intensidad de tráfico mostrados en la siguiente figura podemos determinar el estado del tráfico en la ciudad y mostrar los puntos críticos ya que presentan saturación:

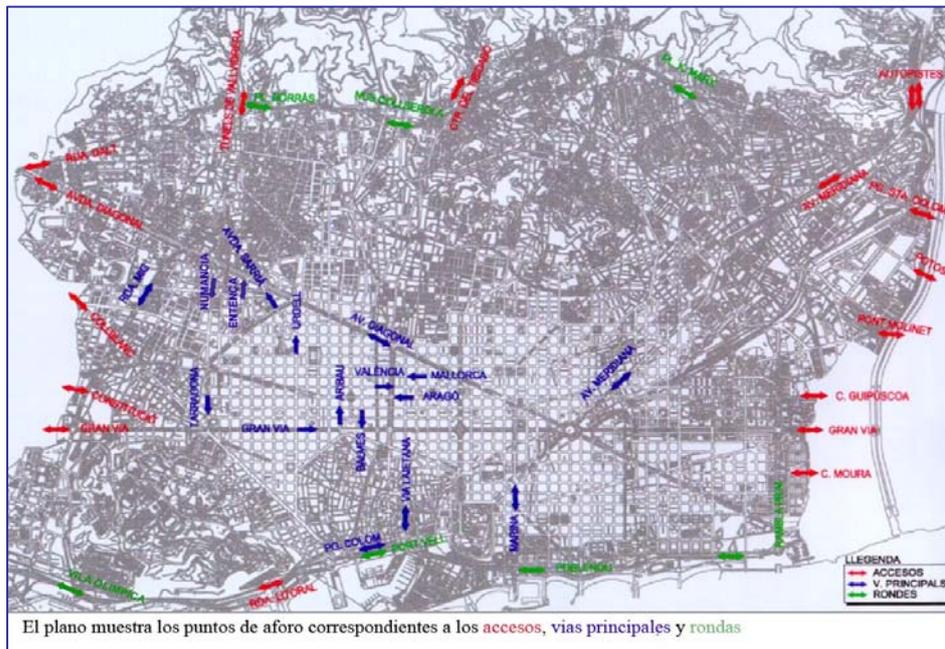


Fig. 3.11 Puntos de aforo de Barcelona

Fuente: Ajuntament de Barcelona. Sector de Seguretat i Mobilitat. Direcció de Serveis de Mobilitat

Uno de los puntos críticos son los accesos a la ciudad. En 2002, gracias a la integración tarifaria total, se produjo un decremento de tráfico en los accesos del 2,14%, pese a ello, en los siguientes años el tráfico ha seguido incrementándose en dichas vías superando el valor de 2001. Entre 2004 y 2005, el aumento de tráfico que se registró fue de un 3,43%.

En cuanto a las rondas, los últimos años no han sufrido variaciones considerables en cuanto a volumen de circulación, pese a que en el último año la Ronda de Dalt ha observado un ligero aumento en la plaza Kart Marx y en el anillo de Collserola.

Las vías principales se subdividen en dos grupos, aquellas que tienen sentido mar-montaña y las que lo tienen Besòs-Llobregat. De ahí, los datos de IMD de 2002 a 2005, los últimos disponibles, presentados a continuación para todas las clases de vías en función de su sentido.



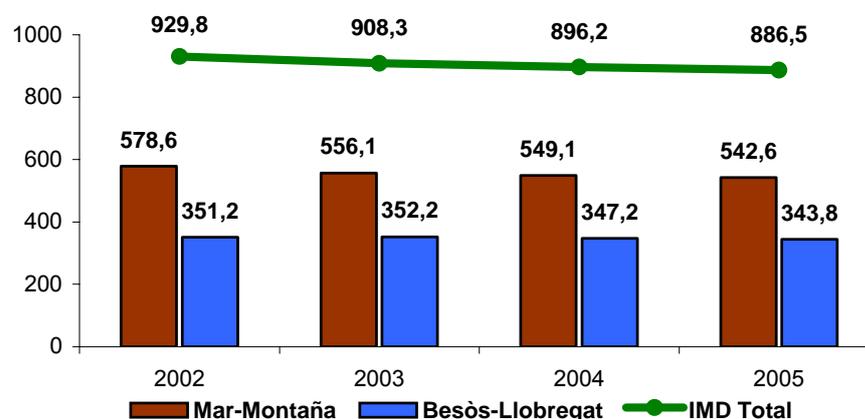


Fig. 3.12 Intensidad media diaria de las vías principales de Barcelona

Fuente: Elaboración propia. Ajuntament de Barcelona: Sector de Seguretat i Mobilitat.

En los últimos años la tendencia de la intensidad media diaria en las vías principales de la ciudad ha sido decreciente, aunque algunas de ellas han visto elevada la intensidad circulatoria y que el descenso es ligeramente diferente según la tipología de la vía y su situación geográfica dentro de la ciudad. De todas formas, la gran mayoría de ellas presentan sobrecarga en franjas cada vez más amplias de la mañana o de la tarde, con motivo del aumento de desplazamientos motivados por la ida al puesto de trabajo o la vuelta a casa, respectivamente.

La oferta de aparcamiento dentro de la ciudad ha variado en su tipología en los últimos años, especialmente con la entrada en vigor del Área Verde en el año 2005 como parte del programa de aparcamientos 2005-2007 del Ajuntament de Barcelona. La disponibilidad de aparcamiento en calzada y fuera de ella es la siguiente:

Tipología	2001	2002	2003	2004	2005	%05/04
Área azul	6.628	6.910	6.933	7.158	10.409	45,4%
Área verde preferente residente	-	-	-	-	25.363	-
Área verde exclusiva residente	-	-	-	-	8.121	-
Carga y descarga	7.452	8.432	8.950	9.177	10.440	13,8%
Libres	148.363	148.097	147.068	181.198	138.438	-23,6%
Total calzada	162.443	163.439	162.951	197.533	192.771	-2,4%
Plazas motos	10.135	12.317	13.171	17.759	37.162	109,3%
Vecinos	298.162	308.991	320.652	371.664	379.693	2,2%
Públicos	144.540	145.261	146.052	143.891	144.687	0,6%
Total fuera calzada	442.702	454.252	466.704	515.555	524.380	1,7%

Tabla 3.4 Evolución de la oferta de aparcamiento

Fuente: Ajuntament de Barcelona. Sector de Seguretat i Mobilitat

Destaca en esta evolución, a la vez de la aplicación del Área Verde, la disminución de plazas de la llamada Área Azul (existe una cuarta parte menos que en 2004) y la cantidad de plazas para motos que se han habilitado aumentando la cantidad de plazas en más del doble en el



último año estudiado. Con la entrada en vigor del Área Verde, se pretendía, por un lado, reducir el tráfico privado en el centro de la ciudad, beneficiando así el transporte público y dando siempre preferencia de uso al residente y, por otro lado, mejorar la calidad ambiental. El área se divide en dos coronas y en 18 zonas. La característica principal que aborda es su precio. Para todos aquellos residentes de cada zona, el precio es de 1€ a la semana y con ningún tipo de límite temporal de estacionamiento. Sin embargo, el coste prácticamente se triplica para aquellos no residentes de la zona y a su vez se les aplica un límite de estacionamiento de dos horas.

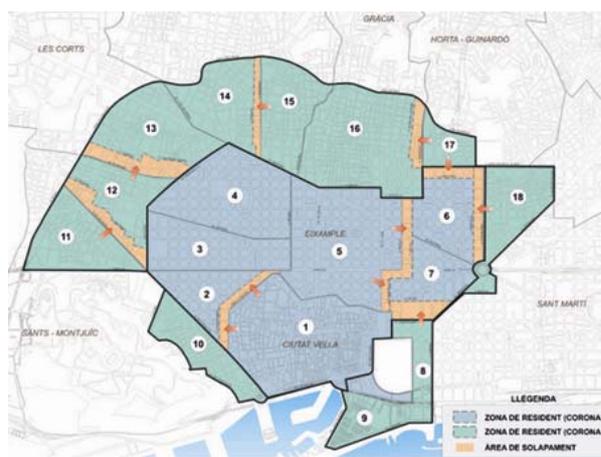


Fig. 3.13 Mapa de las zonas del Área Verde

Fuente: Ajuntament de Barcelona

Según un informe de la fundación RACC sobre el primer año de implantación del área verde[5], se consiguió aumentar un 2,40% de media la velocidad de circulación en la zona de aplicación del área lo que implica una reducción del tráfico circulatorio, habiendo trayectos con una notoria mejoría (desde plaza Catalunya hasta Vía Augusta mejora un 10,37%) y, no obstante otros sufrieron un notable aumento de circulación (calle Balmes con una reducción de velocidad del 7,41%). El área verde si que benefició una reducción de tráfico en el centro de la ciudad de unos 67.000 vehículos circulando por dicha zona y también el aumento de uso del transporte público para acudir a esa zona.

Vía	4º Trimestre		%
	2004	2005	
Paral·lel hasta Travessera de les Corts	16,9	17,2	1,78
Sants hasta Paral·lel	15,6	16,6	6,41
Aribau desde Pl. Universitat hasta Vía Augusta	16	15,6	-2,50
Balmes desde Pl. Molina a Gran Via	18,9	17,5	-7,41
Pl. Catalunya hasta Vía Augusta por Pg. Gràcia y Diagonal	16,4	18,1	10,37
Gran Via desde Pl. Espanya a Pl. de les Glòries	23	23,6	2,61
Aragó desde Meridiana hasta Tarragona	21,5	21,7	0,93
Mallorca desde Meridiana hasta Av. Roma	17,9	19,3	7,82
València desde Vilamarí hasta Meridiana	16,1	15,8	-1,86
TOTAL: VELOCIDAD MEDIA	19,55	20,02	2,40

Fig. 3.14 Velocidad media de vías básicas internas al ámbito del Área Verde

Fuente: Fundació RACC



Sin embargo, su aplicación ni fue del todo satisfactoria por diversos factores. En el caso de los residentes de la zona, el amplio margen de aplicación de cada una fomenta el uso del transporte privado dentro de la misma. No es nada beneficioso ni para aquellos residentes del resto de la RMB, que deben acudir por diversos motivos a la ciudad, ni para los residentes de otras zonas de la ciudad que, especialmente por el tiempo máximo de estacionamiento, deben buscar plazas de aparcamientos fuera de la calzada. A su vez, los foráneos pueden encontrar en el perímetro delimitador del área una posibilidad de aparcamiento si quieren ir al centro pero no pagar ya que, la gran reducción de plazas libres de aparcamiento en calzada entre 2004 y 2005 en beneficio del Área Verde y el área Azul en especial en la zona centro de la ciudad y otras utilizadas como plazas para motos (*Tabla 3.4*), por el coste que ello supone frente a otros gratuitos.

3.1.1.2. Entorno económico

En el año 2000 la Comisión Europea presentó la energía como un factor esencial de la competitividad y del desarrollo económico de Europa. El objetivo principal de la política energética de la Unión Europea que se desarrolló en el Libro Verde[5] es garantizar la seguridad de abastecimiento energético a un precio asequible para todos los consumidores respetando y fomentando una competencia sana en el mercado europeo de la energía.

3.1.1.2.1 Entorno energético en Europa

Los veinticinco Estados miembros de la Unión Europea consumen hoy cerca de 1.725 Mtep. Es una factura elevada para Europa: aproximadamente 500 000 millones de euros, o sea, más de 1 000 euros per cápita al año. De estos 500 000 millones de euros, el precio del consumo energético para la economía europea, cerca de la mitad (240 000 millones de euros) se deben destinar para la importación de la energía que no se produce dentro de la Unión. La energía es, pues, un bien costoso que, además, empieza a ser escaso. Según muchos expertos, las reservas de hidrocarburos sólo permitirán cubrir nuestras necesidades durante unos cuarenta años.

Así pues, la Unión Europea presenta un cuadro de gran dependencia energética exterior. En la actualidad, alrededor de un 50% de la energía total demandada se obtiene mediante la importación. Este valor puede evolucionar de diferentes maneras en función de las políticas que se lleven a cabo y, muy especialmente, de la evolución de los precios de los carburantes en las décadas venideras, en especial en el caso del petróleo y del gas que en la actualidad son los combustibles más demandados (Véase Fig. 3.15). La Comisión Europea estima varias posibilidades para la evolución de dichos carburantes según determina en el informe sobre escenarios posibles de dichos carburantes hasta 2030[7]:



- Escenario de evolución base: partiendo de un desarrollo esperado de la economía mundial, sin que haya gran impacto de políticas medioambientales ni límites geopolíticos contra el desarrollo mundial del petróleo. Se supone una abundante disponibilidad de recursos de combustibles.
- Escenario de precio medio para el gas y muy elevado para el petróleo: se toma como hipótesis un crecimiento económico mayor en países asiáticos en vía de desarrollo como China o India y considerando menos abundancia de recursos que en el escenario de evolución base.
- Escenario de precios de gas y petróleo muy elevados. Las hipótesis que se toman en cuenta en este caso son las mismas que en el caso de precio del gas medio y petróleo alto pero con la diferencia que se cree en la posible influencia alcista del precio del petróleo sobre el del gas.

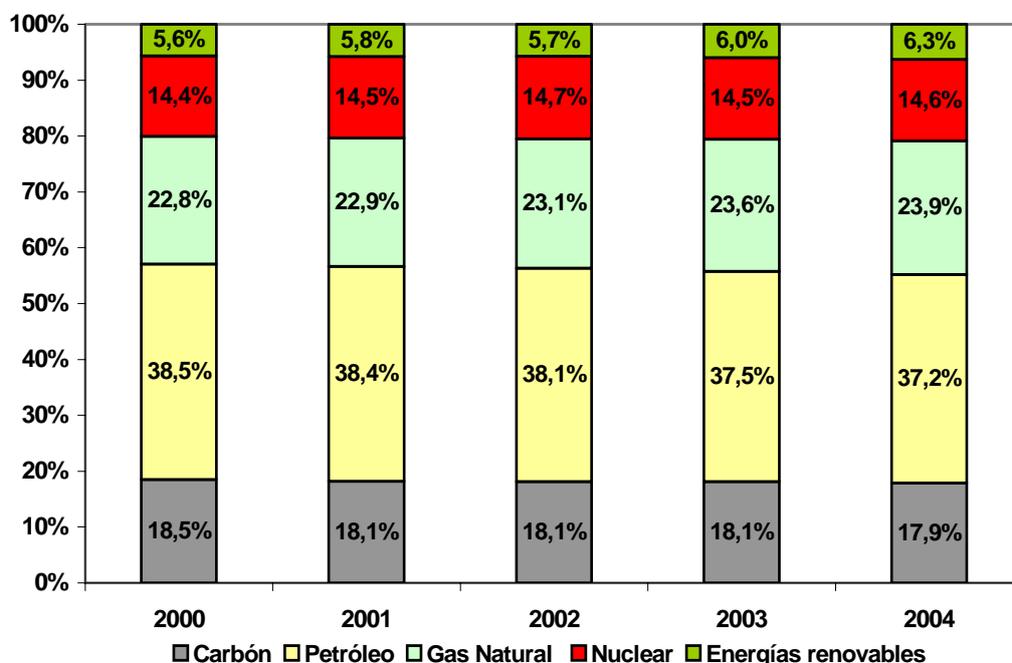


Fig. 3.15 Consumo de energía por combustible 2000-2004

Fuente: Eurostat

Es necesario analizar los posibles escenarios futuros de la energía mediante los precios de los combustibles debido a la gran dependencia que de ellos se tiene en la actualidad y al estado que los yacimientos sufren ya hoy en día, en gran medida, por la creciente demanda energética proveniente de países asiáticos como China o India. En el caso del petróleo, poco a poco los yacimientos de coste de extracción más bajos empiezan a mostrar signos de agotamiento y los nuevos descubiertos presentan más dificultades de acceso y características que encarecen el coste de extracción. Se necesita disponer de mayores recursos económicos para la exploración, explotación y transporte de los combustibles.



El análisis de estas perspectivas se realizará para los miembros de la Unión Europea a fecha 2006, es decir para los 25 estados miembros (UE-25) que la componen en este instante, desestimando que la lista puede ser ampliada en los próximos años.

El precio de los combustibles fósiles puede afectar en gran medida al panorama energético de la unión. Según las tendencias marcadas en el escenario base (Anexo A.1), el precio del petróleo ascenderá en los próximos años debido a un descenso de las reservas mundiales, el gas natural incrementaría su valor como consecuencia de nuevos yacimientos que fortalecerían el sector. Sin embargo, la producción propia de la UE no se beneficiaría de nuevos descubrimientos y en base a las nuevas políticas, desarrollaría en mayor medida la producción de energías renovables. Aún así, se estaría muy lejos de alcanzar una cuota de participación elevada y la dependencia energética de la UE aumentaría hasta un 55 % en 2010 y 63,5% en 2020.

La dependencia energética de la UE disminuiría con precios de petróleo y gas natural más altos en el futuro, ya que dado el coste de adquisición de esas fuentes originaría una mayor penetración de las energías renovables debido a la mayor demanda.

El sector de los transportes es el que mayor dependencia genera dentro de la UE, especialmente del petróleo, siendo además un sector con un constante crecimiento de la demanda de energía. Por ello, según muestra el estudio, el aumento de precio de los combustibles como el petróleo, sería una de las principales motivaciones para invertir en el desarrollo de nuevas tecnologías en este sector.

El sexto programa marco de la UE destinó, entre 2000 y 2006, 2.120 millones de € para combatir esta dependencia reforzando las capacidades científicas y tecnológicas necesarias integrando los objetivos medioambientales, económicos y sociales en lo que se refiere sobre todo a las energías renovables, a los transportes y a la gestión sostenible de los recursos terrestres y marinos de Europa.

3.1.1.2.2 Entorno energético en Cataluña

Cataluña representa el 0,1% de la población mundial y el 0,27% del consumo energético mundial. El Plan Energético de Cataluña para el período 2006-2015[12], estudia dos posibles escenarios de evolución del panorama energético catalán, el escenario base y el escenario IER (Intensivo en Eficiencia energética y energías Renovables), y son aquellos a partir de los cuales se ha llevado a cabo el estudio a nivel europeo anteriormente analizado. Los escenarios planteados no son exactamente los mismos debido a que se debe tener en cuenta que en la previsión se escogen los escenarios adecuados para poder valorar las cuestiones que más preocupan al organismo responsable. La Unión Europea realiza las previsiones escogiendo escenarios diferenciados en cuanto a estrategia política con el



objetivo de analizar el impacto de esas decisiones a nivel mundial sobre los mercados energéticos y el consumo energético en Europa. Sin embargo, los ejercicios de previsión energética tanto a nivel español como catalán, abordan cuestiones más ligadas al ámbito estrictamente español o catalán, y por ello, se escogen escenarios muy similares pero con diferencias centradas en la diferentes implantación de modos de actuación más concretos como podría ser sobre la eficiencia energética o las energías renovables.

Ambos escenarios comparten las principales características del entorno internacional, precios de la energía y evolución económica, de tecnología y entorno social pero difieren en cuanto a la intensidad con la que actúa la administración sobre los mercados energéticos impulsando la mejora de la eficiencia energética y el crecimiento de las energías renovables.

Como rasgos más significativos se toma: un contexto económico positivo aunque con crecimientos moderados, manteniendo la inflación y el déficit público en un nivel bajo; la sociedad aumenta progresivamente su concienciación frente a temas ambientales, tal y como demuestra en la actualidad; se mantienen los altos niveles de precio internacionales de las principales materias primas energéticas (petróleo, gas natural y carbón) con incrementos moderados hasta 2015. En cuanto a estos precios, que como ya se sabe van muy ligados al precio del petróleo (que se estima podría ser de 60\$ por barril en 2015), no se contemplan los diferentes escenarios de evolución que marca el estudio de la Unión Europea. El precio del crudo, pues, se toma como referencia para la mayoría de los productos energéticos. Sin embargo, dependiendo de la existencia de una buena interconexión de la red de gas natural de España con el resto de Europa, se podría dar la existencia, al final del periodo de análisis, de un mercado propio del gas natural. Así, el plan energético de Cataluña, analiza la posible evolución del panorama energético, como lo hace el escenario II (escenario de precio medio para el gas y muy elevado para el petróleo) planteado por la Unión Europea, con una posible independencia entre el precio del petróleo y el gas natural a largo plazo.

Se procede a comparar a continuación, los dos escenarios con la situación actual (últimos datos disponibles de 2003), partiendo del consumo de energía primaria. Actualmente, el petróleo representa el 48,1% del total de energía primaria demandada en Cataluña, seguida del uranio con un 24,7% y del gas natural con un 21,9%. Las energías renovables aún tiene poco peso específico con tan solo un 3,2%, pero la evolución según ambos escenarios proporciona un progresivo aumento de peso para dichas energías tanto en 2010 como en 2015, así como del gas natural, en detrimento del petróleo y de la energía nuclear (Véanse Tabla 3.5 y Fig. 3.16).



	Actual Consumo (KTEP) 2003	Escenario base					Escenario IER				
		Consumo (KTEP)		Variación anual (%)			Consumo (KTEP)		Variación anual (%)		
		2010	2015	2003-2010	2010-2015	2003-2015	2010	2015	2003-2010	2010-2015	2003-2015
Carbón	168,6	200,6	16,4	2,5%	-39,4%	-17,7%	199,6	14,0	2,4%	-41,3%	-18,7%
Petróleo	12.471,5	14.034,1	14.467,3	1,7%	0,6%	1,2%	13.534,7	12.656,8	1,2%	-1,3%	0,1%
Gas natural	5.676,0	8.705,0	11.007,5	6,3%	4,8%	5,7%	8.408,5	9.006,3	5,8%	1,4%	3,9%
Nuclear	6.419,8	6.369,2	6.369,2	-0,1%	0,0%	-0,1%	6.369,2	6.369,2	-0,1%	0,0%	-0,1%
Saldo intercambios eléctricos	336,5	312,4	252,6	-	-	-	-318,7	-142,6	-	-	-
Residuos no renovables	56,1	76,6	108,1	4,6%	7,2%	5,6%	76,6	108,1	4,6%	7,2%	5,6%
Renovables	826,0	1.326,0	1.423,3	7,0%	1,4%	4,6%	2.082,3	2.949,3	14,1%	7,2%	11,2%
TOTAL	25.954,5	31.023,8	33.644,4	2,6%	1,6%	2,2%	30.352,1	30.961,1	2,3%	0,4%	1,5%

Tabla 3.5 Consumo de energía primaria de Cataluña en escenarios Base e IER

Fuente: Plan de Energía de Cataluña 2006-2015

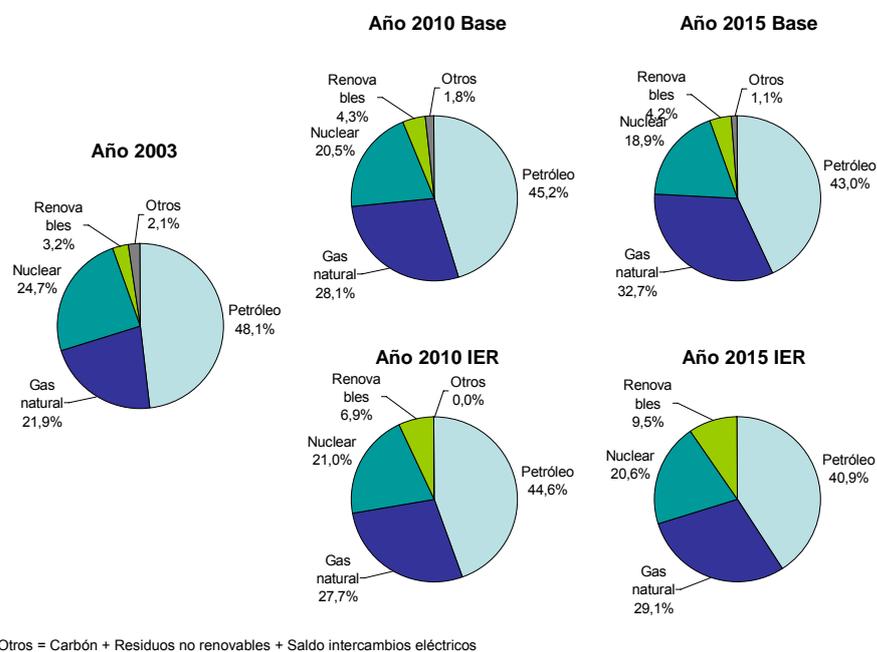


Fig. 3.16 Participación de las fuentes de energía en el consumo de la energía primaria

Fuente: Plan de Energía de Cataluña 2006-2015

Con los resultados previstos se espera un incremento de consumo de energía primaria para ambos escenarios, con un incremento medio anual de 2,2% en el Base y un 1,5% en el IER. En este último escenario, como consecuencia de las medidas de ahorro energético y de eficiencia energética, destaca la progresiva disminución de consumo de combustibles fósiles con respecto al Base. Para 2010, se estima una reducción del 3,74% y para el 2015 de un 14,96% respecto a mantener las tendencias actuales para los mismos años. Esta reducción conlleva consigo el aumento de la participación de las energías renovables en el panorama energético, pasando del 3,2 % del año 2003, al 6,9% del 2010 y al 9,5% del.



Destaca el incremento del porcentaje de participación del gas natural en ambos escenarios. Su actual uso obliga a pensar que su evolución será creciente en los próximos años. En el escenario Base participa en el consumo de energía primaria en un 28,1% en 2010 y un 32,9% en 2015, mientras en el segundo escenario en un 27,7% en 2010 y un 29,1% en 2015. Es mayor este valor en el escenario base porque en el IER se pretende sustituir paulatinamente los combustibles fósiles a favor de las energías renovables.

Cataluña es fundamentalmente una comunidad importadora de energía. La producción de energía primaria es considerablemente más baja que la demanda primaria en prácticamente la mayoría de combustibles. Para el carbón se prevé una reducción de la producción de las minas catalanas acorde con las perspectivas de funcionamiento de las centrales eléctricas que utilizan carbón estatal. La producción de petróleo irá disminuyendo, pudiendo llegar a desaparecer en el 2010, dadas las expectativas de producción de los yacimientos ya existentes en Cataluña, lo cual también afectará de la misma manera a la producción de gas natural. Las energías renovables presentan y presentarán la necesidad de importar una cierta cantidad de bioetanol (utilizado como biocarburante) ya que la producción autóctona se espera que sea inferior al consumo previsto en los próximos años, siendo la única fuente de energía que presente cambios en relación al escenario base fruto de las actuaciones previstas en cuanto a eficiencia energética. La energía nuclear, obviamente, es la única en que la producción coincide con el consumo.

	Base			IER	
	2003	2010	2015	2010	2015
Carbón	75,3	65,7	26,9	65,7	26,9
Petróleo	313,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Gas natural	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Nuclear	6419,8	6369,2	6369,2	6369,2	6369,2
Residuos no renovables	56,1	76,6	108,1	76,6	108,1
Renovables	806,1	1230,4	1323,1	1957,5	2538,1
Solar	2,9	18,0	30,3	67,5	108,3
Eólica	14,0	220,8	282,9	642,1	758,0
Hidráulica	519,4	482,3	493,3	484,8	528,0
Biomasa forestal i agraria	93,9	127,3	136,6	180,9	306,6
Residuos renovables	147,7	146,8	146,8	166,7	198,8
Biogás	22,7	117,4	120,1	162,6	205,6
Biocarburantes	5,4	162,9	162,9	252,9	432,9
TOTAL	7.672,5	7.787,0	7.877,2	8.469,0	9.042,4

Tabla 3.6 Producción propia de energía primaria

Fuente: Plan de Energía de Cataluña 2006-2015

Entendiendo como saldo importación-exportación de Cataluña, la diferencia entre la producción y el consumo de energía primaria, la Tabla 3.7 muestra el estado actual y el futuro según los dos escenarios posibles, donde el valor positivo indica que es la cantidad que se debe importar y el negativo es lo que se exporta.



	Base			IER	
	2003	2010	2015	2010	2015
Carbón	93,3	134,8	-10,6	133,9	-13,0
Petróleo	12.158,4	14.034,1	14.467,3	13.534,7	12.656,8
Gas natural	5.674,1	8.705,0	11.007,5	8.408,5	9.006,3
Nuclear	0	0	0	0	0
Saldo intercambios eléctricos	336,5	312,4	252,6	-318,7	-142,6
Residuos no renovables	0	0	0	0	0
Renovables	19,9	50,6	50,3	124,8	411,2
Solar	0	0	0	0	0
Eólica	0	0	0	0	0
Hidráulica	0	0	0	0	0
Biomasa forestal i agraria	0	0	0	0	0
Residuos renovables	0	0	0	0	0
Biogás	0	0	0	0	0
Biocarburantes	19,9	50,6	50,3	124,8	411,2
TOTAL	18.282,1	23.236,9	25.767,2	21.883,1	21.918,7

Tabla 3.7 Saldo importación-exportación y dependencia energética de Cataluña

Fuente: Plan de Energía de Cataluña 2006-2015

La Fig. 3.17 ilustra la dependencia energética total, calculado como el cociente entre la cantidad importada frente al consumo de energía primaria. En el escenario Base, la dependencia energética muestra una tendencia alcista, casi un 75 % en 2010 y casi un 77 en 2015, mientras que en el escenario IER tiende a estabilizarse pese a un inicial crecimiento (72,1% en 2010 y 70,8% en 2015)

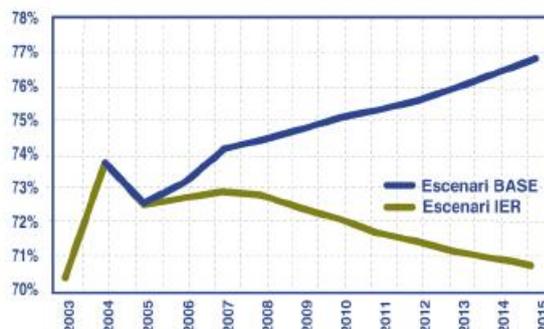


Fig. 3.17 Dependencia energética de Cataluña según escenarios

Fuente: Plan de Energía de Cataluña 2006-2015

En el reparto del consumo final de energía por sectores en la actualidad, el transporte y la industria son los que más participan con un 37,7% y un 34.2% respectivamente. Las expectativas futuras de crecimiento considerable de consumo de sectores como el de servicios y las necesidades residenciales frente a los moderados de los otros sectores, generaría una participación menor para el transporte y la industria, siendo aún las divisiones más influyentes sobre el total y con un consumo cuantitativo mayor.



	Base			IER	
	2003	2010	2015	2010	2015
Industria	34,2%	32,2%	32,3%	32,1%	32,3%
Residencial	13,3%	14,8%	15,1%	14,5%	15,2%
Primario	3,8%	3,5%	3,4%	3,5%	3,5%
Servicios	10,9%	12,7%	13,4%	12,7%	13,6%
Transportes	37,7%	36,8%	35,8%	37,2%	35,4%
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla 3.8 Consumo energía final por sectores

Fuente: Plan de Energía de Cataluña 2006-2015

El 83% del consumo energético del transporte corresponde a la movilidad rodada y más de la mitad corresponde al ámbito urbano, donde el principal consumidor es el vehículo privado mientras que el transporte público solamente representa el 2%.

3.1.1.3. Entorno medioambiental

Una de las mayores preocupaciones mundiales es el cambio climático que parece que en los últimos años, debido a la huella del hombre, se está acelerando en todos los lugares del planeta y producido por el exceso de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, con los peligros que ello puede ocasionar sobre la Tierra a nivel de elevación de la temperatura, desertización, deshielo e inundaciones. Los gases que provocan el efecto invernadero se miden en toneladas equivalentes de CO₂ y son los siguientes: dióxido de carbono (CO₂), metano(CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆).

Estas emisiones influyen sobre el estado climático del planeta y en consecuencia en sus habitantes, pero a su vez, algunos de ellos influyen directamente sobre la salud de las personas: **dióxido de carbono (CO₂)**, **monóxido de carbono (CO)**, **compuestos orgánicos volátiles (COV)**, **plomo (Pb)**, **dióxido de azufre (SO₂)**, **óxidos de nitrógeno (NO_x)**, **partículas en suspensión (PM)**, amoníaco (NH₃), benceno (C₆H₆), benzoapireno (C₂₀H₁₂),y ozono (O₃). Todas estas sustancias son nocivas para nuestro organismo y el transporte es una de las fuentes de emisión de las resaltadas en la lista anterior.

El transporte también es origen de otro factor perjudicial para la salud como es el ruido o contaminación acústica, dado que se estima que es la principal causa de ruido en la ciudad con un 80% del total que se origina en dicho ámbito.

Así, a nivel europeo y catalán se analiza el entorno ambiental desde este punto de vista del cambio climático, por ser cuestiones de carácter más general. Mientras, a nivel de la ciudad condal, se estudiará tanto las emisiones que producen el cambio climático, como la contaminación nociva para los barceloneses y el estado de la contaminación acústica.



3.1.1.3.1 Entorno medioambiental europeo

En 1998, la Unión Europea firmó el protocolo de Kyoto donde la mayoría de los países industrializados del planeta se comprometieron a reducir sus emisiones de GEI en una media de un 5% con respecto al nivel de 1990 durante el período de 2008-2012.

La UE-15, que se comprometió a reducir la cantidad de emisiones de GEI en un 8%, ha estimado las emisiones en 2004 de los estados miembros partiendo del nivel de origen de 1990 y con ello la distancia de desvío respecto a la trayectoria lineal hipotética que se debería seguir para cumplir con lo firmado en el protocolo.

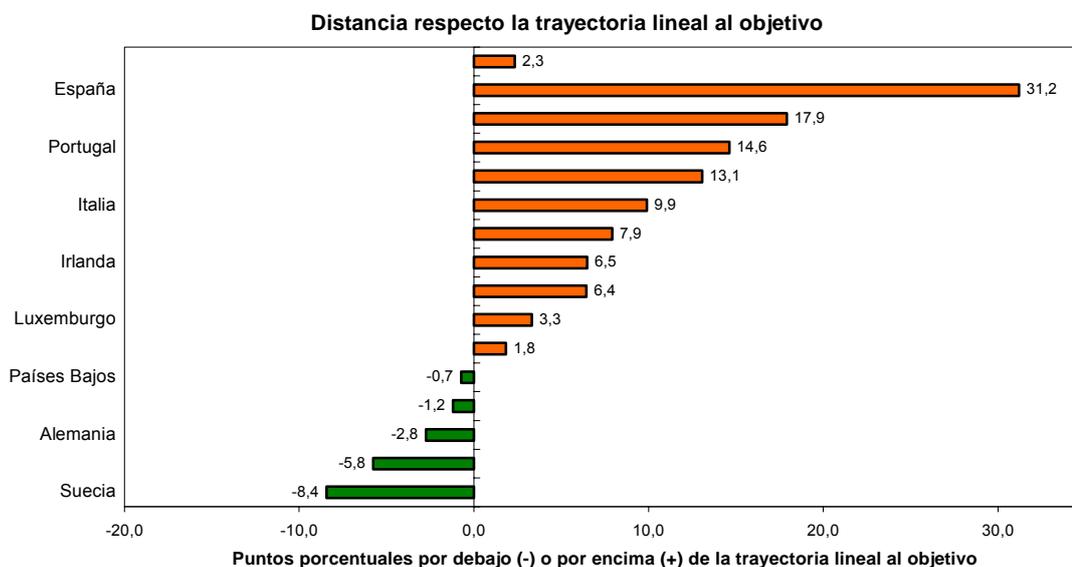


Fig. 3.18 Distancia de las emisiones de la UE-15 respecto a trayectoria lineal a objetivo

Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente

La mayoría de estados de la UE-15 presentan un cuadro de emisiones por encima de las que deberían presentar a estas alturas después de haber firmado hace casi 10 años el protocolo. Por un lado, España supera ampliamente el margen establecido en el protocolo, que le permitía aumentar las emisiones un 15% hasta el periodo de cumplimiento, y sin embargo en 2004 ya superaba en más de un 47% el valor de las emisiones del año base. Por otro lado, se han producido reducciones significativas en las emisiones en Alemania y Reino Unido, los dos mayores emisores de la UE, que juntos representan cerca del 40% de las emisiones totales de GEI en la UE-15.

Algunos de estos países, podrán cumplir para el límite fijado, el objetivo marcado de reducción o aumento de las emisiones de los GEI, siguiendo medidas y políticas domésticas, como es el caso de Suecia y el Reino Unido. Otras naciones (Finlandia, Luxemburgo, Países Bajos, Francia, Grecia y Alemania) es estima que podrían cumplir con el objetivo aplicando a la vez mecanismos de flexibilidad y/o sumideros de carbono marcados en el Protocolo de



Kyoto. Sin embargo, en el caso de Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Italia, Irlanda y Portugal no alcanzarán el objetivo a pesar de llevar a cabo todas las medidas disponibles.

Las emisiones de estos gases provienen en un 80% del sector de la energía (59%) y del transporte (21%) y son por tanto los ámbitos que más preocupan de cara al cumplimiento del protocolo. Desde el año base para las emisiones, el transporte es el único sector que ha incrementado su número de emisiones a la atmósfera, en un 26%, mientras el sector energético ha conseguido hacer disminuir sus emisiones en un 2%. Las perspectivas con las medidas existentes, no son nada alentadoras para el transporte, debido a que se espera que en 2010 aumente hasta un 35% con respecto a sus valores de 1990 ni para la energía que mantendrá su valor actual debido a una demanda de energía siempre en aumento. Por otro lado, en caso de aplicarse medidas adicionales, se podría llegar a valores con respecto a 1990 de +27% y -7% para el transporte y la energía respectivamente.

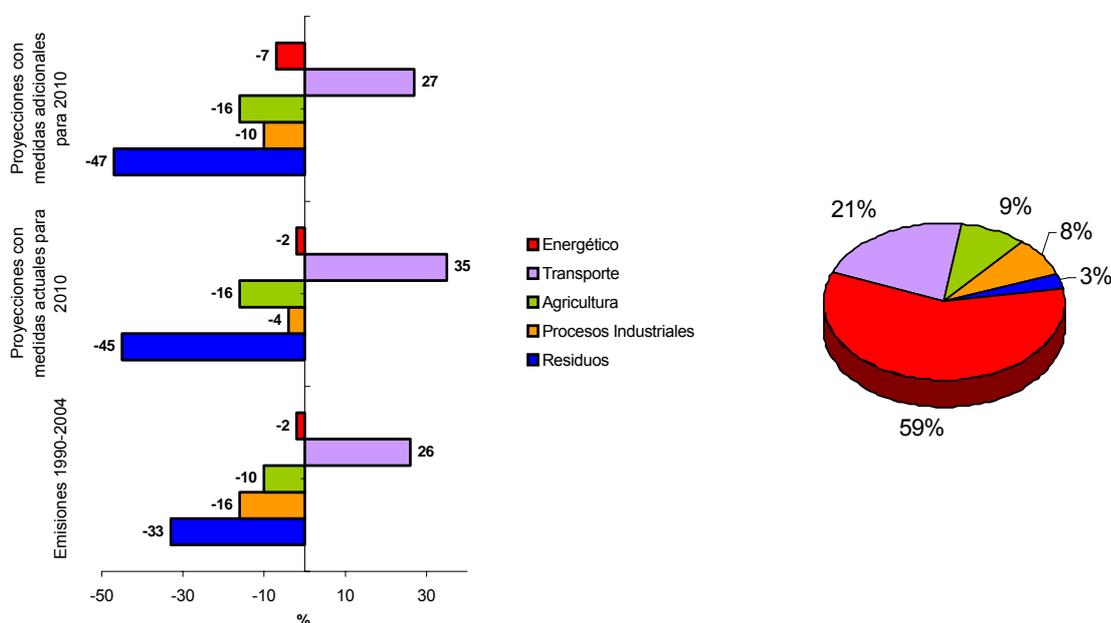


Fig. 3.19 Cambio de emisiones de GEI de la UE-15 por sector y su aportación en 2004

Fuente: Agencia Europea Medio Ambiente

Esta clasificación se debe a las recomendaciones del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) sobre el análisis sectorial de las emisiones de los GEI, desglosando el transporte del sector energético por su importancia relativa y omitiendo el cambio de usos en el suelo y actividades forestales proveniente de los sumideros. El sector energético disminuye en su contribución a las emisiones de dichos gases en un 2%, a pesar del aumento de un 14% en la demanda de energía final en este período, en gran medida a las políticas de mejora de la eficiencia energética llevadas a cabo en Alemania y Reino Unido.



La potenciación de las energías renovables para llegar a su contribución sobre el consumo de energía de 12% para 2010, y la eficiencia energética son las medidas que se toman para por el gran potencial que tiene en el proceso de reducción de emisiones de los GEI. Son, según el Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción Comunitarios, objetivos prioritarios pero que no se podrán alcanzar. Según se estima, el valor de la participación de las energías renovables se sitúe entre el 8 y el 10% en el 2010

Con los escenarios de precios del petróleo y el gas analizados en el entorno energético de Europa, no se llegaría a cumplir la cuota de penetración de las energías renovables esperada (8,1% en el base, 8,3% en el escenario II y 8,4% en el escenario III). Así pues, se deben tomar medidas adicionales que fuercen la llegada hacia ese objetivo.

El gran crecimiento de las emisiones producidas en el transporte desde 1990. Se debe tener en cuenta que dentro del transporte, se engloba el transporte marítimo, el aéreo, ferroviario y el transporte por carretera. Es precisamente este último el mayor culpable de las emisiones producidas, pues el 93% de las emisiones producidas por este sector.

Todos los estados miembros han visto aumentadas sus emisiones en este ámbito lo cual demuestra que las políticas y medidas llevadas a cabo hasta la fecha no son suficientes para evitar este crecimiento independientemente del aumento de volumen de transporte. La mitigación del volumen del transporte por carretera sería una posibilidad para la disminución de sus emisiones, sin embargo para 2010 las proyecciones no estiman ningún cambio significativo.

Como consecuencia de la dificultad de reducir el volumen de transporte, surge la obligación de reducir las emisiones medias de los vehículos de turismo, cuya contribución es superior a la mitad de las emisiones de CO₂ totales provenientes del transporte. Inicialmente, se propuso como objetivo voluntario de los fabricantes de automóviles, la reducción de sus emisiones de CO₂ a 140g/km de media. Visto que la propuesta ha fracasado, y no se alcanzaría esa situación en 2008, la Comisión Europea ha propuesto con intención de marcarlo como objetivo obligatorio, que los fabricantes de automóviles reduzcan las emisiones de CO₂ a la atmósfera a 120 g/km de media para 2012, lo que supondría para entonces una reducción de un 25% de los niveles actuales. Para llevar a la práctica esta propuesta, los fabricantes deberían conseguir una mejor eficiencia de sus combustibles.

Por otro lado también se pueden acoger a la promoción de biocombustibles u otros combustibles de origen renovable. La UE pretende que en 2010 su contribución represente el 5,75% respecto al consumo total de combustibles.



3.1.1.3.2 Entorno medioambiental catalán

Siendo España el país que más ha incrementado las emisiones de GEI de toda la Unión Europea, en casi un 48% desde 1990, Cataluña es una de las comunidades que más contribuye al alto nivel alcanzado, pues desde el año base ha aumentado sus niveles un 38,43%. En la siguiente figura se puede ver la evolución de las emisiones en Cataluña comparativamente a Europa y a España y su objetivo marcado en el protocolo de Kyoto.

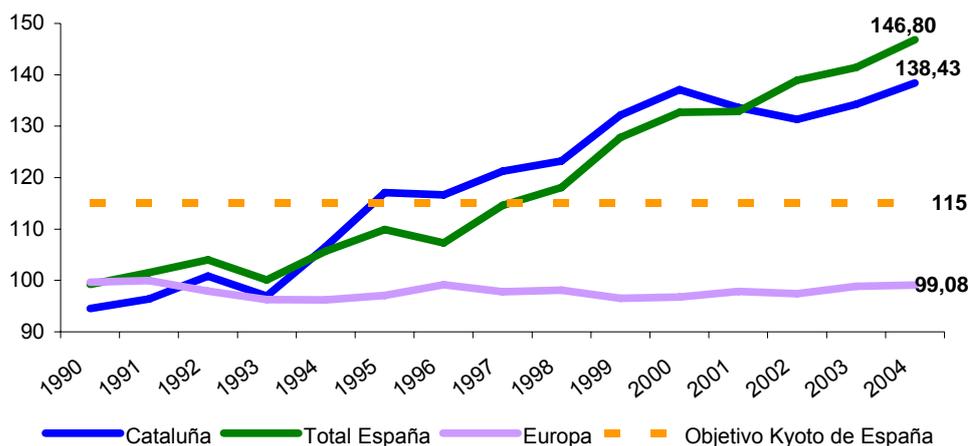


Fig. 3.20 Evolución de las emisiones de GEI respecto al año base

Fuente: Agencia Europea Medio Ambiente y Ministerio de Medio Ambiente

Siguiendo la clasificación sectorial basada en las guías del IPCC como se ha realizado con Europa, la presenta una comparativa de dichos sectores entre Cataluña, España y Europa, y la participación de cada uno de los sectores en las emisiones totales.

	1990					2004						
	Cataluña	%	España	%	UE-15	%	Cataluña	%	España	%	UE-15	%
Sector de la energía	15.892	40,5%	156.058	54,0%	2.557.816	60,2%	25.116	46,2%	229.712	54,2%	2.493.930	58,9%
Procesos industriales	6.968	17,7%	25.645	8,9%	378.532	8,9%	5.012	9,2%	32.797	7,7%	338.160	8,0%
Transporte	10.566	26,9%	58.506	20,2%	704.677	16,6%	14.445	26,6%	102.195	24,1%	887.670	21,0%
Agricultura	4.279	10,9%	39.996	13,8%	435.200	10,2%	5.378	9,9%	46.474	11,0%	380.430	9,0%
Residuos	1.338	3,4%	7.548	2,6%	164.058	3,9%	4.087	7,5%	12.541	3,0%	126.810	3,0%
Disolventes y otros	236	0,6%	1.391	0,5%	10.037	0,2%	289	0,5%	1.518	0,4%	8.127	0,2%
TOTAL	39.279		289.144		4.250.320		54.327		423.718		4.235.127	

Tabla 3.9 Evolución de las emisiones de GEI (kT eq CO₂) por sectores respecto al año base

Fuente: Agencia Europea Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente y revista World Watch

Las emisiones de Cataluña representan el 12,9% del total de España, mientras que su población es el 15,77% y su PIB el 18,29%. Un menor porcentaje por habitante de Cataluña responde sobre todo a que dos tercios de la electricidad se genera en tres centrales nucleares, la ausencia de centrales termoeléctricas de carbón (sólo hay una, la de Cercs) y la menor presencia de industrias intensivas en emisiones y consumo de energía.



Las emisiones de GEI permitidas en Cataluña se calculan sobre el año base. A partir del 15% permitido al estado español, más un 7% según la previsión estatal del uso de los mecanismos del Protocolo de Kyoto y un 2% previsto para sumideros. Así pues, respecto al año base, Cataluña podría emitir 48.709.610 toneladas de CO₂ equivalente para 2010, y sin embargo en la actualidad supera esta cantidad en 5.62 kT de CO₂ equivalente, lo que equivale a que el valor actual está un 11,5% por encima del máximo permitido con los previstos supuestos.

La participación de los distintos sectores analizados, no ha variado ostensiblemente desde 1990, sin embargo, es preocupante el crecimiento cuantitativo de las emisiones, especialmente en los ámbitos del sector de la energía y del transporte.

El sector de la energía que cuenta entre sus actividades las de combustión (en este caso excluyendo el transporte) y las emisiones fugitivas de los combustibles, ha aumentado considerablemente las emisiones debido en gran parte a la generación de energía eléctrica por al aumento constante de las necesidades eléctricas de la sociedad. Teniendo en cuenta los escenarios de estudio marcados para Cataluña, si se siguiera con las tendencias actuales (escenario Base), las emisiones de este sector podrían aumentar considerablemente, en un 27%, de cara al 2010 respecto a los valores actuales. En el caso del escenario donde se promueve una mayor eficiencia energética y un mayor desarrollo de las energías renovables, las expectativas de cara al 2010 serían ligeramente inferiores puesto que el aumento sería del 22,8%, fruto de que el escenario promovido potablemente no se podría aplicar en su totalidad.

El transporte es responsable del 26,7% de las emisiones de GEI de Cataluña, habiendo experimentando un crecimiento del 36% en el período 1990-2004.

El transporte por carretera es el modo de transporte que más contribuye a la evolución del cambio climático, siendo el transporte con vehículos privados, uno de los mayores culpables de la situación, en un 55,7%, y siguiéndole el transporte con camiones con un 22,7 %.origen de estas emisiones es prácticamente mayoritario del transporte por carretera. Muy lejos de estos niveles, están los autobuses, cuya contribución es tan solo del 1,5%,





Fig. 3.21 Emisiones de CO₂ en Cataluña procedentes del transporte por modo
Fuente: Web de la Mobilitat Sostenible i Segura

3.1.1.3.3 Impacto medioambiental del transporte rodado en Barcelona

El transporte en Barcelona es el sector consumidor del 25% de la energía final en 2003. Su contribución en el panorama energético siempre ha ido disminuyendo desde 1999, a pesar de que el consumo se ha incrementado a una media anual de 1,25%, por la evolución creciente de la demanda de los demás sectores (doméstico, comercial y servicios, industria y la estación depuradora de aguas residuales que con anterioridad no se incluía en el cálculo de las energías por sectores).

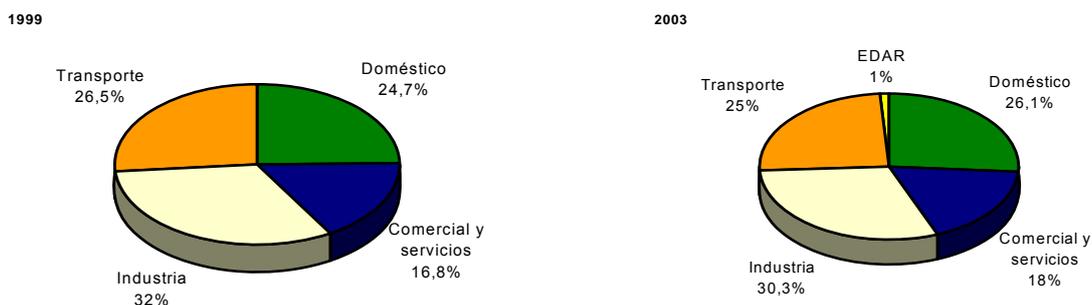


Fig. 3.22 Evolución del consumo de energía final por sectores en Barcelona
Fuente: Agència d'Energia de Barcelona

La tendencia de las emisiones de Barcelona es a su reducción de un 0,89% entre 1999 y 2003, básicamente debido a la producción de biogás tanto en el Ecoparc de Barcelona y el vertedero del Garraf que provoca la disminución significativa de sus emisiones en el tratamiento de residuos. Sin embargo, el resto de sectores han visto incrementadas sus emisiones y por lo tanto, el ritmo de reducción en el tratamiento de residuos no permitirá mantener por si sola la tendencia actual de dicha disminución. El transporte, pese a no ser el mayor consumidor de energía, sí que es el que más contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero con un 23,9% respecto al total, seguido precisamente en el tratamiento de residuos. Todo ello sin tener en cuenta las emisiones originadas en el puerto y aeropuerto como consecuencia del transporte de mercancías o pasajeros que de sus actividades se derivan.



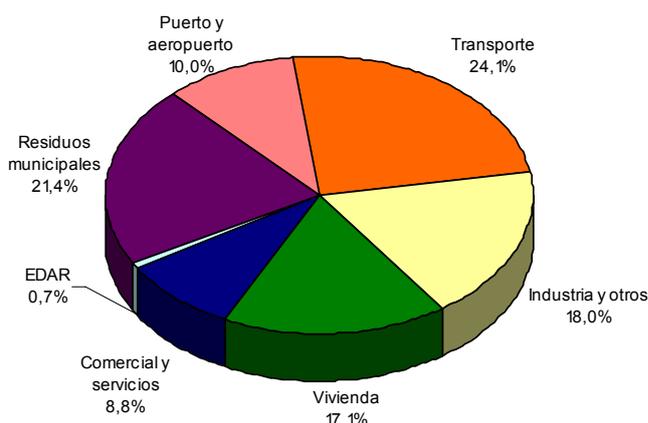


Fig. 3.23 Distribución de las emisiones de GEI en Barcelona 2003 por sectores

Fuente: Agència d'Energia de Barcelona

Así pues, el tráfico en Barcelona es causante de una cuarta parte de las emisiones de estos gases que contribuyen al cambio climático. Sin embargo, se considera que el tráfico es culpable del 88% de las emisiones contaminantes nocivos para la salud humana que se generan, contando las anteriormente citadas. En las vías con una intensidad más elevada de tráfico, los niveles de inmisión son más elevados. La siguiente tabla muestra la participación en las emisiones del tráfico en áreas urbanas comparado al resto de Cataluña debidas al tráfico.

Emisión	Cataluña (%)	Zonas urbanas (%)
CO₂ (dióxido de carbono)	37	60
CO (monóxido de carbono)	89	100
NO_x (óxidos de nitrógeno)	50	59
COV (hidrocarburos volátiles)	30	85
SO₂ (dióxido de azufre)	4	10
PM (partículas en suspensión)	16	50
Pb (Plomo)	90	99

Fig. 3.24 Participación del tráfico en las emisiones

Fuente: Guillem Massagué, 1997

El transporte público, que es responsable del aproximadamente el 40% de los desplazamientos que se producen a diario en Barcelona (tanto externos como internos), es el origen del 2,3% de las emisiones de efecto invernadero, y respecto su influencia en la calidad del aire de la ciudad, contribuye en un 9,7% del total de las emisiones contaminantes. Obviamente, el foco origen de la mayor parte de las emisiones es principalmente el transporte privado con una cuota del 76% en este sentido.

Los niveles de contaminación de la ciudad por parte del transporte han sufrido un constante aumento desde 1990. La congestión de tráfico combinada con una mayor necesidad de movilidad, han provocado que la mayoría de las medidas o políticas que se han llevado a cabo para hacer disminuir las emisiones de los vehículos y promoción del transporte público



no hayan sido tan fructuosas como se esperaban. Los porcentajes de la movilidad según medio de transporte se han mantenido prácticamente invariables

La contaminación acústica que genera el transporte en la ciudad es otra de las preocupaciones que de él se derivan. Se calcula que los vehículos de motor generan el 80% del ruido presente en Barcelona, ya sea por la características y estado de los vehículos, como por los problemas de congestión de tráfico y de la utilización del claxon.

Las condiciones acústicas dictaminadas para la ciudad de Barcelona son las que se detallan en la siguiente tabla donde se describe el nivel sonoro según la valoración de buenas, tolerables y a mejorar tanto para el periodo diurno como nocturno, y a su vez, el porcentaje de la superficie viaria de la ciudad que presentan los valoraciones así indicadas en ambos periodos, la cual presenta una fuerte relación entre intensidad de tráfico y su nivel sonoro. En este caso, se presenta el nivel global independientemente de la fuente emisora del ruido.

	Diurno		Nocturno	
	Nivel sonoro medio en dBA (de 7 a 22h)	Espacio viario (%)	Nivel sonoro medio en dBA (de 22 a 7h)	Espacio viario (%)
Buenas	< 65	43,1%	< 55	21,3%
Tolerables	De 65 a 75	49,1%	De 55 a 65	52,5%
Deficiente	> 75	7,8%	> 65	26,2%
TOTAL		100%		100%

Tabla 3.10 Nivel sonoro del espacio viario de Barcelona

Fuente: Ajuntament de Barcelona. Obra Social la Caixa

A nivel de vehículos, la percepción ciudadana considera que el más contaminante acústicamente es la motocicleta, seguida de los coches y posteriormente del autobús. Es evidente que ello depende del vehículo en cuestión, pero a nivel genérico, esta es la percepción. Sin embargo, los estudios demuestran un orden alterado respecto a la percepción humana, pues en primer lugar se sitúa el autobús o camión, posteriormente la motocicleta y a continuación el coche. Si todos los pasajeros de un autobús, cogieran un coche privado, su contaminación acústica sería menor, teniendo en cuenta que la suma de fuentes emisoras de ruido, no es la suma de su ruido aisladamente

3.1.1.4. Entorno tecnológico

3.1.1.4.1 Tendencias tecnológicas en el ámbito del transporte rodado



El impacto social y medioambiental que posee el transporte rodado en nuestra sociedad ha provocado que gran parte de las empresas e instituciones asociadas a este ámbito lleven a cabo proyectos en los cuales se busquen opciones tecnológicas de futuro para los diferentes vehículos o nuevos combustibles que perjudiquen en menor medida a la sociedad.

La Unión Europea aboga, en su [14], la sustitución del 20% de los combustibles derivados del petróleo por otros combustibles más eficientes y respetables con el medioambiente: biocombustibles en el corto y medio plazo, gas natural y metanol a medio-largo plazo, e hidrógeno a largo plazo.

La solución a corto plazo son los biocombustibles ya que emiten un 40-80% menos de gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles. La sustitución paulatina de la gasolina y el gasóleo por biocombustibles como el bioetanol o el biodiesel, en especial, daría como resultado la reducción de las emisiones de GEI. En España, con una cuota deseada de penetración de estos combustibles del 5,75% en la automoción, se estima que se conseguiría reducir las emisiones en 3,8 millones de toneladas de CO₂. Se promueve el uso de estos carburantes especialmente en el transporte público constituyendo así una prueba visible de que hay una alternativa viable a los combustibles convencionales. Sin embargo, estos carburantes no son todavía competitivos por sí mismos la falta de materias primas, tanto por la complejidad logística de la recogida de aceites como por las dificultades que presenta mover grandes volúmenes de cultivos energéticos. Esto dispara el coste, pero gracias a las exenciones fiscales se consigue un precio competitivo en relación a los carburantes fósiles.

El gas natural, como solución a medio largo-plazo, está constituido básicamente en un 85-99% de CH₄ (metano). Es un combustible fósil pero es de todos el que menos contribuye a al cambio climático, siendo el que menos cantidad de dióxido de carbono emite a la atmósfera, y reduciendo emisiones de otros gases nocivos como los óxidos nitrosos. Se almacena a bordo de los vehículos en estado comprimido, por su menor coste y menor complejidad que en caso licuado. Su implantación en el transporte es cada vez mayor ya que un gran número de empresas de transporte público han ido renovando su flota con autobuses de GNC.

La mayoría de expertos coinciden en determinar el hidrógeno como fuente energética a largo plazo. El hidrógeno es un combustible eterno que no contamina y aunque se halla prácticamente en todas partes, raramente aparece en la naturaleza en estado libre, por lo que debe ser extraído. Las diversas formas de producirlo pueden involucrar el uso de energías procedentes de hidrocarburos para realizar la operación de reformado por vapor, o bien la utilización de energías renovables (la fotovoltaica, la eólica, la hidráulica y la geotérmica) para generar la electricidad que se consume en el proceso de la electrólisis donde se descompone el agua en hidrógeno y oxígeno. Aún no ha penetrado en el mercado del transporte, pero la mayoría de instituciones o empresas estudian la manera de



perfeccionar la tecnología necesaria para el hidrógeno, pilas de combustible. Grandes compañías del sector de la automoción (Daimler-Chrysler, General Motors, BMW, Ford y Fiat) compiten entre ellas para encontrar la mejor solución tecnológica en este sentido y BMW pretende comercializar su primer turismo alimentado por hidrógeno en 2008. A su vez, en el ámbito del transporte público la Unión Europea promovió el proyecto CUTE (*Clean Urban Transport for Europe*) y el proyecto ECTOS (*Ecological City Transport System*) con el objetivo de efectuar una evaluación del comportamiento real en servicio en una serie de ciudades europeas de tres autobuses de pila de combustible fabricados por EvoBus (filial alemana de Daimler-Chrysler).

3.1.1.4.2 Proyecto CUTE (*Clean Urban Transport for Europe*)

Fue una iniciativa lanzada también en el seno del V Programa Marco de la Unión Europea en 2001 y que tuvo final en 2006, con el objetivo de efectuar una evaluación del comportamiento real en servicio en cada ciudad englobada en el proyecto de tres autobuses de pila de combustible modelo Citaro fabricados por EvoBus (filial alemana de Daimler-Chrysler), respecto a tres parámetros fundamentales: el primero, referente a las soluciones técnicas adoptadas en el vehículo, en las infraestructuras y en los diferentes componentes aplicados; el segundo se refiere a los costes de desarrollo y explotación; y el tercero se vincula a la aceptación social y operacional del vehículo respecto a la tecnología actual de motores de gasóleo, GLP o GNC.

Las ciudades europeas enroladas en el programa CUTE son Ámsterdam, Barcelona, Hamburgo, Londres, Luxemburgo, Madrid, Oporto, Reykiavik, Estocolmo y Stuttgart, a través de sus empresas municipales de transporte urbano, junto con los socios tecnológicos encargados de los vehículos (EvoBus) y de la infraestructura del hidrógeno (BP, Air Liquide, REPSOL-YPF, etc.). A cada una de estas ciudades, dispares en cuanto a climatología, condiciones de tráfico, condiciones topográficas y sensibilidad medioambiental, fueron llegando a partir de mediados de 2003 los tres autobuses de pila de combustible correspondientes, una vez finalizada la fase de ejecución de la infraestructura de aprovisionamiento de combustible necesaria. El periodo de operación de los vehículos fue 2 años.

Del total de ciudades participantes, en Ámsterdam, Barcelona, Hamburgo y Estocolmo se obtiene el hidrógeno en instalaciones de electrólisis alimentadas en parte por energía eléctrica, siendo en algunas de estas ciudades parte de la electricidad consumida de origen fotovoltaico, eólico, hidráulico o de incineración de residuos. Por su parte, en Stuttgart, Oporto y Madrid obtienen el hidrógeno a partir de reformado por vapor del gas natural en instalaciones contiguas a las *hidrogeneras (on site)*, y en Londres y Luxemburgo se suministra el hidrógeno en forma líquida y comprimido en forma gas respectivamente, mediante camiones procedentes de plantas de obtención del mismo (*off site*)



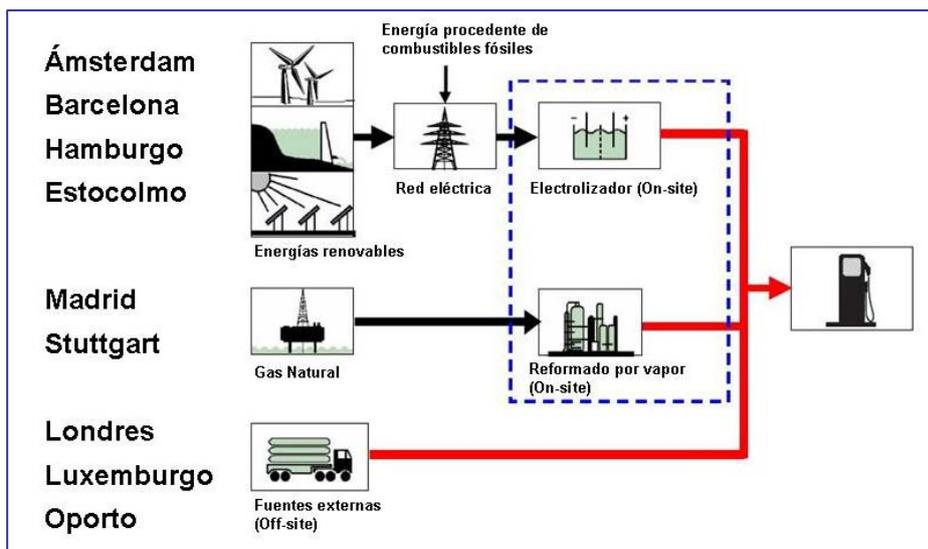


Fig. 3.25 Métodos de obtención del H₂ para cada ciudad

Fuente: Congreso CUTE en Hamburgo

La producción mediante electrólisis se explica en el contexto de la ciudad de Barcelona en el Anexo A. Londres, Luxemburgo y Oporto, recibían el suministro en estado líquido en su totalidad desde centrales externas, mediante el transporte rodado ya que en Europa existen solamente unos 1000 km de tuberías subterráneas para hidrógeno que no están cerca de ninguna de las ciudades pertenecientes a este proyecto. El uso del gas natural para la obtención de hidrógeno en el caso de Madrid (Anexo B) tiene su justificación en que el metano, principal componente del gas natural, es el hidrocarburo con mayor proporción de hidrógeno en su molécula, por lo que mediante un proceso de reformado catalítico, se logra liberar el hidrógeno. Sin embargo, en el proceso de reformado se producen múltiples reacciones químicas, que además de hidrógeno generan también otros gases no deseables por su poder contaminante como el CO y CO₂, que hay que eliminar en sucesivas fases hasta obtener hidrógeno de una pureza superior al 99,99%, que es el que requieren las pilas de combustible PEM montadas en los autobuses. Una vez obtenido se comprime hasta presiones de 20 MPa y se almacena en baterías de cilindros. Finalmente, desde la batería de cilindros, el hidrógeno es suministrado, a través de una manguera en el poste de carga, a los cilindros que sirven de depósito en el techo del propio vehículo que lo mantienen a 35 MPa.

3.1.1.4.3 Conclusiones del proyecto CUTE

A mediados de 2006 se dieron a conocer, en el congreso de Hamburgo, los informes de evaluación de los dos años de seguimiento del proyecto CUTE. Los informes analizan los resultados desde los siguientes aspectos: nivel operacional del autobús, infraestructuras de producción y suministro de hidrógeno e impacto ambiental y económico de los autobuses y el ciclo energético.



A nivel de infraestructuras, las estaciones de hidrógeno estuvieron de media más del 80% del tiempo disponibles, muchas de ellas lo estuvieron en un 90%, lo cual al ser un proyecto, significa un alto grado de satisfacción en los resultados. Entre todas ellas suministraron, repostando en más de 8.900 ocasiones, más de 192.000 kg de hidrógeno, siendo el 62% producido on site con un 56% derivado de energías renovables.

La producción de hidrógeno mediante electrólisis ha proporcionado unos resultados altamente satisfactorios con una disponibilidad de las unidades de producción de un 90% en los casos de Estocolmo y Ámsterdam. En Hamburgo, una fuga originada en tuberías debido a ciertas deficiencias en el material, la disponibilidad de los equipos descendió al 70%. En Barcelona la disponibilidad fue mucho menor debido a frecuentes averías en el compresor, contaminación de aceite presente en los depósitos de la estación, y en consecuencia en los depósitos del autobús, y los periodos de espera largos para la sustitución de piezas averiadas. Aún así, los resultados generales son satisfactorios.

En cuanto a la experiencia en la producción por reformado por vapor del gas natural, la disponibilidad de los equipos de producción fue mucho menor (Madrid 17%, Stuttgart 56%), y con ello el grado de satisfacción. El pequeño y compacto tamaño de las plantas para este proyecto ha resultado un inconveniente generando exceso de temperatura y durabilidad de los materiales limitada.

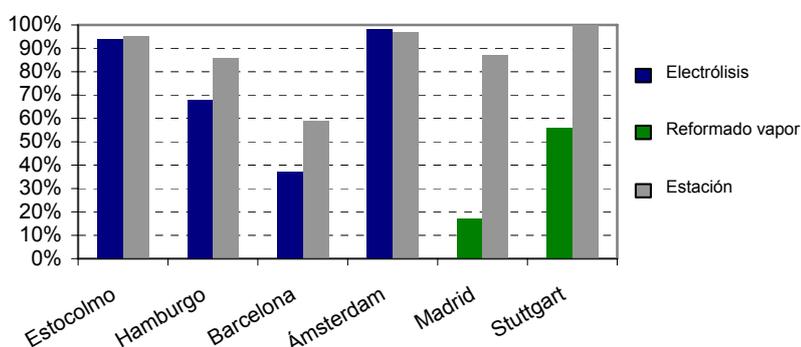


Fig. 3.26 Disponibilidad de equipos de producción y estaciones (on site)

Fuente: Fuel Cell Bus Club

Los causas de espera en la producción, además de las situaciones ya comentadas, fue el desconocimiento de muchas de las alarmas y mecanismos de seguridad fomentados por la inexperiencia derivada de esta nueva tecnología y pequeñas fugas en las tuberías en el caso de la producción por electrólisis. En el caso de reformado por vapor el propio proceso de reformado fue el que tuvo mayores problemas.

La eficiencia de los procesos de producción fue mayor en los operadores que utilizaban la electrólisis (alrededor del 50%), mientras que en el reformado por vapor, la eficiencia durante el proyecto alcanzó de media el 35%, siendo clave el hecho de no poder ser apagados y encendidos los reformadores con facilidad, originando su operabilidad continua con una



menor capacidad de carga y producción. Las pérdidas de hidrógeno fueron mínimas e independientes del origen interno o externo de su producción, exceptuando algunas averías en el compresor que originaron contaminación del hidrógeno insalvable en algunos operadores. Sin embargo, y aunque el H₂ producido era suficiente para el desarrollo de una jornada completa de operación, se considera que la autonomía del autobús es escasa.

En el proceso de almacenamiento de hidrógeno en la estación, los componentes más críticos fueron el compresor de hidrógeno (en un 50% de los casos) y el surtidor de hidrógeno (en especial, su inyector, la manguera y el acoplamiento).

La valoración global de todos los operadores en cuanto a las infraestructuras utilizadas es de una gran satisfacción. Todos ellos coinciden en la necesidad de una estandarización básica de los componentes lo cual otorgaría mayor libertad de elección entre mayor cantidad de proveedores, reduciendo su coste de adquisición y permitiría evolucionar de manera global en las mejoras tecnológicas.

A nivel operacional, se ha evaluado la evolución del autobús de hidrógeno bajo condiciones climáticas, topográficas y de tráfico diferentes, propias de cada ciudad presente en el proyecto, al ser las condiciones que influyen más sobre el consumo.

La disponibilidad de los autobuses en las 9 ciudades europeas, definida como días de paro del autobús respecto al mes, fue de media 81,6%, habiendo casos donde rozó el 100% y el caso de Barcelona que solo alcanzó el 60% debido a las circunstancias mencionadas de contaminación del hidrógeno.

El clima propio de cada ciudad (temperatura y humedad) no ha supuesto ningún efecto negativo sobre la disponibilidad del autobús. Sin embargo, sí que influyó negativamente en cuanto al consumo de combustible, aumentándolo en aquellas ciudades con una temperatura menor de 0 °C o mayor de 18 °C, comparando entre las unas y las otras. El aumento de consumo en las ciudades de mayor temperatura media derivó en menor potencia del autobús motivado por el uso de la unidad de aire acondicionado y en las más frías por el uso de calefacción.

Las condiciones topográficas sí que influyen sobre el consumo de combustible. Como ya pasa en los vehículos diesel, a mayor diferencia de altura, el consumo de combustible aumenta. Pero respecto a los diesel, los autobuses de hidrógeno sufren la desventaja de consumir altas cantidades de combustible en el momento en bajada. Se debe a que por razones de seguridad, las pilas de combustible requieren una limitación mínima de corriente y por ello, cuando el autobús opera cuesta abajo, sigue consumiendo combustible, lo cual no hacen los vehículos diesel.



El tráfico influye en los autobuses de diversas maneras. Externamente, en cuanto a la congestión del tráfico, la línea que operan, el número de paradas y la conducción propia de cada conductor e internamente, influye el peso total de los pasajeros. Los resultados obtenidos demuestran que la situación del tráfico, caracterizada en la velocidad media de circulación, influye en el consumo de combustible de la misma manera que en los autobuses convencionales. El peso del propio autobús contando con los pasajeros que viajan en él también influye negativamente en el consumo de combustible.

La valoración general de los operadores en cuanto al funcionamiento del autobús en las condiciones propias de cada una de las ciudades es muy positiva, estando incluso sorprendidos de la disponibilidad de los autobuses. Las mejoras en el conocimiento de la tecnología permitieron que las horas de operación de los autobuses fueran aumentando a lo largo del proyecto. La nota discordante es el consumo de combustible cuesta abajo, debido a las características propias de las pilas de combustible y la corriente mínima que por ellas debe circular, y el mayor consumo provocado por el peso del vehículo lo cual podría optimizar reduciendo el peso propio de algunos componentes del autobús.

Como análisis del impacto ambiental que ha supuesto el proyecto, los efectos totales medioambientales del sistema energético del transporte con autobuses de pilas de combustible se determinan por su ciclo de vida, entendido como los procesos de producción y obtención de los recursos, la operación y final de la vida tanto para el hidrógeno como para el vehículo y el suministro de combustible. A nivel genérico, la Fig. 3.27 muestra el impacto ambiental del sistema comparando la producción mediante reformado con vapor, reformado por vapor del autobús predecesor al utilizado en el proyecto (NEBUS) y electrólisis tomando como base de comparación el sistema de un autobús diesel Euro III (normativa de emisiones aplicada desde 2000). El impacto ambiental se mide en la contaminación producida por la Energía Primaria (EP), el Potencial de Calentamiento Global (PCG), formación de Ozono a nivel de Suelo (OS) y Lluvia Ácida (LA), en cada una de las opciones disponibles.

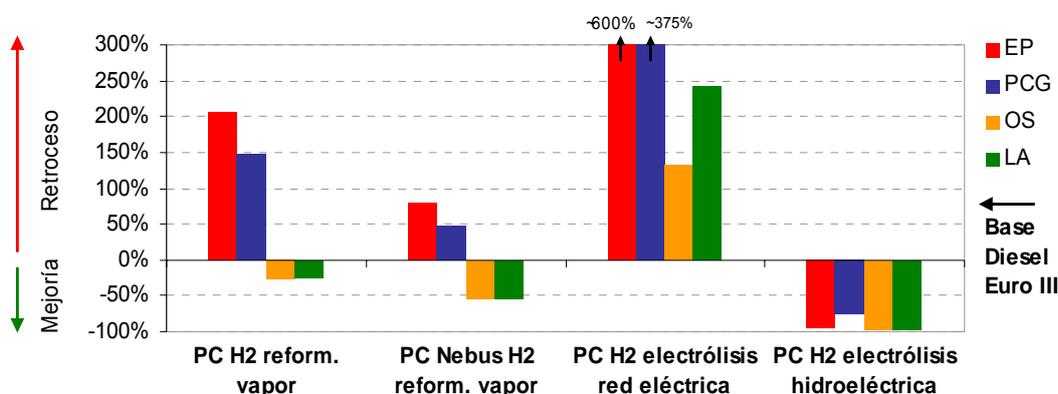


Fig. 3.27 Impacto ambiental del sistema según producción frente a diesel Euro III

Fuente: Congreso CUTE Hamburgo



El perfil ambiental del sistema con autobuses de pila de combustible es altamente dependiente del tipo de suministro elegido para el hidrógeno, es decir de la energía primaria utilizada en su producción, y de la eficiencia de todo el proceso. Se reducen considerablemente las emisiones, especialmente respecto a la utilización de recursos renovables en la energía primaria y las categorías de impacto ambiental mencionadas. Así, el uso de estas energías permitiría acercarse a los compromisos firmados en Kyoto por cada país, y contribuirían al incremento de la sostenibilidad en el transporte.

El sistema demuestra ventajas en términos de efectos medioambientales locales, la lluvia ácida y la presencia de ozono a nivel de suelo, respecto a los sistemas convencionales.

Las gráficas siguientes muestran las emisiones de contaminantes del ciclo de vida de varios sistemas de autobús en función de la energía primaria utilizada y de sus procesos de producción para el caso de los autobuses con pilas de combustible en Stuttgart. Es necesario diferenciar por lugar de implantación puesto que para cada uno de ellos dispone de diferentes vías de suministro.

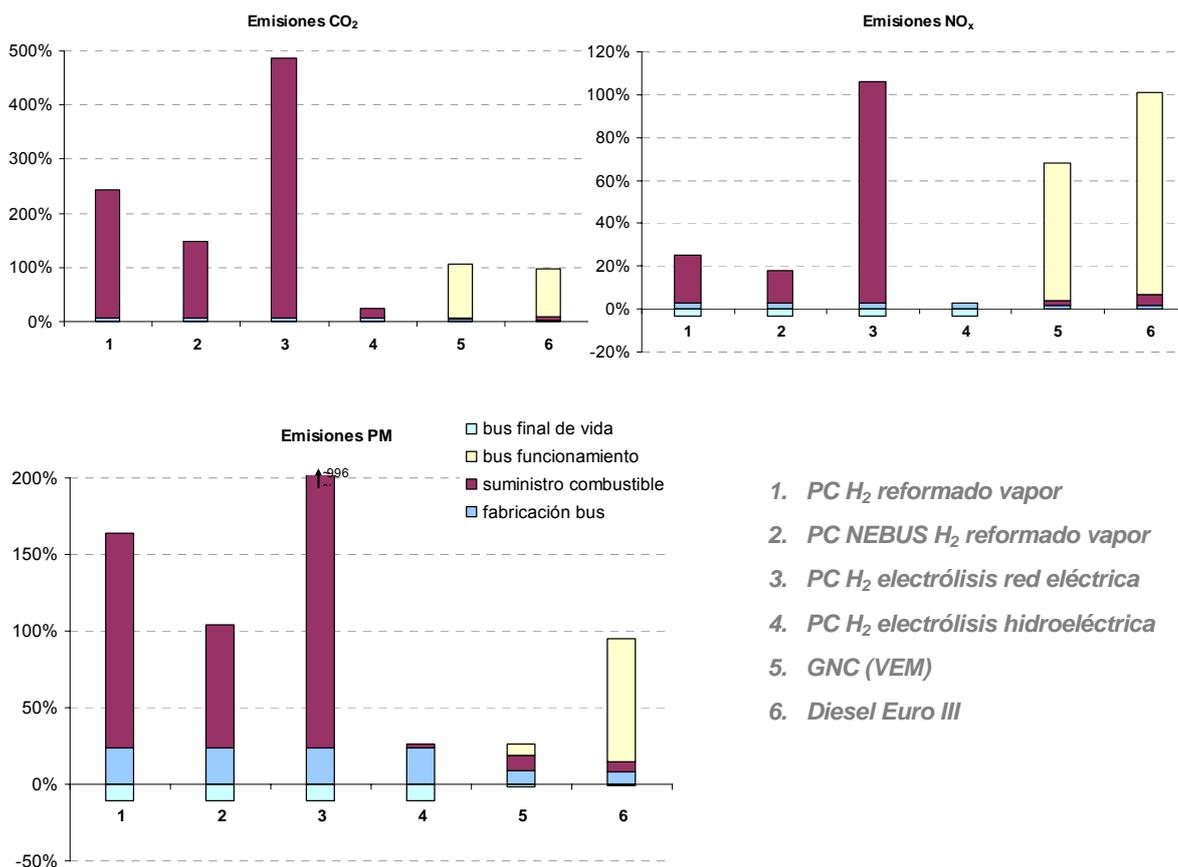


Fig. 3.28 Comparativa de emisiones del ciclo de vida de sistemas de autobuses en Stuttgart

Fuente: Congreso CUTE Hamburgo



A diferencia de los vehículos diesel o de gas natural, los autobuses propulsados por pilas de combustible, no producen ningún tipo de emisión de contaminantes durante su operación, lo cual hace mejorar la calidad del aire en zonas urbanas. Sin embargo, el suministro de hidrógeno sí que puede producir emisiones y otros impactos medioambientales negativos.

El uso del electrolizador alimentado por energía procedente de energías renovables en su totalidad es la opción más deseada. En el caso de Estocolmo, en el que el electrolizador se alimenta única y exclusivamente de energía hidráulica, las emisiones a la atmósfera de contaminantes, causantes del cambio climático, lluvia ácida y empobrecedora de la calidad del aire, son prácticamente nulas. Las que surgen son procedentes de otras etapas del ciclo de vida, extracción de la materia prima, fabricación de componentes, transporte de combustible y materiales y construcción y desmantelamiento de instalaciones. Cuanto mayor sea la proporción de energía procedente de las energías renovables, menor será la contaminación que se emita, pero sin embargo cuanto menor sea mayor contaminación se está generando debido al consumo de energía procedente de la red que proviene de combustibles fósiles. Así la electrólisis es una opción ideal futura cuando el origen de la energía sea mayormente renovable.

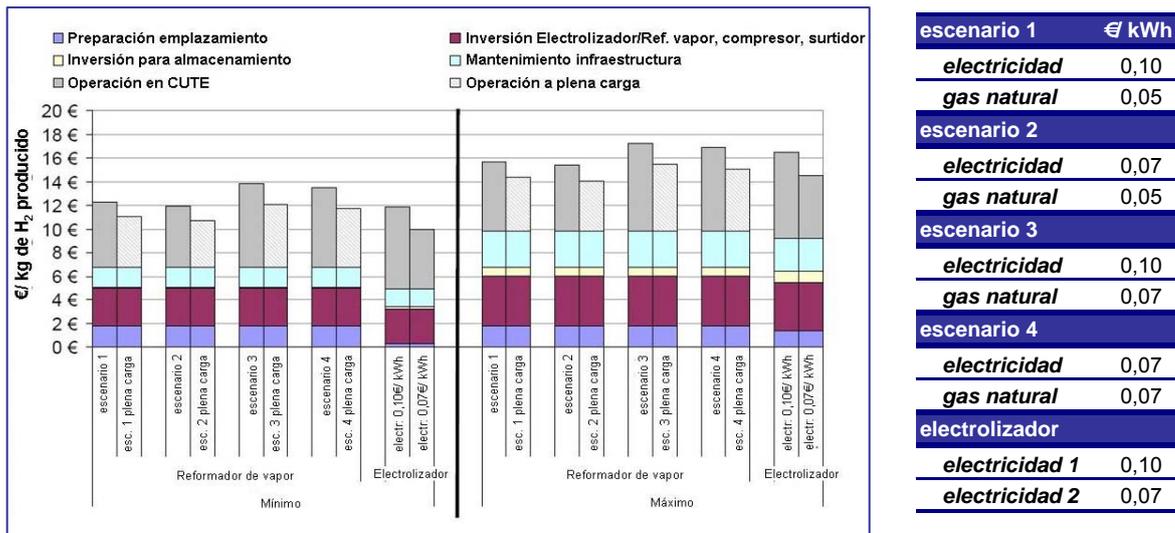
Destacar el bajo nivel de contaminación acústica de los autobuses debido a que no tienen partes móviles (emitido sólo por elementos auxiliares y las ruedas al circular por el asfalto), han conseguido una reducción del ruido de 6-20% dbA frente a vehículos de GNC y diesel.

En las conclusiones económicas extraídas del proyecto CUTE se ha analizado el impacto actual del sistema bajo los siguientes niveles de detalle: inversión inicial en equipo, mantenimiento, operación y preparación del emplazamiento. Dado que el coste de los sistemas de hidrógeno son difíciles de valorar puesto que dependen en gran medida de las condiciones locales, los resultados se presentan como valores medios mostrando los rangos máximos y mínimos de cada módulo presente en la infraestructura.

Asumiendo que los costes no operacionales son independientes del consumo de energía, se ha tomado como el valor medio de consumo la media de los valores de las distintas plantas del proyecto, para el electrolizador (5,8 kWh de electricidad por Nm^3 de H_2) y para el reformador de vapor bajo condiciones de media carga como han actuado en el proyecto (7 kWh de gas natural y 1 kWh de electricidad por Nm^3 de H_2) y bajo condiciones de plena carga (4,7 kWh de gas natural y 1 kWh de electricidad por Nm^3 de H_2). El electrolizador consume una cantidad de energía muy superior al de un reformador de vapor, lo cual hace aumentar los costes operacionales.

El estudio económico se ha realizado bajo las hipótesis de varios escenarios diferentes en función del precio de la electricidad y del gas natural para el reformador de vapor, y del precio de la electricidad para el electrolizador.





escenario 1	€/ kWh
electricidad	0,10
gas natural	0,05
escenario 2	
electricidad	0,07
gas natural	0,05
escenario 3	
electricidad	0,10
gas natural	0,07
escenario 4	
electricidad	0,07
gas natural	0,07
electrolizador	
electricidad 1	0,10
electricidad 2	0,07

Fig. 3.29 Impacto económico de la producción on site del proyecto CUTE bajo diversos escenarios
Fuente: Congreso CUTE Hamburgo

Los costes no operacionales de la producción on site (inversiones iniciales en equipamiento, mantenimiento y preparación del emplazamiento) no son despreciables. Para la producción mediante electroizador, el coste no operacional oscila entre 5€ y 9€, mientras que el reformador de vapor entre 7€ y 10€, por cada kg de H₂ producido. El amplio margen que se establece se debe al hecho de contar con prototipos de plantas de producción. El coste general del sistema dependerá esencialmente del coste del suministro energético, dependientes de la región de implantación del sistema. En un futuro, los costes no operacionales disminuirían como consecuencia de mejoras técnicas en los componentes y mayor conocimientos y dependiendo de las mejoras en eficiencia energética.

3.1.1.5. Entorno legal y normativo

Se presentan a continuación la normativa vigente y en desarrollo respecto al hidrógeno y sus instalaciones, los vehículos de hidrógeno y pilas de combustible as energías renovables y el medio ambiente. Asimismo, las empresas deben certificar las normas de calidad y seguridad

3.1.1.5.1 Hidrógeno

No existe ningún combustible cuya utilización esté exenta de ciertos riesgos. De hecho, las propiedades que convierten a una sustancia en un buen combustible (es decir su capacidad liberar mucha energía, y de hacerlo fácilmente y en distintas condiciones) son las mismas propiedades que lo convierten en una sustancia potencialmente peligrosa. Por lo general cuanto mejor sea un combustible, mayores son las medidas de seguridad con las que hay



que manejarlo. Y el hidrógeno no es una excepción y por ello están ya vigentes o en proyecto las normas siguientes:

- *ISO/TC 197*: Normalización en el campo de los sistemas y dispositivos para la producción, almacenamiento, transporte, medición y uso del hidrógeno. En ella se especifican las siguientes normas ya contempladas en la normativa española:
 - *UNE-ISO/TR 15916:2007 IN*: Consideraciones básicas de seguridad de los sistemas de hidrógeno.
 - *UNE-ISO 14687:2006*: Hidrógeno como combustible. Especificaciones de producto.
- *ISO/WD 17268*: Hidrógeno gaseoso. Normativa para los surtidores de hidrógeno.
- *ISO/CD 15869*: Hidrógeno gaseoso. Normativa para el depósito de combustible del vehículo terrestre.
- *ISO/WD 22734*: Normativa para los generadores de hidrógeno vía electrólisis del agua.
- *ISO/WD 16110*: Normativa para los generadores de hidrógeno vía tecnologías de procesos de combustibles.
- *IGC Doc 15/96*: Estaciones de hidrógeno gaseoso. Directrices para las instalaciones de compresión purificación, llenado de depósitos y almacenamiento.
- *UNE-EN 60079 Partes 10,14,17 y 19*: Requisitos y directrices de material eléctrico para atmósferas de gases potencialmente explosivas.
- *ITC MIE-APQ-5*: Almacenamiento y utilización de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.
- *UNE-EN ISO 11439:2001*: Botellas de gas a alta presión para el almacenamiento.

3.1.1.5.2 Vehículos de hidrógeno

En la actualidad no existe normativa ni legislación respecto a los vehículos de hidrógeno o pila de combustible pero la Comisión Europea está llevando a cabo una propuesta para la regulación de estos vehículos. Estableciendo una regulación en cuanto a su fabricación y los requerimientos de seguridad, se espera una mayor penetración en el mercado, asegurando también un gran nivel de protección medioambiental y seguridad ciudadana.

3.1.1.5.3 Pilas de combustible

La normativa en cuanto a pilas de combustible está empezando a regularse:



- *UNE-EN 62282-2:2007*: Tecnologías de pilas de combustible. Parte 2: Módulos de pila de combustible.

3.1.1.5.4 Energías renovables

Tanto a nivel europeo como a nivel estatal, se ha llevado a cabo una legislación para promover la utilización de las fuentes de energía renovable de manera que se consiga reducir la dependencia del petróleo existente en la actualidad.

- *Libro blanco de las energías renovables de la UE*: fija como objetivo alcanzar que en el año 2010 el 12 % del consumo de la energía primaria sea de origen renovable.
- *Directiva 1996/92/CE*: normas comunes del mercado interior de la electricidad, donde se incluye la posibilidad de establecer incentivos económicos específicos para la producción eléctrica de las instalaciones de cogeneración y de energías renovables.
- *Directiva 2001/77/CE*: relativa a la promoción de electricidad a partir de fuentes de energías renovables en el mercado interior de la electricidad establece el objetivo para España en 2010 de que la electricidad bruta de origen renovable sea el 29,4% del total producido.
- *Real Decreto 661/2007*: regulación de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- *Orden ECF/209/2007*: aprobación de las bases reguladoras para subvencionar la realización de instalaciones de energías renovables y abre la convocatoria para el año 2007 por parte de la Generalitat de Catalunya.

3.1.1.5.5 Medio ambiente

- *Decreto 152/2007*: Aprobación del Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire en los municipios declarados zonas de protección especial del ambiente atmosférico, en relación a las emisiones de NOx y partículas en suspensión. Gran parte de los municipios del Área Metropolitana de Barcelona forma parte de las zonas de protección especial.
- *UNE-EN ISO 14001:1996*: Sistemas de gestión medioambiental. Especificaciones y directrices para su utilización. (incluida dado que TMB cumple esta normativa)
- *Artículo 49 de la Ordenanza General del Medio ambiente Urbano de Barcelona*: sobre los niveles de emisión sonora máximos de los vehículos públicos en medio urbano.



3.1.2. Análisis del mercado

3.1.2.1. Evolución de la demanda de transporte público

En los últimos años, la tendencia del sistema de transporte público colectivo es positiva tanto a escala de la primera corona como del resto del STI. De los viajes realizados en transporte público colectivo en la primera corona, el 80 % son operados por Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB), que gestiona las empresas Ferrocarril Metropolitano de Barcelona (FMB, metro) y Transportes de Barcelona (TB, autobuses) con una cuota de mercado en 2005 de un 50% y un 30% respectivamente.

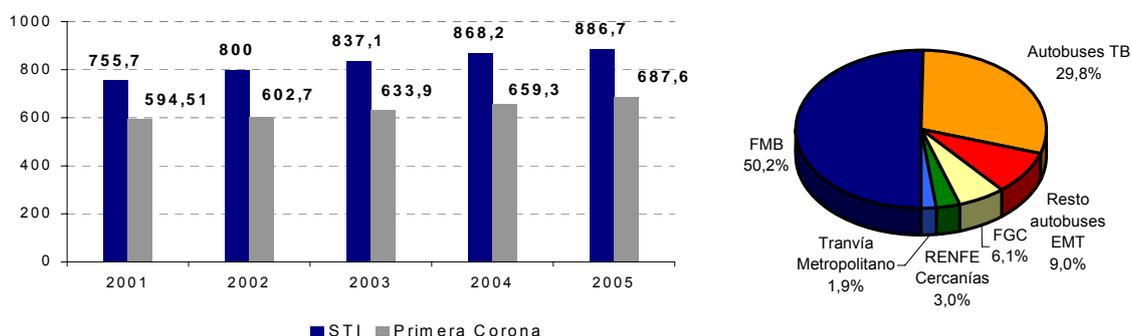


Fig. 3.30 Viajes (millones) anuales en la STI y la Primera Corona y distribución en la Primera Corona
Fuente: ATM

La demanda de transporte en autobús representa el 38,9% de la total para la Primera Corona, lo que equivale a 266 millones de viajeros en 2005. En Barcelona, TMB canaliza prácticamente la totalidad de las líneas diurnas existentes, lo que representa 205 millones de viajeros al año. Esta cifra se ha mantenido bastante constante en los dos últimos años pero es muy superior a la anterior a la integración tarifaria (172 millones en 2000).

Del análisis de movilidad se obtenía que el número de desplazamientos de la población ha crecido y crecerá a lo largo de los años (estimado un crecimiento del 20% para 2010) y eso también se ha traducido en el aumento de la demanda en transporte público.

En el Plan de Movilidad Urbana de Barcelona (PMU) que hace referencia al estado actual y el futuro en 2018, los desplazamientos de la población seguirán aumentando (un 37% para 2018, siguiendo las tendencias de los últimos años), y dependiendo de las actuaciones que se lleven a cabo relativas al PDI o la reforma de la red actual de autobuses, el peso específico del transporte público en relación a los otros modos, podría ser mayor. Así, la llegada del AVE y la puesta en marcha de la L9 de metro, entre otras medidas, podrían beneficiar el transporte público, produciéndose una nueva repartición de los viajes entre los diferentes modos de transporte. De todas formas, el uso del autobús seguirá teniendo cuotas muy altas de demanda e incluso, dada la intermodalidad que permite el sistema tarifario, podría aumentar como consecuencia del uso de estas nuevas formas de transporte.



3.1.2.2. Análisis de la competencia

3.1.2.2.1 Autobuses alternativos

Existen varias alternativas para la implantación de autobuses con un menor coste ambiental. En un primer paso se compara el impacto de cada uno de ellos tanto ambiental como económico. Posteriormente, se procede a la explicación de cada una de ellas, analizando sus ventajas e inconvenientes.

Las alternativas que se estudian son las existentes dentro de la flota de autobuses de TMB: diesel (EURO III), biodiésel (mezcla de combustible del 10% de biodiesel), GNC e hidrógeno.

Es interesante hacer un análisis del comparativo de consumo energético, impacto medioambiental y balance económico de las diferentes alternativas bajo las mismas condiciones, por ello, dado que tienen diversas capacidades y autonomía, se estudian los datos comentados por kilómetro.

	Balance Energético				Balance económico			
	Autonomía (km)	Consumo /100km	kWh/km	€/unidad consumida	Consumo €/km	Mantenimiento (€/km)	Total (€/km)	Coste adquisición (€)
Diesel (Euro III)	500-550	55 L	5,414	0,8135 €/L	0,45	0,18	0,63	200.000
Biodiésel	500-550	55 L	5,414	0,8545 €/L	0,47	0,18	0,65	200.000
GNC	250-300	60 kg	8,148	0,0275 €/kWh	0,25	0,225	0,475	240.000
Hidrógeno	130-150	30 kg	10	10 €/kg H ₂	3	50	53	1.250.000

Tabla 3.11 Balances energético y económico de las diferentes alternativas

Fuente: TMB

Respecto al análisis del impacto medioambiental, sería interesante analizar los costes de las externalidades sociales y ambientales fruto de cada una de las alternativas, entendidas como la influencia del transporte por su propia actividad de servicio al que se le puede asociar un coste o beneficio en el momento que se considera que esta influencia es negativa o positiva respectivamente. Las externalidades del transporte son la accidentalidad, la contaminación local, el cambio climático, el ruido, los impactos sobre el medio natural, los efectos sobre la salud humana y la congestión. En este sentido, dada la naturaleza las alternativas, interesaría observar los costes asociados al cambio climático, la contaminación local, el ruido y los efectos sobre el medio natural y la salud humana de las emisiones de los autobuses.

Sin embargo, al no poseer datos comparativos respecto a cada tecnología o combustible, no será posible realizar este cálculo. Por ello, el impacto ambiental será analizado con las conclusiones obtenidas en el proyecto CUTE (Fig. 3.27 y Fig. 3.28).

En primer lugar, hay que tener en cuenta que según los estudios realizados en TMB, y que los autobuses de biodiesel solamente contienen un 10% de mezcla de combustible, las emisiones son prácticamente las mismas que un autobús diesel que cumpla la normativa



EURO III y así pues se analizarán conjuntamente. A continuación se muestra las emisiones producidas por todas las alternativas

	Normativa	Emisiones (g/kWh)				Balance CO ₂ (kg/km)
		CO	HC	NO _x	Partículas	
Diesel	Euro III	2,1	0,66	5	0,1	1,44
Biodiésel	Euro III	2,1	0,66	5	0,1	1,44
GNC	VEM	1	0,13	2	0,02	1,65
Hidrógeno	NA	0	0	0	0	0

Tabla 3.12 Emisiones de contaminantes de las diferentes alternativas de autobuses

Fuente: TMB

El siguiente punto es analizar las emisiones sonoras de los distintos vehículos, donde se analiza el ruido percibido por un ciudadano a causa de cada uno de ellos, como conjunto, puesto que como ya se ha mencionado, en el autobús de hidrógeno, el ruido es producido por los elementos auxiliares y las ruedas al avanzar sobre el asfalto. En este aspecto, no existen tampoco diferencias entre el biodiésel y el diesel al diferenciarse entre ellos únicamente la cantidad de combustible de biodiésel que contienen.

	Pruebas con sonómetro orientado al motor y a 1200 rev/min			
	Plataforma entrada	Central	Parte trasera junto motor	Tubo escape
Diesel (Euro III)	75,6	78,3	82,5	94
Biodiésel	75,6	78,3	82,5	94
GNC	64,6	66,8	71,4	83
Hidrógeno	65	65,6	74	79

Tabla 3.13 Nivel de ruidos emitidos en dB(A)

Fuente: TMB

Se puede analizar una por una todas las alternativas, presentando entre paréntesis el porcentaje de diferencia respecto al hidrógeno allá donde sea aplicable, al ser la opción inicial.

Autobús Diesel:

Puntos fuertes

- Dependiente del petróleo.
- No precisa de nueva infraestructura al ser la principal actualmente.
- Combustible plenamente integrado en la sociedad y regulado.
- Coste de adquisición mínimo (84% menos).
- Bajo consumo energético (54 % menos).
- Bajo coste de mantenimiento (99% menos).



- Máxima autonomía.

Puntos débiles

- Alta contaminación atmosférica a nivel local.
- Gran contribución al cambio climático (Balance de CO₂).
- Contamina durante la operación del autobús la atmósfera urbana de Barcelona.
- Alta contaminación acústica tanto en el interior (15,7% más de media) como en el exterior del vehículo (19% más).

Autobús Biodiesel:

Puntos fuertes

- Gran potencial de reducción de emisiones con una mayor cantidad de mezcla.
- Puede funcionar en cualquier motor diesel convencional.
- Para una mayor flota de autobuses de biodiesel, no hacen falta grandes inversiones en infraestructura.

Puntos débiles

- Alto coste energético necesario para su obtención con mayor coste económico.
- Necesidad de exenciones fiscales para ser competitivo.
- Con una mezcla del 10% contamina prácticamente lo mismo que el diesel.
- Contamina durante la operación del autobús la atmósfera urbana de Barcelona.
- Alta contaminación acústica tanto en el interior como en el exterior del vehículo.
- Libera una menor cantidad de energía en la combustión, con mayores cantidades de mezcla, el consumo de carburante se ve incrementado y la potencia del vehículo reducida.

Autobús GNC:

Puntos fuertes



- Reducción de la dependencia del petróleo y disponibilidad del combustible a largo plazo (grandes reservas existentes).
- Combustible eficiente por su alto poder energético.
- Reducción considerable del nivel de ruidos internos (0,7 % menos de media).
- Bajo coste de consumo por kilómetro y bajo coste de explotación (99% menos).
- Frente a los autobuses diesel y biodiesel, considerable reducción de la emisión de CO (52% menos), HC (77% menos), NO_x (60% menos) y partículas(80% menos).
- Coste adquisición menor que el autobús de hidrógeno (80% menos).

Puntos débiles

- Combustible origen fósil. Mayor contribución al cambio climático que los diesel por sus emisiones de CO₂.
- Necesidad de inversión en infraestructura en las cocheras pertinentes, al ampliar la flota de autobuses.
- Reducida autonomía, aunque suficiente para el uso diario.

3.1.2.2.2 Transportes sustitutos

Es necesario valorar las alternativas a los autobuses que un viajero tiene para desplazarse por la ciudad de Barcelona.

En el momento que un ciudadano decide desplazarse, puede optar no solo por moverse en autobús, sino también en otros tipos de transporte como: metro, coche (privado), taxi, tranvía, bicicleta o incluso a pie. Las diferentes motivaciones que pueden motivarlo a decidirse por alguna de estas opciones pueden ser: comodidad, precio, rapidez o proximidad.

Para determinar las ventajas o inconvenientes de cada uno de los transportes a nivel de implantación de un modo de transporte, se realiza una comparación del impacto ambiental, el balance energético y el espacio ocupado por cada uno de ellos. Se tiene en cuenta que los siguientes datos son valores medios y que la mayoría de los taxis tienen un motor diesel, así que se analiza como coche diesel. No se entra a valorar la inversión inicial ni los costes de explotación por ser modos de transporte muy diferentes.



	emisiones por vehículo (g/viajero-km)					Balance energético		Espacio ocupado
	CO ₂	NO _x	CO	HC	Partículas	MJ/viajero-km	Eficiencia	m ²
coche gasolina	225	0,12	2,91	0,63	0,001	3,108	Muy ineficiente	18,70
coche diesel	146,67	0,68	0,88	0,16	0,07	2,61	Poco eficiente	18,70
moto	134,55	0,30	22,08	6,24	0,10	1,73	Poco eficiente	5,30
ciclomotor	58,42	0,05	9,90	8,57	0,04	1,00	Poco eficiente	5,20
bus diesel	70,86	0,93	0,21	0,43	0,04	0,58	Eficiente	9,40
tranvía	50,98	0,13	-	-	0,02	0,37	Eficiente	6,90
metro	48,34	0,12	-	-	0,02	0,35	Eficiente	0,00
bicicleta	-	-	-	-	-	0,06	Muy eficiente	3,00
a pie	-	-	-	-	-	0,16	Muy eficiente	0,80

Tabla 3.14 Emisiones, balance energético y espacio ocupado de los transportes sustitutivos

Fuentes: UITP, CE Delft, Ajuntament de Barcelona

Es interesante, también, analizar el coste de las externalidades del coche, autobús, moto, metro y tranvía, desde un punto de vista ambiental. Así, se muestra a continuación el coste asociado a cada uno de ellos en los siguientes componentes de coste: accidentes, ruido, contaminación atmosférica (daños a la salud, daños materiales y daños a la biosfera), riesgos de cambio climático, costes para la naturaleza y el paisaje, costes adicionales en áreas urbanas, procesos aguas arriba y aguas abajo (producción de energía, producción y mantenimiento de los vehículos y construcción y mantenimiento de la infraestructura), tomando como costes unitarios los asignados para Europa pues se considera que Catalunya que los valores de éstos son más próximos que a los de España. En cuanto al cambio climático, se supone un coste asociado a cada tonelada de CO₂ emitida de 140 €, bajo la hipótesis de un escenario donde se consiguen reducir las emisiones en un 50% para 2030 en el transporte.

Componente de coste (€/1000 veh-km)	Coche	Autobús (diesel)	Moto	Metro/Tranvía
Accidentes	30,9	2,4	188,6	0,8
Ruido	5,2	1,3	16	3,9
Polución	12,7	20,7	3,8	6,9
Cambio climático	17,6	8,3	11,7	6,2
Naturaleza y paisaje	2,9	0,7	2,1	0,6
Aguas arriba y aguas abajo	5,2	3,9	3	3,4
Efectos urbanos	1,6	0,4	1,1	1,3
TOTAL	76,1	37,7	226,3	23,1

Tabla 3.15 Costes externos de los transportes sustitutivos para Catalunya

Fuente: INFRAS/ IWW, Associació per a la Promoció del Transport Públic

En este punto, se ha considerado la hipótesis de que el metro y el tranvía tienen los mismos costes externos, por no haberse estudiado la opción del tranvía por separado y porque los valores no deben diferir en exceso.

A continuación, se presentan todos estos modos de transporte alternativos para Barcelona sin diferenciar el tipo de combustible que se realiza en cada uno de ellos, donde se aplique.



Metro

Puntos fuertes

- Modo más rápido para desplazarse entre dos puntos. Fácil de determinar hora de llegada al destino.
- Integrado dentro del sistema tarifario, posibilidad de trasbordo sin coste extra.
- Utilización de motor eléctrico. Modo de transporte público colectivo más eficiente.
- Modo de transporte público colectivo con menor contribución al cambio climático.
- Modo de transporte con menores costes externos unitarios.
- No consume espacio en su trayecto al ser subterráneo.
- Recientemente, parte de las estaciones y metros han sido habilitados para Personas con Movilidad Reducida (PMR).

Puntos débiles

- Barrios de la ciudad con poco acceso a la red de metro a falta de la construcción de la L9 (Pedralbes, Sarrià-Sant Gervasi).
- Las líneas más antiguas de Barcelona realizan un recorrido caótico y supone gran coste temporal para sus viajeros (especialmente L3)
- Modo de transporte subterráneo → personas mayores o con miedo a los túneles que no quieren o pueden utilizarlo.
- Parte de las estaciones y vagones aún inaccesibles para PMR.
- Poco útil para trayectos cortos.
- Horario limitado a 19 horas en días laborables y 20 horas en días festivos.

Tranvía

Puntos fuertes

- Une otros municipios del área metropolitana con Barcelona → menor uso de vehículo privado para entrar en Barcelona.
- Integrado en el sistema tarifario, posibilidad de trasbordo sin coste extra.
- Utilización de motor eléctrico. El segundo transporte público colectivo más eficiente.
- Baja contribución al cambio climático en relación el transporte rodado.
- Modo de transporte público colectivo con menor contribución al cambio climático.
- Modo de transporte con menores costes externos unitarios.
- Cómodo para los usuarios.



Puntos débiles

- Solo llega a lugares periféricos de la ciudad.
- No está exento de semáforos. Debe convivir con la circulación de tráfico rodado.
- Espacio ocupado elevado, teniendo en cuenta que no circula por la red viaria asfaltada.
- Horario limitado a 19 horas en días laborables y 20 horas en días festivos.

Taxi

Puntos fuertes

- Posibilidad de desplazarse puerta a puerta.
- Existencia de paradas de taxi y posibilidad de solicitar servicio vía telefónica.
- Disponibilidad 24 horas al día.
- Posibilidad de transportar equipaje.

Puntos débiles

- Coste elevado para el usuario. Precio de bajada de bandera más la tarifa por kilómetro recorrido.
- Gran contribución al cambio climático (solo superado por vehículos de gasolina).
- Gran contribución a la polución local → lluvia ácida, formación de ozono a nivel del suelo.
- Espacio ocupado de circulación muy elevado.
- Balance energético poco eficiente.

Moto o ciclomotor

Puntos fuertes

- Modo de desplazamiento privado más rápido.
- Independencia para desplazarse.
- Posibilidad de realizar tanto trayectos largos como cortos.
- Fácil aparcamiento.
- Incremento de plazas de aparcamiento en los últimos años.
- Bajo coste de mantenimiento.

Puntos débiles

- Modo de transporte con mayor coste de externalidades.



- Alta siniestralidad.
- Gran contaminante acústico.
- Gran contribución al cambio climático.
- Gran emisión de hidrocarburos.
- Balance energético poco eficiente.

Coche (diesel y gasolina)

Puntos fuertes

- Independencia para desplazarse.
- Gran autonomía.
- Vehículo privado que mayor número de viajeros puede desplazar.
- Posibilidad de transportar equipaje.
- En ausencia de transporte público, útil para desplazamientos fuera de Barcelona.

Puntos débiles

- Tiempo de desplazamiento elevado y muy dependiente de la congestión.
- Vehículo que más contribuye al cambio climático.
- Alto coste de las externalidades.
- Energéticamente muy ineficiente / poco eficiente (gasolina / diesel).
- Modo de transporte que mayor espacio de circulación ocupa.
- Dificultad de aparcamiento en la zona centro especialmente si no se es residente por la zona Verde.

Bicicleta

Puntos fuertes

- Implantación del Bicing en Barcelona como transporte público en marzo de 2007. Se puede disponer de una bicicleta pagando una tarifa en 100 estaciones.
- Posibilidad de cubrir trayectos cortos.
- Disponibilidad horaria las 24 horas en fin de semana.
- Balance energético muy eficiente.
- No se producen emisiones de contaminantes en el desplazamiento.
- Espacio ocupado de circulación reducido.

Puntos débiles



- Obligación de retornar la bicicleta a alguna de las estaciones.
- Dificultad para cubrir trayectos largos.
- Existencia de un tiempo máximo de dos horas para devolver la bicicleta.
- Disponibilidad 19 horas en días laborables.
- No pertenece al STI.
- Las bicicletas del sistema Bicing no pueden ser utilizadas en los demás transportes públicos como el metro, el autobús, los ferrocarriles, el tranvía o el tren.
- Escasez de estaciones en zonas por encima de la Diagonal.
- Escasez de carriles bici por encima de la Diagonal.

A pie

Puntos fuertes

- Muy saludable.
- Balance energético muy eficiente.
- No se producen emisiones de contaminantes en el desplazamiento.
- Coste económico nulo.
- Aconsejable en trayectos cortos → posible ahorro temporal respecto a otros modos.
- Espacio ocupado de circulación mínimo.

Puntos débiles

- No aconsejable en términos temporales para trayectos largos.
- Personas con movilidad reducida o de avanzada edad tienen menores posibilidades.
- Menos saludable en periodo estival por condiciones climáticas de Barcelona.
- Exposición directa a la contaminación atmosférica y acústica.



3.2. Análisis interno

Transports Metropolitans de Barcelona (TMB) es la denominación común de las empresas Ferrocarril Metropolità de Barcelona (FMB) y Transports de Barcelona (TB). Estas entidades prestan servicios de transporte colectivo de viajeros en la ciudad de Barcelona, así como a diversos municipios de su área de influencia, a través de dos redes de transporte, superficie (TB) y subterránea (FMB), que se complementan entre si y con el resto de empresas del sector que comparten esta zona de actuación.

En base al objeto de este plan, se analizará la empresa TB, pero se utilizará en su mayoría el nombre genérico TMB al ser la empresa resultante de la gestión de las otras y ser el nombre de la imagen que se conoce para el transporte metropolitano en Barcelona.

3.2.1. Misión de la empresa

La misión de la empresa TMB es ofrecer una oferta de servicio de transporte público que contribuya a la mejora de la movilidad cotidiana y al desarrollo del área metropolitana de Barcelona, garantizando la prestación del mejor servicio al cliente. A su vez, debe desarrollar políticas de responsabilidad social en un marco de viabilidad y eficiencia económica.

3.2.2. Visión de la empresa

TMB quiere ser una empresa de transporte y movilidad ciudadana referente en toda Europa:

- Por su contribución a la mejora de la movilidad del área metropolitana, y a la sostenibilidad urbana y del medio ambiente.
- Por la calidad técnica ofertada y por la calidad percibida por la ciudadanía.
- Por la eficiencia de sus procesos y la optimización de recursos.
- Por la excelencia de sus trabajadores.
- Por su compromiso con la sociedad y los ciudadanos.



3.2.3. Grupos de interés

Se definen como los conjuntos de personas u organizaciones que pueden resultar afectados por las actividades de la organización y aquellas personas y grupos que pueden afectar la capacidad de la organización para llevar a cabo su actividad. Así, TMB trata de dar respuesta continua y adecuada a las necesidades y expectativas de sus grupos de interés: administraciones públicas, trabajadores, sociedad, clientes-usuarios y proveedores. La Responsabilidad Social es entendida, pues, como parte de la misión de la empresa.

3.2.3.1. Administraciones públicas

Las administraciones públicas locales, autonómicas o estatales con responsabilidad en el ámbito del transporte dentro del Área Metropolitana de Barcelona ejercen como grupo de interés de TMB pues tienen el papel de entidades financieras de la empresa, así como tienen capacidad de regulación del transporte mediante normativas y legislación, y poseen participación accionarial. Destacan entre ellas, la Administración General del Estado, la Generalitat de Catalunya, el Ayuntamiento de Barcelona, la Entitat Metropolitana del Transport (EMT) i la Autoritat del Transport Metropolità (ATM).

El ATM es la entidad encargada de coordinar el sistema de transporte público de la RMB, de planificar las infraestructuras y el servicio de transporte público y de la elaboración y aprobación de un marco de tarifas común. Asimismo, se encarga de la elaboración, revisión y seguimiento del contrato programa de TMB, donde se establece su sistema de financiación. El contrato programa 2005-2006 otorgó las subvenciones de la siguiente forma:

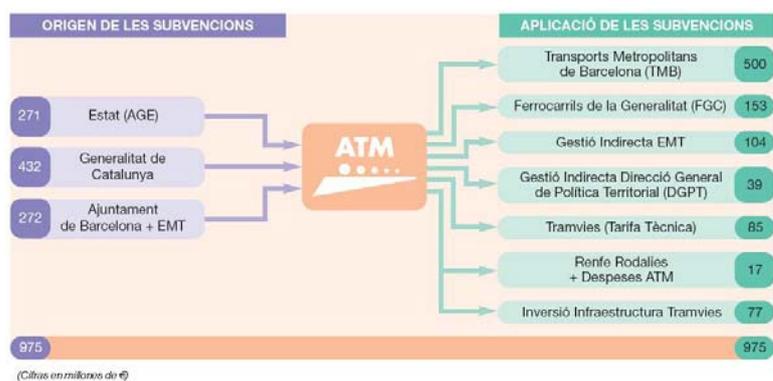


Fig. 3.31 Origen y aplicación de las subvenciones de las Administraciones Públicas

Fuente: ATM

La subvención que recibe TMB es una de sus fuentes principales de financiación junto a la venta de títulos de transporte y los ingresos accesorios. Tal como muestra la Tabla 3.16 respecto a datos de 2005, las ventas representan el 61 % de los ingresos de TMB (45% para TB), las subvenciones al servicio otorgadas por las administraciones públicas el 32% (48%



para TB) y los ingresos accesorios a la explotación, que provienen principalmente de la comercialización de la red, un 4,5% para TMB (5% para TB).

	FMB		TB		TMB	
	Miles de €	%	Miles de €	%	Miles de €	%
Ventas	162.955	78,60	98.235	45,44	261.190	61,67
Comisiones y descuentos	-1.576	-0,76	-4.609	-2,13	-6.185	-1,46
Accesorios a la explotación	8.291	4,00	10.676	4,94	18.967	4,48
Ingresos planes de pensiones	2.435	1,17	2.169	1,00	4.604	1,09
Subvenciones especiales	3.148	1,52	4.930	2,28	8.078	1,91
Subvenciones al servicio	32.072	15,47	104.806	48,47	136.878	32,32
TOTAL	207.325	100,00	216.207	100,00	423.532	100,00

Tabla 3.16 Ingresos de TMB a 31/12/2005

Fuente: TMB

TMB por su origen tiene una mayor capacidad de endeudamiento pero el contrato programa estipula que debe reducir la deuda acumulada.

3.2.3.2. Trabajadores

Los trabajadores son realmente la base para la creación de valor de TMB y por ello su dedicación, implicación, motivación y satisfacción son esenciales para el buen funcionamiento de la empresa.

La política de TMB en cuanto a sus trabajadores consiste en integrarlos dentro de la empresa, creando para ello un entorno de trabajo seguro y saludable, facilitando el equilibrio entre la vida profesional y personal, y fomentando constantemente el diálogo bidireccional con la organización y la formación y desarrollo del personal especialmente en la interculturalidad, medio ambiente, seguridad, salud y nuevas tecnologías.

La plantilla de TMB ha experimentado un aumento constante en los últimos años, debido especialmente a los convenios colectivos de los trabajadores de autobús y metro, con creaciones de nuevos puestos de trabajo básicamente debidos al aumento de la oferta de servicio de ambos.

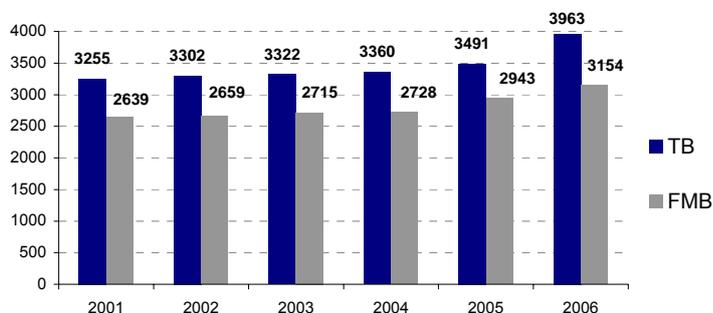


Fig. 3.32 Evolución de la plantilla de TMB según entidad

Fuente: TMB



La experiencia de la plantilla de TB dedicada a los autobuses de hidrógeno es elevada, sin embargo, la experiencia se ha limitado a la cochera de la Zona Franca y solo algunos de sus trabajadores se han formado en la producción y la operación de los autobuses.

3.2.3.3. Sociedad

Por su esencia de empresa pública TMB tiene la obligación de servir a los ciudadanos, sean cuales sean su cultura y costumbres, resolviendo sus necesidades de desplazamiento. Para ello, debe satisfacer a colectivos específicos (barrios, polígonos industriales, personas con movilidad reducida...), estableciendo una vía de diálogo para conocer sus necesidades.

Asimismo, tiene el deber de fomentar la movilidad sostenible de los ciudadanos que, por definición, es tratar de satisfacer las necesidades de movilidad actual sin comprometer los recursos y posibilidades de las generaciones venideras. En consecuencia, pretende cuidar el medio ambiente, fomentando energías menos contaminantes, investigando sobre las nuevas tecnologías y gestionando los aspectos ambientales derivados de la propia actividad-

A razón de esta premisa, TMB ha participado en muchos proyectos para analizar el comportamiento de nuevas tecnologías y/o combustibles en la red de autobuses: proyectos de prueba del biodiesel en sus vehículos, prueba de vehículos GNC, prueba de vehículos a pila de combustible. Posteriormente, ha llevado a cabo la renovación de su flota en base a los resultados y mejoras ambientales observadas en los proyectos.

3.2.3.4. Clientes-usuarios

TMB pretende ofrecer a los clientes un servicio excelente, cómodo, seguro y moderno satisfaciendo sus necesidades de movilidad.

Del resultado de la calidad del servicio ofrecido en cuanto a la cobertura del territorio, regularidad, frecuencia de paso, puntualidad y seguridad, el cliente percibirá mayor o menor satisfacción de sus necesidades. Esta satisfacción puede afectar positiva o negativamente en la imagen que tiene el usuario de la empresa.

Para valorar la satisfacción que presentan los usuarios de los autobuses de TMB, se realizan 2 encuestas anuales en las que se analizan la calidad deseada y la percibida. Se denominan Estudios de Percepción del Cliente (EPC). En el último estudio de febrero de 2007, se demostró que los aspectos más relevantes y que más habían mejorado para el cliente son funcionales del autobús, relativos al tiempo de espera y cumplimiento de la frecuencia, y por otro lado aspectos de seguridad como que no haya accidentes.



El índice de satisfacción de los usuarios muestra un aumento paulatino en el último año, pero mucho mayor que dos años atrás, lo cual indica que la imagen de TMB crece en los últimos tiempos.

También se han realizado encuestas (2003 y 2005) entre los clientes sobre los autobuses de hidrógeno que han circulado por Barcelona. En ella los clientes en un 88% aseguran que el autobús de hidrógeno les gusta mucho o bastante, un 82 % manifestó que es mejor porque no contamina y el 75% manifestó verlo mejor que el GNC al ser más ecológico. Sin embargo, que la gran mayoría de los encuestados no sabían como funcionaba el autobús.

Ello corrobora que la imagen de TMB se ve beneficiada por colaborar en proyectos por la sostenibilidad ambiental. Pese a que los usuarios no conozcan la tecnología aplicada, la buena aceptación indica confianza en la empresa.

3.2.3.5. Proveedores

TMB trabaja conjuntamente con un gran número de proveedores y colaboradores, de los cuales, en parte, depende el compromiso de calidad. El mecanismo de contratación de proveedores se establece mediante concursos públicos en la mayoría de los casos, cuando el importe sea superior a una cierta cantidad. En caso de no producirse el concurso público se procede a la contratación de algún proveedor con imparcialidad.

La buena interrelación con sus proveedores permite alcanzar un beneficio mutuo, intentando que se alargue lo máximo establecido para poder controlar la calidad de productos, procesos o materiales suministrados.

Los nuevos desafíos que se presentan en cuanto a la movilidad sostenible, requieren fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación entre TMB y el proveedor, siendo indispensable la transferencia del know-how.

3.2.4. Red de TMB (*Transports Metropolitans de Barcelona*)

3.2.4.1. Centros Operativos de Negocio (CON)

La red de autobuses se estructura en base a los CON que preparan los autobuses para que cada día cumplan con su cometido y realicen los 120.000 kilómetros que diariamente tienen programados. Cada CON coordina tanto el mantenimiento y reparación de su material móvil como la explotación de las líneas que tienen asignadas. En la actualidad, TMB cuenta con cuatro CON, desde el cierre de otra en enero del presente año: Zona Franca, Horta, Ponent y Triangle Ferroviari. Las características de éstas son las que se detallan en la tabla siguiente:



CON	Superficie solar (m ²)	Potencia contratada (kW)	Flota
HORTA	37050	1000	362
TRIANGLE	50223	600	283
ZONA FRANCA	46966	800	340
PONENT	18642	400	112

Tabla 3.17 Características de los CON de TMB

Fuente: TMB

Además, los CON de Zona Franca y Ponent disponen de una parcela próxima cada una de 7.930 m² y 4270 m², respectivamente. En el anexo se detallan las líneas asignadas a cada CON con los km sin desnivel y totales y la velocidad comercial media de cada una de ellas.

Se están instalando o se prevén instalar en todos los CON placas fotovoltaicas para la obtención de la energía eléctrica, para reforzar la política de sostenibilidad de la empresa.

3.2.4.2. La flota de autobuses

En julio de 2007, la flota de autobuses de TMB estaba formada por 1093 vehículos propulsados por diesel, biodiesel y gas natural comprimido (GNC). Los vehículos de hidrógeno ya no formaban parte de la flota pues el proyecto CUTE había llegado a su fin y, a la espera de la puesta en marcha de otros, quedaban en reserva. La distribución y la normativa europea que deben cumplir cada uno de los vehículos de la flota se muestra en la tabla siguiente.

	Cantidad	%	EURO I	EURO II	EURO III	VEM	H ₂ sin normativa
Diesel	807	73,8%	141	331	335		
GNC	244	22,3%				251	
Biodiésel	40	3,7%			35		
H₂	3	0,3%					0
TOTAL	1094	100,0%	141	331	370	251	0

Tabla 3.18 Flota de autobuses de TMB según combustible y normativa (2007)

Fuente: TMB

Cantidad Autobuses		CON					
Combustible	Tipo	Horta	Ponent	Triangle	Zona Franca	Total	
Diesel	Articulado	70				70	
	Dos pisos	55				55	
	Jardinera	5				5	
	Minibús	55			11	66	
	Estándar	173	54	208	50	485	
	Articulado		23	75	28	126	
Total Diesel		358	77	283	89	807	
Gas Natural	Estándar				165	165	
	Articulado				86	86	
Total Gas Natural					251	251	
Biodiésel	Estándar		15			15	
	Articulado		20			20	
Total Biodiésel			35			35	
Total		358	112	283	340	1093	

Tabla 3.19 Distribución de la flota por tipología y CON

Fuente: TMB



Dadas las características del autobús de hidrógeno analizado como un autobús estándar no articulado y de piso bajo, el número de autobuses de la flota sujetos a cambio en la actualidad es 665 vehículos, los estándar presentes en la flota. Aunque la asignación de un tipo de autobús u otro a una línea se debe a la cantidad de pasajeros que transporta cada línea, se considera de cara a la complejidad del tema, que las líneas utilizarán autobuses estándar, siendo trasladados los autobuses articulados presentes a otros CON si es necesario.

La edad media de la flota es de 5,87 años. Por su parte, la edad media de los autobuses estándar de la flota es de 6,49 años, donde aproximadamente el 65% tiene entre 1 y 10 años y el 35 % restante tiene entre 10 y 15 años de antigüedad. Se debe tener en cuenta que se considera que la vida útil de un autobús es aproximadamente 12 años.

La inmensa mayoría de éstos no cumplen la normativa vigente de emisiones de contaminantes para vehículos nuevos (EURO IV), sino que cumplen las normativas EURO I y EURO II de 1992 y 1996, respectivamente.

3.2.4.3. Red de de autobuses actual y propuesta de red futura

Según datos de TMB de 2006, la red de autobuses está compuesta por 109 líneas y su longitud es de 920,62 km.

La actual red de autobuses de Barcelona presenta características radiales que le permiten articular correctamente la relación entre el centro histórico y los barrios de Barcelona, pero sin embargo no soluciona correctamente las relaciones entre estos distintos barrios. Igualmente, presenta muchas redundancias de líneas en su zona central y no se puede concebir como una red inteligible sino, más bien, como una suma de líneas, como se puede ver en la siguiente figura.

A la vista de estos hechos, se ha realizado la propuesta para mejorar la movilidad urbana y en especial la derivada de la red de autobuses. En la propuesta se presenta una red estructurada, en esencia, vertical y horizontalmente por todo el territorio y que transcurre por vías básicas, con lo que se ofrece a los ciudadanos un mapa mucho más legible y el más eficiente en sistemas urbanos densos.

Las ventajas que puede suponer una nueva red de autobuses, sumada a la extensión continua del carril bus (ya 101 km de la ciudad) son:

- Aumento de la velocidad comercial → reducción del consumo de combustible.
- Aumento de la frecuencia de servicio.
- Reducción del tiempo de viaje en todas las zonas.



- Mejoría en la conectividad autobús-metro, autobús-ferrocarril y autobús-tren.
- Aumento del número de trasbordos, pero disminución del intervalo de trasbordo pues la media de distancia a una estación de metro se reduce a 60 m.

Se puede ver a continuación cual es la red actual de autobuses y cual es la propuesta realizada

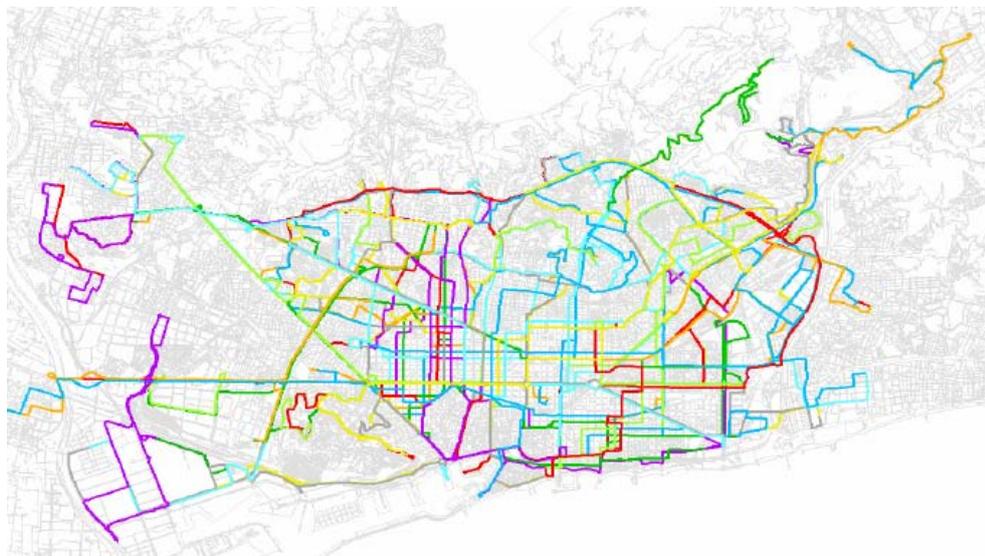


Fig. 3.33 Red actual de autobuses de TMB

Fuente: BCN Ecologia, TMB



Fig. 3.34 Propuesta de red básica de autobuses para Barcelona

Fuente: BCN Ecologia, TMB



3.3. Análisis DAFO

A partir de lo presentado hasta el momento, se pretende analizar las oportunidades o amenazas que existen en el entorno y los puntos fuertes y débiles que presenta TMB.

Oportunidades

- Barcelona es el origen o destino principal de los habitantes de la Región Metropolitana, siendo el transporte privado el principal modo de transporte utilizado.
- Se prevé un incremento de 1,4 millones en los desplazamientos que genera Barcelona para 2010 que se traduciría en un aumento del transporte privado, dado el estado de aplicación del PDI y la red de transporte público actual.
- Las zonas de acceso a la ciudad y los puntos de atracción más importantes, presentes en su mayoría en la zona centro, son los que presentan mayores problemas circulatorios, provocando mayor contaminación ambiental.
- La Zona Verde ha reducido ligeramente el tráfico en la zona centro de la ciudad, pero se ha visto aumentado en las zonas periféricas de la ciudad.
- Tanto a nivel europeo como catalán existe una gran dependencia energética exterior por sus necesidades de abastecimiento de petróleo, gas natural y combustibles sólidos. Salvo que empiece a promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética, esta dependencia será mayor a lo largo de las décadas.
- La legislación vigente en términos energéticos promueve mediante subvenciones la producción de energía mediante energías renovables.
- España supera en un 47% el valor del año base del Protocolo de Kyoto (1990) de las emisiones de GEI, cuando según lo establecido, para 2008-2012 solo podía aumentar las emisiones en un 15%.
- El transporte es el causante del 21% de las emisiones de GEI en la UE.
- Cataluña presenta unas emisiones de GEI muy por encima de las establecidas como límite para España, superando en 11,5% actualmente, los máximos previstos



- El transporte es el responsable del 26,7% de las emisiones de GEI de Cataluña, con un crecimiento del 36% desde 1990. Siendo el transporte rodado o por carretera el origen del 80% de estas emisiones.
- El tráfico en Barcelona supone el 25% de las emisiones de GEI contribuyentes al Cambio Climático y a su vez, es el culpable del 88% de la contaminación atmosférica de la ciudad.
- La contaminación acústica de la ciudad, se deriva en un 80% del transporte, siendo el autobús el vehículo que más contribuye al ruido.
- La mayoría de los expertos coinciden en determinar el hidrógeno como la fuente energética de futuro. El sector de automoción perfecciona la tecnología de las pilas de combustible para poderse avanzar a la competencia.
- El proyecto CUTE sobre los autobuses de hidrógeno, ha demostrado que los autobuses responden igual para cualquier condición climática y que tanto su disponibilidad como la de las estaciones es muy elevada.
- Los autobuses de hidrógeno no emiten contaminantes a la atmósfera durante su operación y su ciclo de vida es menos contaminante que el de los autobuses diesel y GNC si la electricidad necesaria para la producción de hidrógeno vía electrolítica es de origen renovable.
- La producción de hidrógeno por reformado por vapor es el proceso dominante en todo el mundo y el que consume menor cantidad de energía procedente de combustibles fósiles.
- La contaminación acústica de los autobuses de hidrógeno es un 6-20% menor que la de los vehículos diesel y GNC porque solo emiten ruido los elementos auxiliares y las ruedas sobre el asfalto.
- El coste de las externalidades de los autobuses es el menor de los transportes motorizados de superficie.

Amenazas

- Los autobuses contribuyen únicamente al 1,5% de las emisiones de GEI de Cataluña.
- El transporte público genera el 40% de los desplazamientos diarios de Barcelona y contribuye en un 2,3% de las emisiones de GEI y un 9,7% del total de las emisiones de contaminantes.



- La percepción ciudadana es que los autobuses son los vehículos menos generadores de ruido frente a motocicletas y coches.
- La tecnología del hidrógeno aún no es madura. Los procesos relativos al ciclo de vida de los autobuses están en constante desarrollo y no existe regulación de componentes.
- Se considera la tecnología de hidrógeno una opción de futuro y se promueve la utilización de biocombustibles y GNC como solución inmediata para el transporte rodado.
- Falta de estandarización y regulación de los vehículos de hidrógeno y de los componentes necesarios dentro de su ciclo de vida que generan un aumento de los costes de adquisición, mantenimiento y explotación, frente a autobuses de GNC, diesel o biodiesel.
- Alto consumo de energía en la producción de hidrógeno por electrólisis.
- El rendimiento ambiental total del ciclo del H₂ obtenido por electrólisis como combustible depende en gran medida de la fuente de energía primaria. En caso de abastecerse de la red eléctrica, el ciclo emite más cantidad de CO₂ que el ciclo diesel.
- El consumo de combustible de los autobuses de hidrógeno aumenta a menor velocidad de circulación y bajo condiciones topográficas adversas.
- La promoción de modos de transporte público en bicicleta en Barcelona.
- La producción de hidrógeno vía electrólisis alimentando directamente con la energía de la red eléctrica, emite más emisiones que cualquier otro modo e incluso más que el ciclo de vida diesel y GNC.

Fortalezas

- TMB es una empresa pública, sin ánimo de lucro, con la visión de contribuir a la mejora de la movilidad ciudadana y a la sostenibilidad urbana y del medio ambiente.
- TMB abarca prácticamente la totalidad de los servicios municipales de autobuses en horario diurno.
- Las subvenciones de las administraciones públicas son el origen de un 48% de los ingresos de TB.
- Como empresa pública, TMB tiene una gran capacidad de endeudamiento.



- Las líneas de autobuses están distribuidas por Centros Operativos de Negocio, eso permite distribuir los autobuses en aquellos CON donde se beneficie más la operación de los autobuses de hidrógeno.
- Posibilidad de trasladar los autobuses no estándar a otros CON.
- Colaborador en el proyecto CUTE y por ello, experiencia en la operación de los autobuses de hidrógeno.
- Las encuestas realizadas sobre el autobús de hidrógeno entre los clientes-usuarios muestran la implicación de las sostenibilidad ambiental de los ciudadanos ya que al 88% les gusta mucho o bastante.
- El mecanismo de contratación de los proveedores de TMB se realiza mediante concursos públicos, lo que puede permitir menor coste del proyecto y/o mayor compromiso de calidad.
- Propuesta para una reforma de la red actual de transporte de autobuses, por una red más ortogonal beneficiando la velocidad media de circulación (consumo de combustible), y disminuyendo el tiempo de viaje.
- TMB proyecta instalar placas solares fotovoltaicas en sus centros operativos para la obtención de energía para reforzar la política de sostenibilidad de la empresa

Debilidades

- El contrato programa para la subvención recibida por TMB estipula que debe reducir la deuda acumulada.
- Necesidad de formación de toda la plantilla de TB sobre la operación de estación y autobuses de hidrógeno.
- La flota de autobuses no puede ser sustituida en su totalidad por autobuses de hidrógeno pues solo se ha realizado pruebas con autobuses estándar y no con los articulados, minibuses o jardineras.
- Red actual de autobuses no beneficia por sus condiciones topográficas y por la congestión de tráfico existente a los autobuses de hidrógeno.



4. Objetivos de marketing

El mercado del transporte público colectivo de viajeros en Barcelona está segmentado en tres modos de transporte: autobús, metro (y ferrocarril) y tranvía. Prácticamente la totalidad de la oferta de transporte en autobús de la ciudad está monopolizada por TMB, por ello, su cuota de mercado es casi del 100%.

4.1. Objetivos cuantitativos

Al presentar una cuota de mercado máxima, los objetivos cuantitativos que se pueden presentar en el plan de marketing no se pueden referenciar a la mayor penetración. Sin embargo, existe la opción de recuperar clientes perdidos o atraer una cantidad de clientes nuevos mediante la instauración de un servicio ecológico más atractivo para la sociedad, aunque es difícil cuantificar el porcentaje deseado de incremento.

- Renovar el 10% de la flota con autobuses de hidrógeno perteneciente al CON Ponent para final de 2009.
- En función de los resultados obtenidos de este primer proyecto de CON Ponent, se procederá en los años sucesivos a adaptar el resto de la flota. Se evaluará entonces la posibilidad de construir una gran planta fuera de los recintos de los CON que pueda producir suficiente hidrógeno para la operación diaria y que éste pueda ser transportado por carretera a las estaciones de suministro de cada CON.

4.2. Objetivos cualitativos

- Obtener una mayor satisfacción del usuario, mejorando la percepción de la calidad del servicio.
- Obtener una mejor imagen y un mayor reconocimiento de marca.
- Su responsabilidad social corporativa le obliga a satisfacer todas las necesidades y expectativas de sus grupos de interés,
- Gestionar los efectos medioambientales propios de la actividad y fomentar el uso de energías menos contaminantes.
- Ser un referente europeo en la movilidad sostenible y en el respeto al medio ambiente.
- Posicionarse como una empresa que ofrece un servicio de mejor calidad al mismo precio.



5. Estrategias y planes de actuación

De las oportunidades expuestas en el análisis DAFO y dadas las fortalezas que presenta TMB por poseer la práctica totalidad de las líneas de autobuses diurnas y ser una empresa pública, la estrategia que debe adoptar es de diferenciación, mostrando un servicio de mejor calidad ambiental al mismo precio respecto a otros transportes públicos colectivos.

5.1. Producto

Los autobuses de hidrógeno han demostrado ser mucho menos contaminantes acústica y ambientalmente que los otros autobuses presentes en la empresa y que otros transportes sustitutivos públicos y colectivos, siempre según el ciclo de vida que se adopte para su implementación. Por ello, el producto entendido como tal, son autobuses de hidrógeno cuya energía necesaria para la producción de hidrógeno vía reformado por vapor.

Teniendo en cuenta las características de los diferentes sistemas de autobuses en costes y contaminación de las Tabla 3.11, Tabla 3.12 y Tabla 3.13 y las características del ciclo de vida de los autobuses de hidrógeno, bajo las condiciones de energía planteadas benefician a los usuarios y a la sociedad indirectamente, pues el servicio de transporte público es realizado al igual que con otros autobuses alternativos, de la siguiente forma:

- Mínima contribución al cambio climático por sus escasas emisiones de CO₂.
- Entorno urbano libre de contaminación como consecuencia del transporte de viajeros en autobús.
- Escasa contaminación acústica, muy por debajo del resto de vehículos a motor y otros autobuses existentes.

Se estima que la vida útil por autobús de hidrógeno es de 10 años.

Teniendo en cuenta los costes de adquisición y explotación de los autobuses de hidrógeno, se debe estimular al usuario para que utilicen este servicio, con lo que se podría atraer usuarios de otros transportes para incrementar la demanda, consiguiendo así un aumento del interés por dicho transporte.

Por otra lado, se deben adecuar las instalaciones para el proceso de obtención, almacenamiento y con la estación de suministro del hidrógeno.



5.2. Precio

Dado que es la ATM que tiene la potestad para asignar una tarifa al servicio de transporte colectivo, solo se puede contemplar la posibilidad de mantener el precio fijado por dicha entidad para 2007, y en caso de aprobarse el presupuesto de este plan y llevarse a cabo, los precios podrían aumentar ligeramente para financiar la propuesta con la compra de títulos por parte de los usuarios.

En cualquier caso, para estimular a los usuarios a que tomen el servicio de estos autobuses, parece obligado mantener constante el precio de los títulos en un inicio. El aumento de precio posterior, al ser establecido por la ATM para todo el conjunto del transporte público, no debería afectar a la demanda, y se calcula un aumento del 4% anual. La siguiente tabla muestra las tarifas aprobadas para el año 2007 en la zona 1 del STI, de aplicación de la red de autobuses.

Títulos	Tarifa (€)
<i>Billete sencillo</i>	1,25
<i>T-10</i>	6,9
<i>T-50/30</i>	28,6
<i>T- FAMILIAR</i>	42
<i>T-MES</i>	44,35
<i>T-TRIMESTRE</i>	122
<i>T-JOVE</i>	104

Tabla 5.1 Tarifas de títulos en la zona 1 en 2007

Fuente: ATM

5.3. Distribución

Teniendo en cuenta las adversidades que se derivan, muy especialmente, de la topografía y del tráfico de Barcelona en el consumo de los autobuses de hidrógeno, es necesario en una primera fase de implantación, distribuir los autobuses entre las líneas que posean características más propicias para el desarrollo de esta tecnología, según el CON al que formen parte:

- Líneas con recorrido en sentido Llobregat – Besòs o Besòs – Llobregat, en las que el gradiente de altura sea menor durante todo el trayecto.
- Líneas que circulen por zonas donde no sea máxima la densidad de tráfico, para una mayor velocidad de circulación.
- Líneas que circulen próximas a puntos clave o atractivos de la ciudad.



A partir de los datos mostrados en el Anexo , las líneas que cumplen en mayor grado las 3 especificaciones anteriores, son las líneas que asignadas al CON Ponent. Asimismo, al ser la ser la media de edad de los autobuses de Ponent elevada, puede permitir la renovación de los que ya hayan rebasado su edad útil, además del traslado de aquellos autobuses articulados presentes en él. También beneficia la elección el hecho de ser el CON con menor cantidad de autobuses operativos.

Las líneas de Ponent reúnen 103 coches en servicio en hora punta y en día laborable y, por ello, todas las líneas desarrollarán su operación diaria con autobuses de hidrógeno a fin de cumplir con los objetivos marcados en este plan.

La adquisición de vehículos se realizará progresivamente y comenzará poco antes de estar disponible la instalación de producción y suministro de hidrógeno. El usuario debe tener operativo el servicio en todo momento, por lo tanto durante un tiempo convivirán los autobuses de hidrógeno con los diesel y biodiesel presentes en el CON Ponent.

5.4. Promoción y publicidad

Es necesario dar a conocer los beneficios que pueden aportar los autobuses de hidrógeno al bienestar de la sociedad desde un punto de vista saludable y medioambiental.

Por ello, se tomarán las siguientes medidas:

Comunicación externa

- Trípticos en los autobuses de la flota actual con información de la próxima llegada de los autobuses de hidrógeno y las líneas que los operaran. Coste de la acción 12.000€.
- Campaña de publicidad en los periódicos con mayor número de lectores en Barcelona. Coste de la acción 25.000€.
- Carpa de presentación del autobús en la semana de la movilidad sostenible, explicando su funcionamiento y sus ventajas. Coste de la acción 9.000 €.
- Rueda de prensa anunciando la puesta en marcha de la operación de los autobuses de hidrógeno. Inauguración oficial por el alcalde de Barcelona. Servicio de Catering posterior. Coste de la acción 16.000 €.
- Realizar un diseño atractivo del autobús para que pueda ser plenamente reconocible por los usuarios y puedan ver sus propiedades. Coste de la acción 133.000 € (950 € por autobús). Una propuesta de diseño sería la siguiente:





Fig. 5.1 Propuesta de diseño para el autobús de hidrógeno

Fuente: Elaboración propia

Comunicación interna

- Se llevará a cabo un plan de formación para conductores y responsables de mantenimiento y taller.
 - i. De los 280 conductores del CON, cada uno realizará un programa de formación en conducción de 5 horas. Se llevará a cabo en 7 sesiones de 40 conductores cada una. El coste del curso es de 90 €/h. El coste total de formación será: 3.150€.
 - ii. Los 280 conductores y 40 seguirán un programa de formación en materia de seguridad de 10 horas, en 8 sesiones de 40 personas cada una. Coste del curso 90€/h. Coste de formación en seguridad: 7.200€.

5.4.1. Presupuesto de acciones de marketing y formación

Acción	Presupuesto
Comunicación externa	195.000 €
<i>Trípticos en los autobuses</i>	12.000 €
<i>Campaña periódicos</i>	25.000 €
<i>Carpa en semana Movilidad Sostenible</i>	9.000 €
<i>Rueda de prensa inauguración</i>	16.000 €
<i>Diseño de autobuses</i>	133.000 €
Comunicación interna	10.350 €
<i>Formación conducción</i>	3.150 €
<i>Formación seguridad</i>	7.200 €
TOTAL	205.350 €

Tabla 5.2 Presupuesto de promoción y publicidad

Fuente: Elaboración propia



5.5. Plan de acción

Los siguientes puntos marcan la planificación que se debe llevar a cabo a lo largo de la ejecución del plan.

1. Adecuación de las instalaciones del CON Ponent, para poder producir y almacenar hidrógeno con la infraestructura detallada en el anexo E.2. Construcción de la estación de suministro de hidrógeno con 6 surtidores para poder realizar la operación a la flota en 4 horas.
2. Formación de la plantilla en materia de conducción y de seguridad.
 - a. Primera fase de conocimientos de seguridad.
 - b. Segunda fase conocimientos de conducción.
3. Marcha en blanco de la estación: pruebas del funcionamiento de la estación.
4. Reparto de trípticos por toda la flota de autobuses de TMB.
5. Movimiento de flota: este plan de marketing se puede poner en marcha a partir de enero de 2009, y por lo tanto, la edad marcada por serie de autobuses en el anexo D.2 aumentará sensiblemente. El traslado o baja de los autobuses se deberá realizar a medida que lleguen los primeros autobuses de hidrógeno puesto que el servicio siempre ha de estar disponible para el usuario. Periodo de convivencia entre autobuses de hidrógeno y flota actual de Ponent hasta la fecha.
 - a. Baja: 68 autobuses estándar y 23 articulados.
 - i. Autobús estándar de la serie 8000 perteneciente a CON Ponent.
 - ii. 67 estándar pertenecientes de las series 8500 de Horta, 8700 de Zona Franca y serie 8000 de Triangle al ser los más antiguos de la flota estándar restante.
 - iii. 23 articulados serie 3600 (12 de Horta y 11 de Zona Franca).
 - b. Traslado: 68 autobuses.
 - i. 18 estándar de la serie 2400 (15 biodiesel y 3 diesel) a CON Horta, adaptando las cocheras para poder suministrar biodiesel.
 - ii. 18 estándar serie 8700 de CON Ponent a CON Triangle.



- iii. 32 estándar serie 2600 de CON Ponent a resto de CON (12 a Zona Franca, 11 a Horta y 9 a Triangle).
 - iv. 11 articulados serie 3000 de CON Ponent a CON Zona Franca.
 - v. 10 articulados de serie 3100 y 2 de serie 3400 de CON Ponent a CON Horta.
 - vi. Los 20 articulados restantes de CON Ponent, se trasladarán al resto de CON en la proporción siguiente: 7 a Horta, 7 a Triangle y 6 a Zona Franca.
- c. Adquisición de vehículos: 140 vehículos. Compra de 135 autobuses de hidrógeno para llevar a cabo la operación diaria y 5 de reserva para sustituir en caso de posibles averías. (Detalles Anexo E.1). Conforme vayan llegando al CON serán aparcados en la parcela
- i. Llegada de 68 autobuses de hidrógeno al CON Ponent.
 - ii. Llegada de 59 autobuses más de hidrógeno al CON Ponent.
 - iii. Llegada de los últimos 13 autobuses de hidrógeno al CON Ponent.

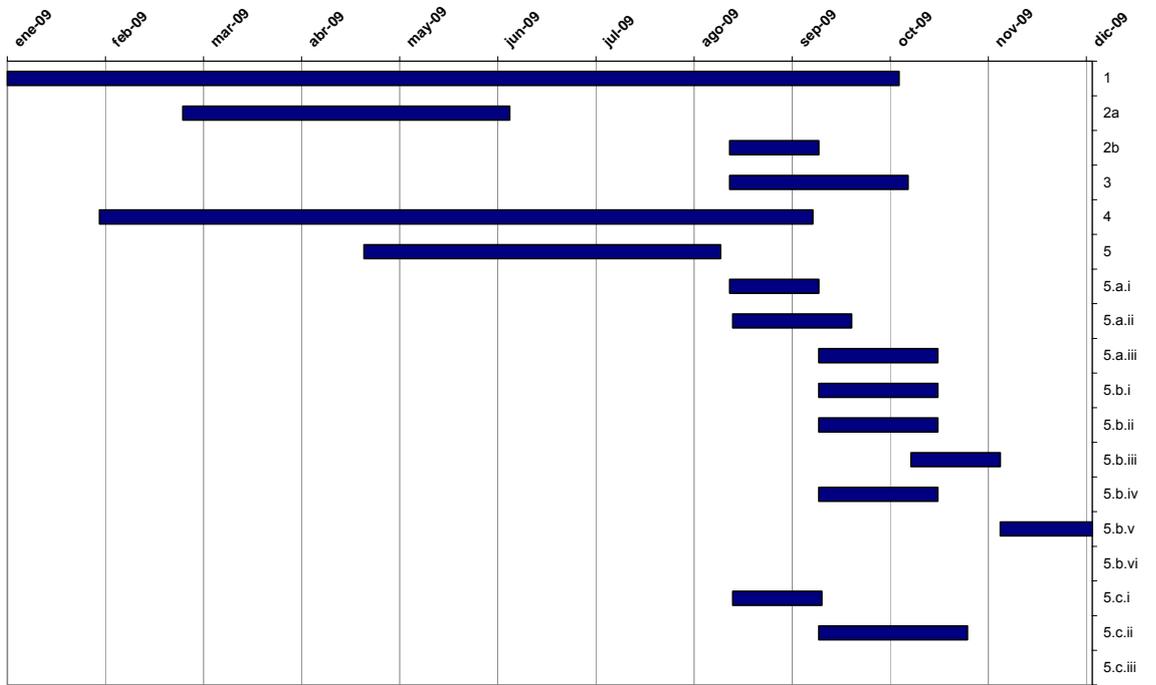


Fig. 5.2 Fases de ejecución del plan

Fuente: Elaboración propia



6. Presupuesto

Se comentan con brevedad el origen de los cálculos realizados de estimación de presupuesto.

Se ha determinado el presupuesto para la construcción de la planta en base al estudio de Barthel, Betz y Eyerer sobre coste de la infraestructura de hidrógeno en Europa [15]. Se estiman los costes de los equipos necesarios en la instalación de hidrógeno escalando a partir de los costes de una de otro tamaño y/o capacidad conocidos. La ecuación 7.1 es la utilizada para aplicar esta escala.

$$\text{Coste}_b = \text{Coste}_a \left(\frac{\text{Capacidad}_b}{\text{Capacidad}_a} \right)^{0,6} \quad (\text{Ec } 7.1)$$

Se ha tomado como base tal y como muestra el estudio una planta de hidrógeno de 1,8 millones € de con capacidad de 100Nm³/h. Este coste comprende el reformador de vapor, el compresor, las unidades de almacenamiento y la estación de suministro. Contando que la capacidad necesaria para la planta de hidrógeno en CON Ponent es de 3060 Nm³/h. El coste de las obras de construcción de la instalación es de 14,01 millones €.

A este valor se le debe añadir los costes de la licencia y los costes de ingeniería y diseño. Según estipula el *Col·legi d'Arquitectes de Catalunya* este coste se estima según la ecuación 7.2, donde H es el coste total incluyendo la ingeniería y diseño, la P es el coste de las obras de construcción de la instalación y la C es el coeficiente corrector que para una obra de este coste es de 0,5. Además el coste de las licencias se expresa en la ecuación 7.3, donde A es el área de las obras (1.670 m², anexo E.2).

$$H = 7'90 \% \cdot P \cdot C \quad (\text{Ec. } 7.2)$$

$$H = 6,32 \cdot A + 3,25 \% P \quad (\text{Ec. } 7.3)$$

El coste total de la ejecución de obra es pues: 15,03 millones de €.

El presupuesto para la compra de los autobuses se define por los 140 autobuses que se van a adquirir, de 1.250.000 € cada uno. Total: 175 millones de €.

Además, se debe añadir el presupuesto de acciones de marketing y publicitarias: 195.000 €



Origen de costes	Cantidad
Obras de construcción	14.018.623 €
Licencias	466.160 €
Ingeniería y diseño	553.736 €
Adquisición 140 autobuses	175.000.000 €
Presupuesto de acciones de marketing y formación	205.350 €
TOTAL	190.243.869 €

Tabla 6.1 Presupuesto del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Existen diversas fuentes de financiación posibles para este proyecto:

- *Unión Europea -Programa Life+:* es el instrumento financiero de la Unión Europea dedicado al medio ambiente para el periodo 2007-2013. Su objetivo general es contribuir a la aplicación, actualización y desarrollo de la política y la legislación comunitarias en materia de medio ambiente, incluida la integración del medio ambiente en otras políticas, con lo cual contribuirá al desarrollo sostenible. UE puede destinar 40 millones de € conforme a combatir el cambio climático.
- *Ministerio de industria, turismo y comercio –Plan de ahorro de ahorro y eficiencia energética:* con motivo del uso más eficiente de los medios de transporte e implantación de técnicas de conducción eficiente y renovación de los parques automovilísticos. Subvención destinada: 60 millones de €.
- *Generalitat de Catalunya:* implantación de nuevas tecnologías de ahorro de emisiones de contaminantes. Subvención 20 millones €.
- *Venta de los 68 autobuses dados de baja a países menos desarrollados:* 10.000€ por vehículo. Ingreso total: 68.000€
- *Transports de Barcelona:* ingresos por explotación de sus líneas de autobuses.



7. Estudio de viabilidad del proyecto

Para determinar la viabilidad de este proyecto se procede al estudio del Valor Actual Neto (Ec 8.1).

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{S_n}{(1+i)^n} \quad (Ec 8.1)$$

La inversión inicial I_0 es la suma del presupuesto del proyecto, 190,243 millones de €. Se considerará 10 periodos anuales ya que es el tiempo de vida estimado para los autobuses de hidrógeno. La tipo de interés está situado en la actualidad al 4%.

Respecto al flujo neto anual, debido a que TMB es una empresa sin ánimo de lucro y por lo tanto no tiene beneficios. Así, se considerará el flujo neto procedente de las tres partidas siguientes:

- Subvenciones cuantificadas en el apartado 6 y repartidas en cada uno de los periodos.
- Para el primer periodo se añadirá los ingresos originados por los autobuses dados de baja del servicio y vendidos a países menos desarrollados.
- Reducción de costes de las externalidades del transporte: para los autobuses diesel este valor es 37,7 €/1000veh·km. Así, teniendo en cuenta que los autobuses recorren 185 km de media al día y que circulan de media 250 días al año (algunos no operan en fin de semana y festivos), el coste anual de los autobuses diesel y por lo tanto el beneficio que se extrae de la utilización de autobuses de hidrógeno es 244.107 € anuales.

Con estas valoraciones tenidas en cuenta: VAN= -92.847.735 €



8. Impacto ambiental de la solución propuesta

Los aspectos fundamentales que determinan el impacto ambiental son la contaminación atmosférica y la contaminación acústica

Para explicar el impacto atmosférico de los autobuses de hidrógeno cuya producción de combustible se realiza mediante reformado por vapor, se realiza un ejercicio de comparación respecto a otros autobuses y otros métodos de producción de hidrógeno. A su vez será subdividido por los procesos que integran el ciclo de vida del hidrógeno desde que su origen hasta su utilización para el transporte por autobús.

Por ello, se diferencia respecto a los autobuses convencionales presentes en las flotas actuales diesel y GNC, y otras alternativas existentes en la producción del hidrógeno, como la electrólisis siendo el origen de la electricidad renovable o de la red eléctrica.

Se establecen dos grandes estudios que permiten analizar el impacto de dicho medio de transporte a lo largo de su ciclo de vida: análisis pozo a tanque y análisis tanque a rueda. El primero contempla los procesos de obtención de la materia prima y la producción, el almacenamiento y el suministro al autobús de hidrógeno. En el segundo caso, se contempla únicamente la operación del autobús, entendido como la circulación del autobús por la ciudad.

Del análisis tanque a rueda (*Fig. 3.28 y Tabla 3.12*) se deduce que los autobuses de hidrógeno reducen el 100% de las emisiones que se producen dentro de las zonas urbanas con motivo de la operación de autobuses ya sean diesel o GNC.

El análisis pozo a tanque (*Fig. 3.27 y Fig. 3.28*) dictamina, sin embargo, que se puede llegar a duplicar las emisiones de CO₂ en el reformado por vapor con motivo especialmente de la producción del hidrógeno, aunque se ha analizado que de media en la UE, este valor no superaría el 50% siempre respecto a los autobuses diesel Euro III. Las emisiones de NO_x se estiman que se podrían reducir en un 75% (reduciendo el riesgo de formación de ozono a nivel de suelo y el riesgo de lluvia ácida), mientras que las partículas podrían aumentar en un 50 %. Estos valores solo son estimaciones obtenidas a partir del análisis de la ciudad de Stuttgart. El análisis para Barcelona debe contemplar cual es el origen de la materia prima, gas natural y electricidad, puesto que determinaría con mayor exactitud el grado de emisiones establecidas, pudiendo llegar a reducir las emisiones producidas por vehículos diesel o GNC.

Por ello, la principal ventaja de la implantación de los autobuses de hidrógeno sería la descongestión atmosférica en el entorno de circulación de los autobuses, en este caso en



aquellas líneas operativas del CON Ponent. Por consiguiente, las emisiones de contaminantes se concentrarían más en el entorno de producción del hidrógeno.

Los beneficios en la reducción de la contaminación acústica de los autobuses de hidrógeno se muestran en la *Tabla 3.13*. Es esencial tener en cuenta que los valores vienen determinados por la percepción que pueden tener los ciudadanos de la circulación de los vehículos. Los ruidos emitidos por los autobuses elegidos se deben a los elementos auxiliares y al efecto de rodadura de las ruedas al circular, por ello se produce menor contaminación acústica que autobuses diesel y los de GNC (salvo en la parte contigua al motor).



9. Conclusiones

La conclusión a la que se llega con este plan de marketing es que a pesar de que la tecnología del hidrógeno está todavía en fase de desarrollo, es posible recuperar la mitad de la inversión en un plazo de 10 años. Esto significa que la realización de este plan de marketing de aquí dos años puede llegar a demostrar la viabilidad de la implantación de los autobuses de hidrógeno en Barcelona.

Para ello es necesario que se empiece a estimular el mercado del hidrógeno y de las pilas de combustible a través de inversiones en investigación y desarrollo acompañadas de un esfuerzo regulador que incentive la última etapa de desarrollo de estas tecnologías para su adopción en el mercado.. En particular, hay tres áreas esenciales en las que invertir: el respeto medioambiental en el origen de la producción, la eficiencia de los procesos y la viabilidad económica. La investigación en curso estudia ya la mejora de los procesos de producción y de almacenamiento del hidrógeno, así como las especificaciones técnicas de los autobuses

Queda patente según las conclusiones del proyecto CUTE que el futuro de la producción de hidrógeno pasa por la utilización de un proceso electrolítico alimentado con energías renovables para minimizar las emisiones de contaminantes; la visión a largo plazo pasa por reducir el consumo eléctrico en la alimentación del proceso y el aumento de la capacidad de producción por esta misma vía a pequeña escala. Esto ayudará a reducir el impacto de los procesos más contaminantes como ya hace hoy en día el reformado por vapor.

Los futuros proyectos de investigación para mejorar el almacenamiento del hidrógeno tanto en la estación como en el autobús son determinantes para aumentar la capacidad de producción diaria y la autonomía del autobús. Esto es tanto más importante en una ciudad como Barcelona cuyos perfil topográfico y velocidad comercial conllevan un mayor nivel de consumo. Este informe identifica este factor es clave en la valoración económica de la inversión.

Aún así, se demuestra los grandes beneficios que pueden aportar a la ciudad estos vehículos independientemente del origen de su suministro de combustible, reduciendo el nivel sonoro, la polución y luchando contra el cambio climático. Este informe se ha centrado en el análisis puramente económico. Existen otros beneficios, no analizados aquí, en materia de imagen de la ciudad, ecológica e innovadora, con potencial para acelerar sensiblemente el retorno de la inversión.



10. Bibliografía

Referencias bibliográficas

- [1] DEPARTAMENT DE POLÍTICA TERRITORIAL I OBRES PÚBLIQUES. *Directrius Nacionals de mobilitat*, Barcelona 2006
- [http://www10.gencat.net/ptop/binaris/Directrius_nacionals_mobilitat_tcm32-36328.pdf, 16 de enero de 2007]
- [2] AUTORITAT DEL TRANSPORT METROPOLITÀ. *Quadre d'indicadors. Pla director de Mobilitat de la Regió Metropolitana de Barcelona*. Barcelona, 2006
- [<http://www.atm-transmet.cat/cat/pdm/web/docpdm.htm>, 31 de enero de 2007]
- [3] AUTORITAT DEL TRANSPORT METROPOLITÀ. *Territori, població i localització d'activitats. Pla director de Mobilitat de la Regió Metropolitana de Barcelona*. Barcelona, 2006
- [4] INSTITUT D'ESTUDIS REGIONALS I METROPOLITANS. *Enquesta de mobilitat en dia feiner (EMEF). La mobilitat a la Regió Metropolitana de Barcelona*. Barcelona 2007
- [http://www.atm-transmet.org/cat/apartado4/apart4_09.htm, 31 de enero de 2007]
- [5] FUNDACIÓ RACC. *Valoració del funcionament de la regulació integral de l'estacionament a Barcelona àrea verda*. Barcelona 2006.
- [http://www.racc.es/pub/ficheros/adjuntos/adjuntos_area_verda_per_web_jzq_852c8d7d.pdf, 25 de enero de 2007]
- [6] COMISIÓ EUROPEA. *Cómo hacer más con menos. Libro Verde sobre la eficiencia energética*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2005
- [7] DR. L. MANTZOS, P.CAPROS. *European energy and transport: Scenarios on high oil and gas prices*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2006
- [8] DR. L. MANTZOS, P.CAPROS. *European energy and transport: Trends to 2030 - Update 2005*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2006



- [9] COMISIÓN EUROPEA *Libro Verde: Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura*, Bruselas, 2006
- [http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy/doc/2006_03_08_gp_document_es.pdf, 23 de noviembre de 2006]
- [10] DR. L. MANTZOS, P.CAPROS. *European energy and transport: Scenarios on energy efficiency and renewables*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2006
- [11] COMISIÓN EUROPEA: *Assessment of the contribution of the TEN and other transport policy measures to the midterm implementation of the White Paper on the European Transport Policy for 2010*, Bruselas 2006, p.58-62
- [12] GENERALITAT DE CATALUNYA: *Pla d'Energia de Catalunya 2006-2015. Pla Estratègic*. Octubre 2005
- [http://www.gencat.net/economia/ambits/energia_mines/energia/pla_energia/, Febrero 2007]
- [13] COMISIÓN EUROPEA: *Energías renovables: Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción*. Luxemburgo. 1997
- [http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/index_en.htm, Febrero 2007]
- [14] COMISIÓN EUROPEA: *Libro Verde: Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético*. Bruselas
- [http://ec.europa.eu/comm/energy_transport/es/lpi_lv_es1.html, Mayo 2007]
- [15] L. BARTHEL, M. BETZ, P. EYERER: *Cost analysis of hydrogen infrastructure in Europe*. Stuttgart, 2004.
- [16] J. WEINERT, L. SHAOJUN: *Hydrogen refuelling station costs in Shanghai*. University of California, 2006.

Bibliografía complementaria

B. LÓPEZ-PINTO: *La esencia del marketing*. Edicions UPC, Barcelona 2001.



B. LÓPEZ-PINTO, V. TAMAYO, J. VISCARRI: *La esencia del marketing. Casos Prácticos*. Edicions UPC, Barcelona 2001.

R. GRANT: *Dirección estratégica conceptos técnicas y aplicaciones*. Civitas Ediciones, 2002.

J.M. SAINZ DE VICUÑA: *El plan de marketing en la práctica*. ESIC Editorial, Madrid 2004.

MARKETING PUBLISHING: *El plan de marketing*. Editorial Díaz de Santos. Madrid 1989.

P. KOTLER: *Dirección de marketing. Edición del milenio*. Editorial Pearson, Madrid 2001.

Congreso CUTE Hamburgo: cute-hamburg.mo.rev.tumorm.com

Institut d'Estadística de Catalunya: www.idescat.net

Comisión europea: ec.europa.eu

Autoritat del Transport Metropolità: www.atm.cat

Transports Metropolitans de Barcelona: www.tmb.net

Associació per la Promoció del Transport Públic: www.laptp.org

Ajuntament de Barcelona: www.bcn.es

Institut Català de l'Energía: www.icaen.net

European Environment Agency: www.eea.europa.eu

Asociación Española del Hidrógeno: www.aeh2.org

Páginas del proyecto CUTE: www.fuel-cell-bus-club.com

<http://www.global-hydrogen-bus-platform.com/>

Mahler AGS: www.mahler-ags.com/

Hydrogenics: www.hydro.com

PDC Machines: www.pdcmachines.com



Pilas de Combustible: www.fuelcells.org

Pilas de Combustible: www.pilasde.com

Col·legi d'Arquitectes de Catalunya: www.coac.es

Community of European Railway. Costes externos del transporte:
http://www.cer.be/files/INFRAS_Summary_ES-114148A.pdf

American Center for Life Cycle Assessment: www.lcacenter.org

Información aportada por personas de contacto.

Entrevista 1 de marzo de 2007 a Diego Navarro, técnico de circulación del *Ajuntament de Barcelona. Sector de Seguretat i Mobilitat. Direcció de Serveis de Mobilitat*. Información acerca del estado del tráfico en Barcelona y aportación de la araña de tráfico de Barcelona.

Correo electrónico desde 2 de febrero de 2007 a 5 de septiembre de 2007 con José Manuel Rodríguez Huertos, responsable del área de ingeniería y nuevos desarrollos de TMB y encargado del seguimiento de los autobuses de hidrógeno en TMB. Continuo contacto para determinar características y posibilidades de los autobuses de hidrógeno.

Correo electrónico desde 10 de septiembre de 2007 a 20 de septiembre de 2007 con Collin Mckenzie, manager de ventas de Hydro. Aportación de información acerca de viabilidad de proyectar una planta de electrólisis en Barcelona.

