

Resumen

**PLAN DE MEJORA
ENERGÉTICA
DE BARCELONA**

Resumen

**PLAN DE MEJORA
ENERGÉTICA
DE BARCELONA**

Imma Mayol i Beltran

Cuarta Teniente de Alcalde del Ayto. de Barcelona

Ricard Frigola i Pérez

Gerente de Mantenimiento y Servicios del Ayto. de Barcelona

Antonio Romero Barcos

Director Gerente de la Agencia de Energía de Barcelona

Miquel Sodupe i Roure

Gerente de Barcelona Regional

Director del Plan de Mejora Energética de Barcelona

Albert Vilalta i Cambra

Coordinación del Plan

Jordi López Benasat

Redacción del Plan

Aleksandar Ivancic

Coordinador técnico del Plan

José Lao Mulero

ELABORACIÓN Y REDACCIÓN DE ESTUDIOS Y PROPUESTAS SECTORIALES

SIG (BR)

Joan Marull
Martina Prat

Medio Ambiente (UPC)

Josep M. Baldasano

Edificios (COAC/Aiguasol)

Francesc Labastida
Pilar Martorell
Arcadi de Bobes Picornell
Jaume Ratera Vives
Mercè Badal i Ferrés
Jaume Salom
Jordi Pascual

Energía Eléctrica (iM3)

Alfred Mas
Lluís Rovira

Sector Transportes (UPC)

Francesc Robusté
Jordi Cardenal

Servicios y centros comerciales (IDOM)

Norman Ramiro Reyes
Gustavo Rodríguez Ferrer
Jesús Izquierdo

Sector residuo (RESA)

Miquel Solé
Jaume Nieto
Xavier Muñoz

Clima y Territorio Urbano (UB)

Jeroni Lorente
X. Codina

Recintos Públicos (Ay. BCN)

Juan Carlos López
Josep Maria Berengueres
Pau Rodríguez

Modelización (Mcrit/Ecoservicios)

Andreu Ulied
Andreu Esquíus
Laura Garcia
Joaquim Corominas

APORTACIONES AL PLAN

Julio García Ramón (Ay. Barcelona)
Jordi Julià (BR)
Joaquim Clusa Oriach (BR)
Marga Macian (BR)
Marga Parés (Ay. BCN)
David Casabona (Diputación BCN)
Enric García (IMI- Ay. BCN)
José Luís Esquerdo (BR)
Anna Ventura (Ay. BCN)
Domènec Cucurull (Diputación de BCN)
Guillem Massagué (CAPCA)
Jordi Sunyer (IMIM)
Ferran Ferrer Viana (Insp. del Paisaje Urbano)
Josep M. Martín (DGEM-Gen.)
Mercè Garcia de las Heras (DGEM-Gen.)
Denise Van Regemorter (Center of Economic Studies KULeuven)

TRABAJOS Y ESTUDIOS CONSIDERADOS DE

ICAEN
IDAE
Diputación de Barcelona
Ayuntamiento de Barcelona
Colegio de Arquitectos
Colegio de Ingenieros Industriales
Universidad de Barcelona
UPC
Smassa
Aigües de Barcelona
Gas Natural
Endesa, Enher-Fecsa
Enginyeria M3
Mcrit
Idom
Resa
Ecoserveis
Aigüasol

EDICIÓN EN ESPAÑOL

IDAE (Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía)

DISEÑO GRÁFICO

Sonsoles Llorens

D.L.: B-7573-2003

PRESENTACIÓN JOAN CLOS

ALCALDE DE BARCELONA

La energía es uno de los pocos sectores tradicionales que, con la última revolución tecnológica, ha cobrado más importancia como recurso básico para el buen funcionamiento de nuestra sociedad. El nivel de calidad de vida a menudo se relaciona con el consumo energético, pero éste, tal y como se está llevando a cabo actualmente, va en detrimento de la sostenibilidad.

A nivel internacional, el actual modelo energético y su impacto negativo en el medio ambiente ha llevado a los gobiernos de los estados y las ciudades a plantearse diversas medidas, a través de acuerdos como los de Johannesburgo, Kyoto, Aalborg y Río de Janeiro. En este ámbito de acción, teniendo en cuenta que el 75% de la energía mundial se destina a mantener la compleja organización urbana, las ciudades y las instituciones locales tienen un papel primordial en la planificación y la gestión energética como entidades más cercanas a los demandantes de energía.

Por sus propias características como ciudad compacta y por su tipología de consumo energético, Barcelona es una de las ciudades europeas de tamaño similar con menos emisiones de CO₂ per cápita. Esta posición inicialmente satisfactoria implica que, a la hora de cumplir los compromisos internacionales, reducir una misma cantidad de emisiones de gases a la atmósfera supone un esfuerzo mayor que para otras ciudades más contaminantes.

Aún así, tenemos muy claro la importancia de un cambio de modelo energético y lo hemos puesto de manifiesto en la planificación de las nuevas grandes áreas e infraestructuras urbanas. En el caso del Distrito 22@, hemos querido plasmar un modelo de ciudad diversa y compacta, en el que se combina la actividad económica renovada con el uso residencial, aplicando además un desarrollo urbanístico sostenible. En términos similares, en la zona del Fórum de las Culturas y a través del proyecto “Barcelona Renovable 2004”, se han incorporado los conceptos de biourbanismo y arquitectura bioclimática, se han integrado las infraestructuras ambientales en la dinámica de la ciudad, y se ha apostado por el uso de energía solar y por un diseño de movilidad sostenible.

En este marco de actuaciones, el Plan de Mejora Energética de Barcelona (PMEB) pretende dar un paso más, como un elemento que aporta y clarifica toda una serie de informaciones de importante relevancia para el desarrollo futuro de la ciudad frente a la tendencia de consumo actual. Así, por ejemplo, con las medidas que incluye el Plan, Barcelona se convertirá en la ciudad con mayor aprovechamiento de energía solar del mundo.

El PMEB –que ha recibido el premio europeo “Climate Star 2002”- no habría sido posible sin la implicación y el esfuerzo de las administraciones, empresas y personas que han participado en el proyecto. A todos ellos, nuestro agradecimiento y la voluntad de seguir colaborando para desarrollar con éxito las líneas de actuación del Plan.



PRESENTACIÓN IMMA MAYOL

CUARTA TENIENTA DE ALCALDE
REGIDORA DE SALUD PÚBLICA Y
MEDIO AMBIENTE

El uso intensivo de energía de procedencia fósil y nuclear es uno de los rasgos característicos de las pautas de consumo de nuestra sociedad actual. Aunque es conocido el alto riesgo que representa la producción de energía nuclear para el ecosistema, la de procedencia fósil también tiene importantes repercusiones medioambientales. Además de ser un recurso limitado, su uso genera un impacto local de contaminación directa con efectos inmediatos sobre la salud y otro global, ya que agrava los problemas derivados del cambio climático.

Para invertir la tendencia actual de consumo energético, es necesaria una política decidida de las administraciones públicas orientada a promover el uso de fuentes de energía limpias y renovables, conseguir la eficiencia en la producción de energía final, y reducir el consumo a partir de la introducción de mejoras tecnológicas y de prácticas de uso consciente.

En este sentido, el Ayuntamiento de Barcelona desarrolla, desde hace tiempo, actuaciones concretas en favor del ahorro energético y la disminución de la contaminación atmosférica, algunas de ellas con resultados muy positivos, como la Ordenanza Solar Térmica. No obstante, se requería un marco global para visualizar las políticas energéticas y situarlas en un plan de acción, como es este Plan de Mejora Energética de Barcelona (PMEB). Además, la reciente creación del Consorcio de la Agencia Local de Energía significa una nueva apuesta por la mejora energética de la ciudad, puesto que es un instrumento esencial para impulsar el Plan adecuadamente.

El PMEB se plantea como un programa de ciudad en el que, una vez analizadas las tendencias actuales de consumo, las diferentes administraciones implicadas en la gestión de la energía adquieren un compromiso firme de actuación, al mismo tiempo que se hace evidente la necesidad de la participación de las empresas proveedoras de servicios energéticos y la importancia del papel que deben tener los usuarios, tanto el sector empresarial en general como los ciudadanos y ciudadanas particulares.

Éste es un plan innovador que tiene muy en cuenta los mecanismos de información y participación ciudadana como elementos esenciales para el cambio, y pretende fomentar el debate con todos los sectores involucrados para alcanzar un pacto ciudadano por la energía.

A casi todo el mundo le preocupa la contaminación y el efecto que ésta tiene en el medio ambiente, pero nos hace falta un esfuerzo individual y colectivo para contribuir activamente a reducir las causas del deterioro ambiental. Y esto es lo que prevé el PMEB: la aplicación de diversas medidas –un total de 55 proyectos- que implican desde pequeñas modificaciones en el uso de las energías hasta grandes cambios en los sistemas de producción y distribución de éstas, todos ellos importantes para llegar al horizonte del año 2010 con un concepto más sostenible de la energía y, en definitiva, más solidario entre todas las personas que habitamos el planeta y con las generaciones futuras.



PRESENTACIÓN ISABEL MONREAL

DIRECTORA GENERAL DEL INSTITUTO
PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y
AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE)

Como Directora General del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) es una satisfacción presentar este “Plan de Mejora Energética de Barcelona” (PMEB), en el que hemos colaborado desde su inicio, a principios del año 2001, cuando el Ayuntamiento y el IDAE firmamos un Convenio para colaborar en su realización.

En ese momento estábamos sentando las bases que permitirán a esta ciudad caminar progresivamente hacia el modelo de “ciudad sostenible”, que se ha propuesto, y con el que lleva comprometido, desde hace tiempo, en su desarrollo, con actuaciones pioneras en nuestro país, como su Ordenanza Solar Térmica.

La mayoría de las actividades que un ciudadano realiza diariamente en una gran ciudad, como Barcelona, están relacionadas con el consumo de energía: el transporte a su lugar de trabajo, la calefacción de su hogar, los electrodomésticos que utiliza, el ordenador o el alumbrado nocturno de sus calles.

Por esto, los Ayuntamientos, como administraciones más cercanas a los ciudadanos, tienen una gran responsabilidad en liderar actuaciones municipales que impliquen la concienciación de sus habitantes hacia el ahorro, las tecnologías más eficientes energéticamente y la utilización de las energías renovables.

El reto al que se enfrenta Barcelona, es a la construcción de la ciudad del mañana sobre la base de criterios de sostenibilidad, como los que contiene el PMEB. Este Barcelona del futuro, más sostenible, no puede construirse sin el compromiso de todos con la eficiencia energética y las energías renovables, cada cual en el ámbito de su responsabilidad: administraciones públicas, organizaciones sociales y ciudadanos.

Con la traducción de este documento al castellano y su difusión entre otros Ayuntamientos de nuestro país, el IDAE, como Entidad Pública Empresarial del Ministerio de Economía, asume su parte de compromiso, promoviendo y fomentando acciones similares.

Felicitar, por último, al Ayuntamiento de Barcelona y a las personas que han contribuido a realizarlo materialmente, por el resultado de su trabajo.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Energía	15
1.2. Medio ambiente	15
1.3. Ciudad	16
1.4. Plan de mejora energética de Barcelona [PMEB]	16
2. DIAGNOSIS	21
2.1. Situación actual	21
2.2. Evolución histórica	23
2.3. Estudios sectoriales	24
2.4. Sector vivienda	24
2.5. Sector terciario	27
2.6. Servicios municipales	29
2.7. Redes y servicios públicos	30
2.8. Sector transporte	31
2.9. Evaluación medioambiental	32
3. ESCENARIOS	37
3.1. Demanda global	37
3.2. Estimación poblacional	37
3.3. Estimación del PIB	37
3.4. Intensidad energética	38
3.5. Escenarios de la demanda energética en Barcelona	38
4. PROYECTOS Y RECOMENDACIONES	41
4.1. Los objetivos y estrategias del plan de acción	41
4.2. Las estrategias del plan de acción	42
4.3. Proyectos y recomendaciones	43
4.4. Cuadro de proyectos y recomendaciones	51
5. VALORACIÓN E IMPACTO DE LOS PROYECTOS	53
5.1. Número de proyectos	53
5.2. Resumen del ahorro energético, reducción de emisiones e impacto de los proyectos	54
5.3. Evaluación del impacto de las actuaciones	55
5.4. Análisis de resultados	59
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES	69
PLAN FOR ENERGY IMPROVEMENT IN BARCELONA	73

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ENERGÍA

La energía se ha convertido en un recurso indispensable para el buen funcionamiento de nuestra sociedad. Son habituales los indicadores de bienestar y de nivel de desarrollo que se hallan vinculados al consumo energético: el consumo per cápita como indicador cuantitativo o la presencia lumínica de un territorio en el cielo nocturno.

Actualmente, más de un 80% de la energía primaria consumida a escala mundial es de procedencia fósil (Key World Energy Statistics, International Energy Agency, 1999); sin embargo la transformación y el consumo de energía fósil es una de las actividades humanas que más perjudican el medio ambiente. Por otro lado, las reservas mundiales de combustibles fósiles son limitadas. Al ritmo actual de consumo y con las reservas actualmente conocidas, los periodos de “vida” de las fuentes fósiles son los siguientes: gas, 61,9 años; petróleo, 41 años; carbón, 230 años.

Tanto el Estado español como la Unión Europea son altamente dependientes de la importación de combustibles fósiles. Actualmente un 50% de la demanda energética de la CE es proporcionada desde el exterior, siendo su coste un 6% de la importación total de la CE y un 1,2% del PIB. Si se mantiene la tendencia actual, en el año 2030 la dependencia de la CE de terceros países aumentará hasta un 70%¹. La situación de España es aún más acusada, pues un 74% de la demanda energética se abastece del exterior (según: IDAE *Prospectiva Energética y CO₂, Escenarios 2010*, IDAE-2000; datos año 1999). Este modelo energético introduce una hipoteca en el futuro desarrollo de la comunidad como conjunto, así como en cada uno de sus miembros. Por ello aparece el objetivo comunitario de llegar a cubrir un 12% de la demanda energética con fuentes renovables en el año 2010. Es preciso decir que este objetivo es inabordable sin el desarrollo paralelo de instalaciones de aprovechamiento de energía renovable y al mismo tiempo de medidas de reducción de la demanda energética.

En la década pasada el consumo de energía primaria iba aumentando a escala mundial en un 0,9% anual. Últimamente, la demanda energética en el Estado español ha aumentado de forma considerable, en los años 1999 y 2000 la demanda eléctrica iba aumentando a un ritmo de un 6 a un 7%, el consumo de gas natural aumentó del 12 al 14% en el mismo periodo.

1.2. MEDIO AMBIENTE

El uso intensivo de la energía de procedencia fósil y nuclear es una de las principales causas del deterioro o del riesgo medioambiental que se está dando actualmente. El uso de energía genera dos tipos de impacto: local y global. El impacto local en forma de contaminación atmosférica, directo, y de agua y suelo, en forma derivada, tiene efectos directos sobre la salud humana, mientras que el impacto global induce al cambio climático así como al agotamiento de los recursos no renovables.

En la situación actual una de las preocupaciones principales de la humanidad, desde un punto de vista medioambiental, es la generación del efecto invernadero en la atmósfera, que produce un sobrecalentamiento de la tierra. Este efecto viene provocado principalmente por la emisión a la atmósfera de los gases que causan el efecto invernadero, derivados en gran parte de la combustión de combustibles fósiles, ya sea por su utilización como energía de forma directa –final– (transporte, calefacción), o como pro-

¹Según el Libro Verde sobre la Estrategia Europea de Seguridad del suministro energético [COM (2000) 769].

ductora de otras formas de energía –primaria– (generación eléctrica). Según IDAE, en España dos terceras partes de los gases de efecto invernadero proceden de la transformación y el consumo de energía (IDAE - *Prospectiva Energética y CO₂, Escenarios 2010*, IDAE, 2000).

La combustión de fuentes fósiles no es la única causa de emisiones de gases de efecto invernadero, se podrían señalar otras, como la emisión de metano fruto de la digestión anaerobia de los residuos orgánicos o la combustión de determinadas fuentes renovables (residuos). A pesar de todo esto, la combustión de fuentes fósiles es la más importante desde un punto de vista cuantitativo.

La preocupación por el calentamiento del planeta y por el posible cambio climático ha llevado a los gobiernos de los Estados y las ciudades a plantearse medidas de reducción de estas emisiones en la atmósfera. De aquí emergen una serie de iniciativas internacionales plasmadas en forma de protocolos, acuerdos (Kioto, Aalborg, etc.) para la reducción de la emisión de los gases de efecto invernadero.

La reducción de las emisiones de gases necesita actuaciones de diferentes tipos:

- Potenciación de las fuentes de energía limpias o renovables.
- Eficiencia en la producción de energía final.
- Ahorro en el consumo final de energía a partir de la introducción de mejoras tecnológicas.
- Prácticas de consumo consciente.

1.3. CIUDAD

La sociedad contemporánea está cada vez más organizada en torno a asentamientos urbanos, por lo que éstos se convierten en grandes consumidores energéticos. Según las estimaciones de los expertos, un 75% de la energía a escala mundial se destina a mantener la compleja organización de las ciudades.

La ciudad no deja de ser un ecosistema. La comprensión del funcionamiento de un ecosistema implica el conocimiento de su metabolismo, es decir, de los flujos que se desarrollan en su interior: el flujo energético, el de materiales y el de información; estos flujos determinan la relación de la ciudad con el exterior. Este conocimiento de base es imprescindible.

Un hecho a destacar es la triple función de la administración local en la ciudad: en primer lugar en los aspectos relacionados con el consumo –como consumidor, gestor y promotor de eficiencia en el desarrollo urbano y defensor de intereses de otros consumidores–, en segundo lugar como parte implicada en la distribución marcando la calidad de servicio y, finalmente, como generador, especialmente mediante la promoción de energías renovables o valorización energética de los residuos. Por encima de estas tres funciones básicas es preciso tener siempre presente la capacidad legislativa en el entorno local y su fuerte condicionamiento por otras administraciones de orden superior.

1.4. PLAN DE MEJORA ENERGÉTICA DE BARCELONA [PMEB]

El Ayuntamiento de Barcelona, con objeto de impulsar un mejor conocimiento y gestión de las actividades de la ciudad que tengan un impacto ambiental relevante, encargó a Barcelona Regional la elaboración del Plan de Mejora Energética de Barcelona (PMEB).

La preocupación por el medio ambiente que existe en la ciudad de Barcelona ha suscitado un creciente interés por limitar el impacto ambiental derivado del consumo de energía. Este interés se materializa en diferentes propuestas y acuerdos para mejorar la eficiencia energética e introducir energías renovables, todo ello en un marco global de preservación del medio ambiente. Estamos pues, como ciudad, comprometidos con la impulsión y la utilización de energías limpias y renovables.

El Plan se plantea con los siguientes objetivos:

- Reducir la contaminación atmosférica.
- Reducir el consumo de energías no renovables.

Estos objetivos vienen enmarcados por la evolución del factor cultural y tecnológico, y se pretenden alcanzar mediante:

- El incremento del consumo de energías limpias.
- El incremento de la utilización de energías renovables.
- La reducción del consumo energético manteniendo la producción de productos, confort y movilidad.

De esta manera, el PMEB es una primera aproximación al conocimiento estructurado del sector energético de la ciudad de Barcelona. Es una herramienta que permitirá ir enriqueciendo, mejorando la información y el conocimiento para la toma de decisiones y actualización del Plan en futuras ediciones.

El Plan engloba un estudio de la situación actual y unas actuaciones de futuro. Así, por una parte se hace un análisis de la situación energética de la ciudad y unas previsiones de futuro tendenciales en: Estudio de Base y Diagnóstico de la Situación Energética de Barcelona (EDEB), integrado dentro del PMEB. De la misma manera, y también dentro del PMEB, se llega al: Plan de Acción para el Ahorro de Energía y la Reducción de las Emisiones a la Atmósfera (PAE), donde se hace una definición de objetivos y estrategias para finalmente identificar unos programas de actuación donde se proponen proyectos y medidas de acción concretas, haciendo un análisis de la incidencia de éstos en los escenarios de futuro.

El Plan que se presenta ha tenido la voluntad pragmática de definir un Plan de Acción (PAE), con una serie de programas integrados por proyectos que han sido valorados en términos energéticos, económicos y medioambientales, planteándose con un carácter de directrices para propuestas de actuación que necesitaran de diferentes instrumentos: ordenanzas urbanísticas, actuaciones internas del Ayuntamiento, inversiones directas (algunas ya operativas), campañas para impulsar actuaciones privadas, colaboración con los agentes energéticos, etc.; instrumentos que se pondrán en marcha a partir de la aprobación del PMEB.

El Plan también ha permitido tener una importante fuente de conocimiento de la realidad del sistema energético en la ciudad de Barcelona, tanto en sus aspectos cualitativos, en las características del sistema, como cuantitativos, en las dimensiones (EDEB). Eso ha sido posible porque se han desarrollado potentes herramientas de planificación, como por ejemplo un modelo de simulación sobre base SIG (Sistema de Información Geográfica) que ha hecho posible la simulación de comportamientos, conocimiento y contraste de consumos, y la valoración de las actuaciones propuestas por el Plan, su implantación y su eficacia.

Finalmente, el PMEB también agrupa una base para nuevos y futuros planes de acción dentro del PMEB, como lo puede ser el Plan de Acción para la Mejora de Infraestructuras y de la Calidad del Servicio Eléctrico (PASE), en última fase de elaboración, o como base para otros planes futuros que partan de la información de base recopilada y desarrollada en el PMEB, o para algunas de las actuaciones promovidas por el Plan.

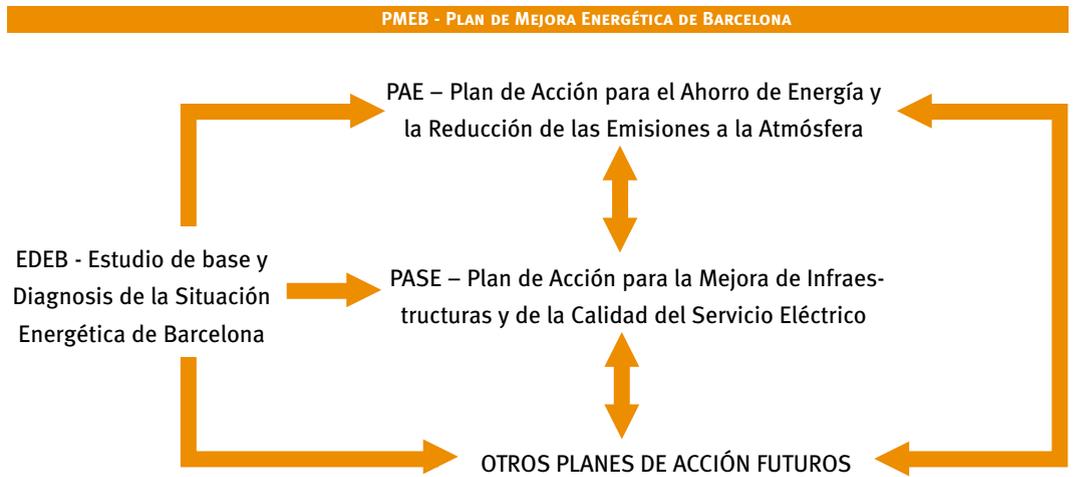


Fig. 1-1 Estructura del PMEB con las vinculaciones y los flujos de información.

2. DIAGNOSIS

2.1. SITUACIÓN ACTUAL

El alcance territorial del estudio es el término municipal de Barcelona, si bien en cada sector estudiado se concreta en detalle. El año 1999 se ha tomado como año de referencia. En cuanto al análisis sectorial, se ha estudiado el sector residencial, el sector terciario y el sector del transporte; los consumos municipales se analizaron como un conjunto, aunque contemplan consumos que generalmente pertenecen a los sectores estudiados. Además, se ha estudiado el sector de los residuos, que tiene una relación doble: por un lado, es uno de los sectores con más impacto atmosférico y, por otro lado, algunas tecnologías de tratamiento de residuos permiten generar energía.

El consumo total de energía final en Barcelona en el año 1999 (año de referencia) ha sido de 50,78 PJ². Eso corresponde a una distribución de un 40,5% o un 20,542 PJ de electricidad, 31,5% o 15,97 PJ de petróleo, 25,2% o 12,777 PJ de gas canalizado y un 2,9% o 1,484 PJ de gases licuados de petróleo.

CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN BARCELONA 1999 (50,78 PJ)

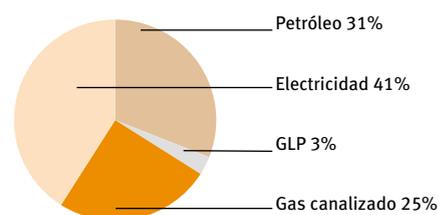


Fig. 2-1 Distribución del consumo de energía final, por fuentes de energía, año 1999. Consumo total 50,78 PJ.

En términos de energía primaria, teniendo en cuenta la eficiencia de los procesos de transformación y distribución de energía, eso significa unos 92,5 PJ (cálculo basado en el mix eléctrico catalán; en el caso del español, 89,9 PJ) de los cuales un 64% es utilizado para la generación de los 20,54 PJ de electricidad. De la cantidad citada se deduce una eficiencia energética global de un 54,8%. Este índice relativamente bajo se debe a un alto porcentaje de la energía eléctrica en el consumo final. El alto porcentaje de consumo de electricidad en la ciudad de Barcelona corresponde a los procesos de desindustrialización del municipio y a su terciarización.

En cuanto a la distribución sectorial, un 37% del consumo corresponde al industrial y terciario, un 33% al transporte y un 30% al consumo doméstico. Desglosando el consumo de transporte tenemos que sólo un 9,6% corresponde al transporte público, aproximadamente un 30% al transporte de mercancía (furgonetas y camiones) y un 60% a coches y motos. La mayor parte del consumo de los combustibles líquidos se utiliza para el transporte, mientras que sólo una pequeña parte es destinada a calderas de calefacción y procesos industriales. El consumo dedicado al transporte se puede desglosar en aproximadamente un 54% de gasolina y un 46% de gasóleo.

CONSUMO DE ENERGÍA FINAL POR SECTORES 1999 (50,70 PJ)

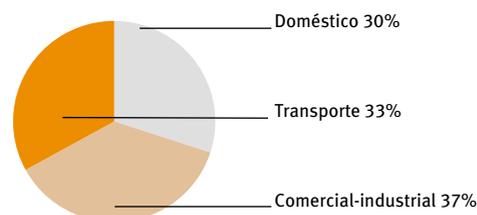


Fig. 2-2 Distribución del consumo de energía final por sectores en el año 1999. El consumo total 50,78 PJ.

² Es preciso decir que los balances energéticos tratados en este proyecto no contemplan la energía asociada a la producción y al transporte de bienes materiales realizada fuera del ámbito analizado pero consumida dentro de éste.

El mayor peso como fuente de energía primaria en Barcelona, observando la generación eléctrica según el mix catalán, pertenece a la energía nuclear, con una participación del 49%. La siguiente fuente es el gas canalizado, con un 23%, seguido por los combustibles líquidos, con un 18%. La hidráulica (sólo grandes centrales > 10MW) representa un 4%. El carbón tiene muy poca representación, un 1%. Las energías renovables (sin gran hidráulica) participan con un 1%; si se le añade la gran hidráulica resulta un 5% (en España las energías renovables en el año 1999 estaban en un 6,3%, o un 4% sin gran hidráulica). Aunque la CE promueve para el año 2010 el objetivo de conseguir que un 12% de la energía sea de origen renovable, se percibe una tendencia a la reducción del porcentaje de energías renovables debido a que el crecimiento del consumo es más rápido que la instalación de una nueva potencia con fuentes renovables.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA 1999 (92,5 PJ)

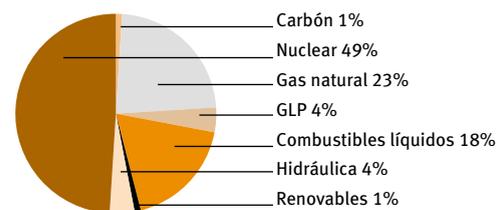


Fig. 2-3 Distribución del consumo de energía primaria por fuentes de energía en el año 1999. El consumo total, 92,5 PJ.

Situando los datos socioeconómicos y de consumo energético de Barcelona en un contexto territorial más amplio, como es Cataluña, España y la CE, observamos que Barcelona tiene un 25% de la población de Cataluña, participa con un 33% en el PIB autonómico y consume un 9,7% de la energía. En Barcelona, dentro del territorio español, la proporción entre el PIB y el consumo energético es muy parecida. Estos datos revelan que Barcelona es un sistema económico en proceso avanzado de terciarización (PIB alto, consumo de energía bajo) y un sistema energético con una eficiencia buena y condiciones favorables.

En la tabla siguiente se muestran los porcentajes referentes a la participación de Barcelona dentro de los territorios mencionados.

Tabla 2-1 Barcelona en el contexto de ámbitos territoriales más grandes. El porcentaje representa la parte correspondiente a Barcelona dentro del territorio más amplio.

	CATALUÑA	ESPAÑA	CE
Consumo energía primaria	9,7%	1,86%	0,154%
Población	25%	3,75%	0,4%
PIB	33%	7%	0,5%

El consumo de electricidad en la ciudad de Barcelona representa un 15,5% del consumo en Cataluña y un 3,1% del consumo español. El consumo de gas en Barcelona representa un 2,77% del consumo estatal.

³Fuente: "Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad", Red de ciudades y pueblos hacia la sostenibilidad. Diputación de Barcelona. Datos de L'Hospitalet de Llobregat, Manresa, Mataró, Terrassa, Rubí y Vilanova i la Geltrú.

Contrastando datos, como la intensidad energética o el consumo per cápita, de Barcelona con otras ciudades de la región metropolitana y ciudades extranjeras de tamaño similar³, Barcelona se convierte en una de las más eficientes.

INTENSIDAD ENERGÉTICA (98)	kWh / €
Barcelona	0,353
Hospitalet de Llobregat	1,452
Manresa	1,918
Mataró	1,417
Terrassa	1,451
Rubí	0,907
Vilanova i la Geltrú	1,301

Tabla 2-2 Intensidad energética en otras ciudades cercanas³.

2.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

La evolución histórica del consumo de energía en Barcelona sigue la pauta del estado de la economía. En los últimos diez años (1990-1999) el consumo total de energía final ha aumentado un 23,11%, lo que es equivalente a un aumento de media anual de un 2,1%. En el periodo de 1995 a 1999 se aprecia una aceleración en el crecimiento del consumo con el promedio anual de 2,94%. El consumo total per cápita en el año 1999 se situaba en 33,65 GJ, mientras que en el año 1990 fue de 25 GJ. El incremento del consumo total per cápita en la pasada década fue de un 37,5%. La intensidad energética final⁴ en Barcelona se sitúa en torno a 1279,5 kJ/€ (valor euros constantes 1999). Tiene una ligera tendencia a bajar, un hecho positivo. La elasticidad referente al total de consumo energético medio en Barcelona durante el periodo 1991-1999 fue de 0,78 y en el de 1995-1999, de 0,98. La elasticidad⁵ del consumo eléctrico en Barcelona en el periodo 1991-1999 fue de 0,89, es decir que fue la más alta del conjunto del sistema.

Tanto para el consumo total como para consumos particulares de electricidad y gas, se percibe un ligero crecimiento hasta 1992, un bajón posterior y un crecimiento posterior a partir de 1995.

CRECIMIENTO DEL CONSUMO EN BARCELONA	1990-1999		1995-1999	
	ACUMULADO	MEDIA ANUAL	ACUMULADO	MEDIA ANUAL
Total energía final	23,11%	2,1%	15,6%	2,94%
Electricidad	26,36%	2,36%	13,42%	2,55%
Gas canalizado	39,78%	3,4%	25,60%	4,66%
Derivados petróleo	17,01%	1,59%	14,84%	2,8%

Tabla 2-3 Crecimiento del consumo en Barcelona.

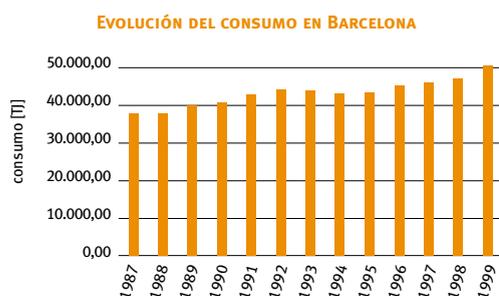


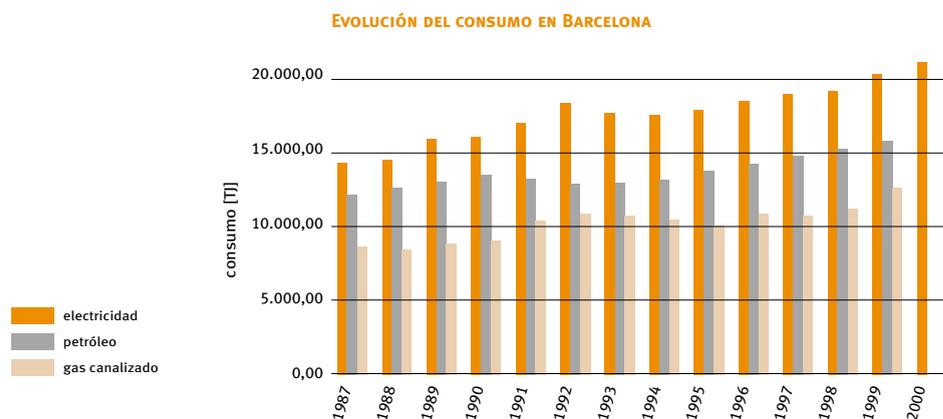
Fig. 2-4 Evolución del consumo total en Barcelona.

⁴Intensidad energética final = consumo de energía final / PIB en euros constantes (99).

⁵Elasticidad = Δ consumo energético / Δ PIB.

En la Fig. 2-5 se presenta la evolución del consumo de electricidad, derivados del petróleo y gas canalizado. Los tres tipos de energía final se comportan de manera similar. El consumo del periodo 1993-95 está claramente relacionado con el estado de la economía, pero en el caso del petróleo está también influido por el efecto Rondas.

Fig 2-5 Evolución del consumo en Barcelona de electricidad, GLP y gas canalizado.



2.3. ESTUDIOS SECTORIALES

Los estudios sectoriales de este Plan alcanzan un 74% de los elementos arquitectónicos de la ciudad, esto quiere decir que todas las tipologías arquitectónicas de este Plan analizan el 74% de la superficie construida total de Barcelona; el resto (industria, almacenes, aparcamientos y otros usos minoritarios) no se han estudiado en profundidad pero se han tenido en cuenta en los consumos totales de la ciudad en un mismo conjunto. Para el análisis territorial de los consumos en los edificios se ha hecho un uso intensivo del SIG (Sistema de Información Geográfica), que es de gran utilidad para cálculos, análisis de datos y simulaciones del comportamiento del sistema. Los sectores estudiados han sido: vivienda, terciario, servicios municipales, redes y servicios públicos, transportes y residuos.

2.4. SECTOR VIVIENDA

Para hacer un estudio con posibilidad de identificar medidas de actuación concretas, se ha hecho una clasificación tipológica de los edificios de la ciudad según su comportamiento energético. Esta respuesta climática de los edificios tiene una relación directa con ciertos aspectos urbanísticos, de configuración arquitectónica y de los sistemas constructivos utilizados, que han sido la base de la clasificación. Posteriormente, se ha estudiado de forma detallada el comportamiento energético, de cada uno de los edificios-tipo escogidos, mediante un programa informático de simulación dinámica, además de incorporar el cálculo de datos específicos relativos a las condiciones de uso y de equipamiento más usuales.

Del estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones sobre la demanda⁶ energética:

⁶Demanda energética es la energía necesaria para alcanzar los grados de confort habituales de un edificio (no implica el comportamiento del habitante: la demanda sólo se ve afectada por su arquitectura –materiales de construcción, tipo de construcción, orientación de la vivienda, etc.–)

- La demanda energética para calefacción de la mayoría de los edificios de vivienda de Barcelona (83,39%) se sitúa entre los 31,3 y los 36,8 kW·h/m² y año.
- La demanda de calefacción es mayor para la tipología vivienda en el casco antiguo (alrededor de los 50 kW·h/m² y año).
- La demanda energética de calefacción es menor para edificios de nueva construcción (13,9 kW·h/m² y año).
- La demanda de energía para refrigeración en el sector residencial actual es notablemente más baja que la demanda para calefacción. Valores medios para las tipologías (excepto la vivienda de nueva construcción) se sitúa entre 6,0 y 10,5 kW·h/m² y año.
- La demanda de refrigeración en viviendas de nueva construcción es más alta que en las otras tipologías, de hecho es mayor que la demanda de calefacción para esta tipología; se sitúa en 20,3 kW·h/m² y año.

Del estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones sobre los consumos⁷ energéticos:

- Los consumos eléctricos en edificios de viviendas se sitúan por encima de los 15 kW·h/m² y año, destacando el aumento de consumo por m² en los edificios más modernos (vivienda posterior a las normas térmicas y de nueva construcción), donde los consumos se hallan por encima de los 33 kW·h/m² y año.
- La energía solar térmica sólo tiene un aporte apreciable en la previsión de las viviendas de nueva construcción, por el efecto de la Ordenanza solar promovida por el Ayuntamiento de Barcelona. Aun así, la aportación energética en forma de energía solar útil es de un 17% del consumo total de energía en la tipología de nueva construcción, o un 30% de los usos térmicos (ACS, calefacción, refrigeración).
- El gas natural es la fuente energética de uso mayoritario del sector residencial en la ciudad de Barcelona (59%) y también lo es en todas las tipologías constructivas de viviendas, excepto las tipologías del casco antiguo de la ciudad.
- El consumo de otras fuentes energéticas, principalmente combustibles fósiles, es minoritario y sólo está presente en las tipologías constructivamente más antiguas.

⁷El consumo energético, a diferencia de la demanda, sí se ve afectado por el comportamiento de los habitantes y por el rendimiento de los aparatos instalados en la vivienda.

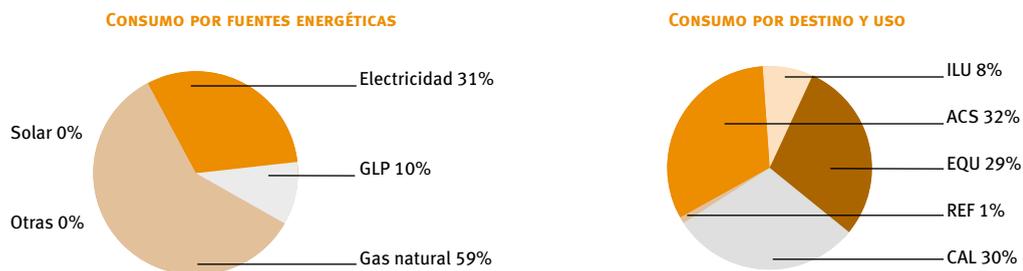


Fig. 2-6: Consumos por fuente, destino y usos energéticos. Sector residencial.

A modo de resumen, se observa una preponderancia de gas natural y electricidad como principales fuentes de energía y un consumo aún apreciable de Gases Licuados del Petróleo (GLP: propano y butano) pero con tendencia a la disminución de su importancia con la modernidad de la tipología constructiva. La aportación de otras fuentes como el gasóleo o de fuentes de energía renovable es, actualmente, insignificante en el conjunto del consumo energético de la ciudad en este sector.

Haciendo análisis de los consumos energéticos por destino y uso, se observa un peso parecido y cercano al 30%, de los consumos de calefacción, ACS y los diferentes equipamientos domésticos. El consumo destinado a alumbrado se ha evaluado separadamente del consumo asociado a equipamientos y supone un

8% del consumo total. Por otro lado, el porcentaje del consumo destinado a refrigeración es pequeño, debido a que el cubrimiento de la demanda de refrigeración en edificios de vivienda es escaso.

COMENTARIOS SOBRE LA VIVIENDA DE NUEVA CONSTRUCCIÓN Y EL PARQUE EXISTENTE

La vivienda de nueva construcción tiende hacia una mayor industrialización de los sistemas, a pesar de que el sector residencial suele ser reacio a cambios radicales si no han sido suficientemente experimentados. Posiblemente se utilizarán sistemas de cierres con mayores prestaciones: como piezas cerámicas (termoarcilla), o no cerámicas de formato más grande; plafones estandarizados metálicos tipo sándwich; plafones hechos con hormigón ligero armado con fibras de vidrio o con hormigón prefabricado más convencional, etc. La aplicación de las ventanas con cristal doble es muy habitual.

Según las dinámicas de desarrollo de la ciudad, se prevé fabricar unos 3,9 millones de metros cuadrados de techo de vivienda hasta el 2010. Esto representa aproximadamente un 5% del parque existente de vivienda. En la nueva construcción se detecta un gran potencial de ahorro en vías de regulación. Mejorando la normativa térmica de comportamiento de edificios se pueden ahorrar más de 100.000 GJ/año.

El valor K (Coeficiente de transmisión de calor) de las fachadas en numerosas ocasiones no cumple con la normativa térmica, principalmente debido a los puentes térmicos que se producen en las partes no aisladas de la fachada, sobre todo pilares. Con la construcción habitual, añadiendo una medida sencilla y muy poco costosa como es la prevención de los puentes térmicos, fácilmente se pasa de los valores K 1,3-1,4 W/m²·K a valores por debajo de 0,8 W/m²·K. El valor K=0,8 W/m²·K tendría que ser el techo permitido de la parte opaca de la fachada para los edificios de nueva construcción. A pesar de que actualmente se construye mejor que en épocas pasadas, las construcciones actuales aún se pueden mejorar, tal y como se expone en el presente trabajo.

Las ventanas y puertas bajo la norma actual pueden tener un valor K de hasta 5,8 W/m²·K. Con la implantación habitual de la ventana doble este valor se ha quedado anticuado. Por ello, el máximo permitido tendría que ser alrededor de K=3,5 W/m²·K.

El valor K de azoteas, actualmente definido por la norma como K=0,46 W/m²·K parece ser adecuado.

Como se ha visto, la demanda de refrigeración en vivienda de nueva construcción es más alta que la de edificios existentes, incluso es mayor que la demanda de calefacción. Los aparatos de aire acondicionado residencial aún no son un equipamiento estándar, pero su implantación es cada vez más habitual. Aquí existe un potencial incremento de consumo de electricidad que se tendría que evitar. Para evitar la demanda de aire acondicionado se tienen que promover sistemas de protección solar, así como la ventilación natural de edificios.

Se ha visto que la Ordenanza solar fue muy acertada, por ello se tiene que dotar de instrumentos de seguimiento para reforzar su aplicación. Para potenciar el uso de la energía solar térmica se tiene que promover la preinstalación de aparatos bitérmicos (lavaplatos y lavadoras que admiten, además del agua fría, el agua caliente, que puede ser precalentada por sistema solar).

En cuanto a las instalaciones, se tendría que imponer un criterio de rendimiento energético mínimo para calderas y bombas de calor que tendría que ser:

- Para calderas, un 89% a plena carga y un 86% a carga parcial (30%).
- Para bombas de calor COP mínimo modo refrigeración 2,5 y modo calefacción 3,5.

También se tendría que promover que todos los espacios comunitarios residenciales sean equipados con iluminación de bajo consumo.

Estos mismos criterios se deben aplicar en el caso de la rehabilitación completa de los edificios existentes.

Como medida inmediata se tiene que pedir a los constructores de viviendas la certificación energética según el método desarrollado por IDAE. Este certificado se tiene que entregar en el momento de la venta del piso. Al mismo tiempo se tendría que comenzar una campaña orientada a los ciudadanos para dar a conocer este tipo de certificación. Las empresas de promoción de la vivienda de protección como el Patronato Municipal de Vivienda y REGESA pueden ser pioneras en la difusión de los resultados de la certificación por sus edificios.

Teniendo en cuenta que Barcelona tiene un gran parque de edificios hechos, el tema de mejorar la vivienda existente es fundamental para conseguir la reducción del gasto energético. Por ello es preciso introducir criterios de eficiencia energética a la rehabilitación de edificios existentes. Como medidas principales se apuesta por la mejora de cerramientos exteriores (ventanas y puertas) y aislamiento de fachadas.

2.5. SECTOR TERCIARIO

Dentro del sector terciario se ha estudiado la demanda energética de los siguientes usos: comercial, oficinas, hoteles, restauración y polideportivos. A diferencia del residencial, los usos analizados aquí tienen un consumo mucho más intensivo en climatización estival y de electricidad para distintos equipamientos.

Analizando valores resultantes se puede concluir:

Para comercios y oficinas:

- La demanda de refrigeración es mayor que la de calefacción.
- La demanda de electricidad (por equipos y alumbrado) es del orden de un 50%.
- La demanda de ACS es mínima (1%).

Para hoteles y restauración:

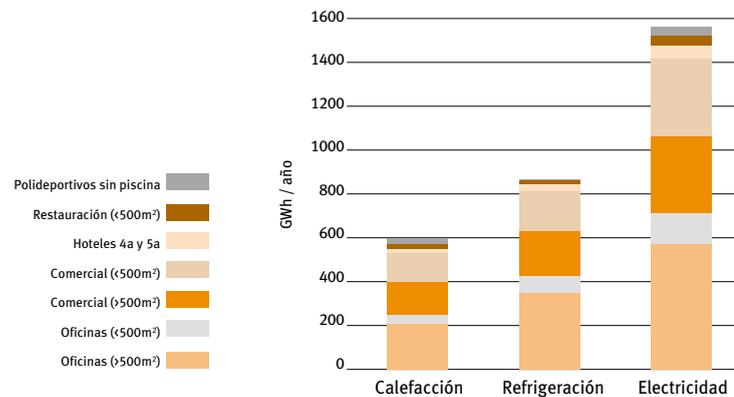
- La demanda de refrigeración y calefacción es equiparable, sumando alrededor del 50%.
- La demanda de ACS es considerable, del orden de un 15 a un 21%, según la tipología.
- La demanda de electricidad es del orden de un 30%, excepto en los hoteles de 4 y 5 estrellas, donde la demanda eléctrica sube hasta un 44%.

Generalmente, se observa un alto consumo de electricidad. De esto se puede establecer cualitativamente la relación entre la terciarización de la ciudad en sus actividades económicas y el cambio modal

de energías consumidas en la ciudad. Cuanto más importante sea el porcentaje de las actividades terciarias en la economía de la ciudad, mayor será el porcentaje de la energía eléctrica dentro del conjunto de energía suministrada en la ciudad.

Las tipologías con mayor demanda energética dentro del sector terciario son las oficinas de extensión media-grande (>500 m²) y los comercios, tanto pequeños como grandes. La demanda de hoteles de 4 y 5 estrellas también es considerable. Por ello, se debería prestar especial atención a las futuras medidas para estas tipologías.

Fig. 2-7 Demanda estimada de calefacción, refrigeración y electricidad de las tipologías más representativas.



Del estudio del sector terciario se desprende la necesidad de revisar las normativas de construcción para los diferentes tipos de edificios de uso terciario. Es preciso recordar que se prevé un desarrollo considerable del sector terciario en Barcelona, pues en este Plan se ha trabajado con la hipótesis de construcción de unos 2,25 millones de metros cuadrados de techo de oficina en el periodo 2000-2010; lo cual representa un 39% de la superficie de oficinas actualmente existente en la ciudad. Por todo eso, es oportuno y razonable hacer un esfuerzo normativo.

La tendencia en la construcción de oficinas es aumentar las superficies de cristal. El esfuerzo normativo se tendría que hacer en el sentido de fijar, por un lado, el ratio de la superficie de cristal, y por otro lado, las pérdidas máximas y factor solar del mismo. Por ello el ratio de la superficie de cristal puede ser un criterio inicial; una aproximación podría ser:

- ventanas < 33% de la fachada, criterios iguales a los de la vivienda
- ventanas de un 33% a un 66% de la fachada, K superficie de cristal inferior a 2,5, factor solar < 30%, K parte opaca como la vivienda
- ventanas > 66% para K superficie de cristal < 2, factor solar < 25%, K parte opaca como la vivienda

Por otro lado, tendría que haber una normativa de zonificación de alumbrado y de aire acondicionado y sistemas de gestión que incorporen medidas de ahorro, como por ejemplo detectores de presencia, para los servicios y funciones del edificio. La zonificación de instalaciones se tiene que realizar en función de la orientación del edificio y el programa funcional. Así, se plantea la conveniencia tanto de introducir unos nuevos parámetros por la piel de edificio –como continuación y mejora de la norma

NR-AT 87– como de reflexionar sobre la oportunidad y madurez de mercado, social y tecnológica para cambiar el concepto de la definición de la norma técnica. Como ya se ha dicho, por Europa comienzan a salir normas térmicas con un concepto diferente –basadas en la demanda energética anual prevista, en lugar de los parámetros relacionados con la piel del edificio.

Para alcanzar este tipo de normas es preciso plantear una introducción progresiva con el objetivo de llegar a garantizar su aceptación por parte de los sectores implicados. Un primer paso podría ser el propuesto –los nuevos valores para los parámetros actuales (valor K) situándolos entre un 15 y un 25% inferior a los vigentes. En una segunda fase se pueden incorporar los límites en términos de la demanda energética por unidad de superficie como una opción que significaría la coexistencia de los dos conceptos. En una última fase se llegaría a unos criterios únicamente de demanda que se alcanzan mediante una piel adecuada del edificio y la eficiencia de los aparatos instalados.

Para promover la eficiencia sería conveniente crear una marca de calidad de gestión energética visible, como una ecoetiqueta. Este sistema podría incluir los temas de mantenimiento de instalaciones, el uso de energía solar, el uso de refrigerantes amigables con el medio ambiente, iluminación de bajo consumo, detectores de presencia, regulación de la temperatura de consigna, el uso de equipos con un rendimiento energético adecuado, etc. Junto con la necesidad de promoción de una mejor gestión de la energía y de nuevos sistemas más eficientes, como la cogeneración, se plantea la posibilidad de introducir una variación de la Ordenanza solar actual, legislando la instalación de sistemas fotovoltaicos en edificios grandes de oficinas o comercios de nueva construcción.

2.6. SERVICIOS MUNICIPALES

Entre el consumo eléctrico y de gas, el Ayuntamiento de Barcelona gasta unos 679 TJ al año. El consumo eléctrico total de las actividades dependientes de la administración local es de 508,1 TJ/año, o un 2,5% del consumo total del municipio. El consumo de gas es de unos 170,8 TJ/año, o aproximadamente un 1,34% del consumo de la ciudad. Aquí se puede apreciar que el consumo eléctrico es mucho más importante que el de gas, pero los dos son poco significativos en el conjunto del consumo que demanda la ciudad.

En el apartado del consumo eléctrico como gran consumidor destaca la iluminación pública, con un 58%. Otros consumidores importantes de electricidad son la señalización de semáforos y los colegios públicos, un 8% cada uno; los edificios de oficinas consistoriales y polideportivos públicos consumen un 6% del total cada uno.

Los grandes consumos de gas se dan en los colegios públicos con un 55%; en centros socioculturales, un 11% y en los polideportivos, un 10%. El consumo de gas tiene un claro comportamiento estacional: la demanda en invierno es ocho veces mayor que en verano. Al realizar un uso intensivo de la calefacción (gas) se tendría que hacer una revisión de las calderas, ya que esta medida supone un ahorro considerable.

En términos del consumo final de energía (electricidad + gas), el consumo más alto con diferencia es el de la iluminación pública –un 43% de la energía final. Las escuelas públicas tienen un consumo de un 20%. Los centros y pabellones polideportivos consumen un 7%. La iluminación de semáforos, oficinas y centros socioculturales demandan, cada uno, un 7% de la energía final consumida por la administración local. El análisis se ha hecho a partir de la base de datos del Ayuntamiento de Barcelona de 1999. En este año había 150.370 puntos de luz entre el alumbrado viario, el de túneles, el de Rondas y el alumbrado artístico, con una potencia instalada de unos 26.580 kW. Se ha hecho un estudio del estado actual de las luminarias y se ha llegado a la conclusión de que unos 31.789 puntos de luz son susceptibles al cambio.

Respecto al consumo y a las instalaciones municipales, es preciso seguir con los programas de mejora de la eficiencia, como el cambio de los semáforos a LED, las luminarias y lámparas, la centralización y programas de aplicación para una gestión más eficiente y adecuación a las normativas.

No obstante, se detecta un ahorro potencial considerable con la renovación de instalaciones y la mejora de gestión mediante contratos tipo Contratación del Rendimiento Energético. La contratación de una empresa de servicios energéticos ayudará en el proceso de reducción del consumo de energía y de la facturación.

2.7. REDES Y SERVICIOS PÚBLICOS

La complementariedad y compatibilidad de las redes eléctricas, de gas y de climatización es crucial para conseguir un sistema de alta fiabilidad y un buen rendimiento energético.

La red de gas ha dado una cobertura apreciable en Barcelona y debe seguir cubriendo las demandas de las áreas de Barcelona de nuevo desarrollo y la aparición de nuevos servicios, como los relacionados con las centrales de climatización, cogeneración o como las nuevas empresas de nuevas tecnologías.

Las redes de climatización centralizada presentan la oportunidad de ofrecer nuevos servicios más eficientes y de mayor calidad en las zonas del 22@ y Fórum 2004 y más adelante posiblemente en otras zonas de alta concentración de la demanda como la Sagrera, la Zona Franca, la Ciudad Judicial, etc., zonas que pueden tener el efecto demostrativo para el impulso de las nuevas tecnologías en Barcelona. En este sentido es preciso potenciar la energía solar fotovoltaica en el Fórum y su aplicación a toda la ciudad.

El análisis de la situación de la red eléctrica, los servicios que presta y las previsiones de la demanda dan indicaciones de una calidad y cobertura mejorables y alertan sobre ciertos puntos de riesgo.

Atendiendo a los aspectos de calidad, es preciso definir y fijar los objetivos para Barcelona y tener la información de forma sistemática y periódica. Se ha observado que el TIEPI es muy heterogéneo. Eso significa que algunos barrios gozan de un servicio correcto, mientras que otros lo tienen malo. Por ello, los indicadores de calidad se deben medir por unidades territoriales más pequeñas que el municipio, por ejemplo a nivel de distritos o unidades funcionales de dimensiones equivalentes para homogeneizar la calidad de servicio. La calidad del fluido eléctrico en términos de microcortes es otro tema pendiente de mejorar. Por otra parte, es preciso mencionar que el coeficiente de averías de la ciudad de Barcelona (11 a./ 100 Km) es 1,57 veces superior al de UNESA (7 a./100 Km). El coeficiente de averías de la red no tendría que sobrepasar la media de UNESA.

Para garantizar el servicio de suministro eléctrico y su calidad, y conseguir la reducción de pérdidas en la red de Barcelona, y por lo tanto, una mejora ambiental general, y considerando las responsabilidades de las compañías operadoras y el Ayuntamiento de Barcelona, se detecta la necesidad de estructurar un equipo de planificación conjunta, donde puedan colaborar otros organismos y asesores externos para pactar un Plan Técnico de Infraestructuras de distribución y transporte para la ciudad.

Algunas de las actuaciones que se deberían considerar en el Plan, dada su necesidad y, por lo tanto el orden de prioridad, serían:

- Mejora de la red de distribución de MT y BT en Barcelona.
- Mejora de la red de AT.
- Establecimiento de criterios de calidad de servicios (TIEPI, microcortes, TIEU) y mecanismos de seguimiento.
- Elaboración de un sistema de gestión y planificación eléctrica integrado.

Las bases de trabajo tienen que ser los datos reales de la red y las previsiones de la demanda. Es necesario disponer de la información referente a consumos y cargas actuales, con segmentaciones geográficas y sectoriales, la capacidad y situación real de la red y, con el mismo detalle, la estimación de la demanda. Se tienen que determinar las estrategias para llevar a cabo las actuaciones e inversiones necesarias, especificando posteriormente el Plan que detalle: la creación de nuevas infraestructuras, la ampliación y mejora de las existentes, o las variaciones y modificaciones necesarias.

La estrategia de desarrollo de redes a medio plazo tiene que facilitar la conexión de tecnologías emergentes de generación de energía eléctrica a pequeña escala –llamada microgeneración– en cualquier punto de la red.

2.8. SECTOR TRANSPORTE

En el estudio se hace evidente que el transporte es uno de los sectores que tiene un consumo y unas emisiones considerables y se pone de manifiesto la eficiencia energética y las ventajas ambientales del transporte público. El transporte público colectivo gasta un 8,9% de la energía dedicada al transporte para realizar un 48% de los desplazamientos; el resto: –coche privado, motos, camiones y furgonetas– gastan un 91,1% de la energía para hacer un 51,9% de los desplazamientos; exceptuando de este grupo el transporte de mercancías, se obtiene que los coches privados y las motos consumen el 60,5% del total de la energía dedicada al transporte. El metro es el modo de transporte más eficiente en Barcelona: con un 3,86% de la energía realiza un 21,7% de los desplazamientos. Es preciso potenciar al máximo el transporte público e intensificar la redistribución del espacio de la vía pública favoreciendo a los peatones y a las bicicletas. Se deben incorporar también nuevas tecnologías y sistemas al transporte público, como por ejemplo, el sistema de recuperación de la energía de frenado en el metro y el gas natural en autobuses.

El vehículo privado: coche privado y motos, junto con el transporte de mercancías: camiones y furgonetas, presentan una baja eficiencia energética, potenciada por la baja ocupación de un valor medio de sólo 1,1 personas por vehículo y es el responsable, junto con el transporte de mercancías, de un 92% de las emisiones de NO_x, un 99% de las de CO, un 98% de las de VOC y un 95% de las de CO₂, en el área interior de las Rondas; la incorporación de los criterios energéticos a la planificación y gestión del transporte es imprescindible, a la vez que se tiene que internalizar el elevado coste ambiental.

Para promover tecnologías nuevas es preciso introducir ventajas para los usuarios/propietarios del coche privado con tecnologías limpias (aire comprimido, híbrido, eléctrico, pila de combustible) como por ejemplo: circulación por el carril bus, aparcamientos gratuitos o ventajas fiscales. A la vez, nuevos conceptos de gestión y nuevas tecnologías deben ayudar a mejorar la distribución de mercancías, por el gran impacto actual y futuro previsto; es preciso tener presente que, además, Barcelona internaliza actividades como el intercambiador modal de mercancías, entre otros, en el puerto y en la Zona Franca.

Para estimar el ahorro energético que suponen las actuaciones del PDI, que en el periodo 2001-2005 absorben 33.971.280 desplazamientos anuales futuros por el transporte público, lo cual, considerando una distancia media de 6,5 kilómetros de recorrido, equivale a 220,8 Mvkm, y, observando los consumos específicos del 2005, supone un consumo de 17.090.951 litros de gasolina y 3.011.629 litros de gasóleo y, por lo tanto, un total de 683.732 GJ, un 6,8% del consumo del vehículo privado, considerando el 2005 sin cambio modal. Las actuaciones del periodo 2005-2010 absorben 25.039.840 desplazamientos anuales futuros por el transporte público, lo cual, tomando la misma distancia media de recorrido y los consumos específicos del 2010, supone un consumo, respectivamente, de 11.323.597 litros de gasolina y 2.140.215 litros de gasóleo, 458.279 GJ.

El ahorro energético asociado a las actuaciones de cada uno de los periodos es de 532.748 GJ y 294.953 GJ, el primero es el ahorro energético anual en el 2005, mientras que el ahorro en el 2010 es el resultado del conjunto de actuaciones consideradas, 827.701 GJ.

El ahorro energético aplicado a Barcelona se encuentra en la siguiente tabla:

	2005	2010
Barcelona + Int. Rondes ⁸	532.748	827.701
Población	447.508	695.269

Tabla 2-4 Ahorro energético anual (en GJ) asociado a las actuaciones del PDI.

2.9. EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL

Este Plan se ha limitado a tratar el impacto medioambiental atmosférico. Este impacto es el más relevante de los asociados con el flujo de energía; eso es debido a que la transformación de energía en numerosas ocasiones va asociada a los procesos de combustión. Otro tipo de impacto ambiental, como es el de la producción de energía a partir de fuentes nucleares, no se ha analizado; hoy no hay una metodología clara que permita la comparación del impacto ambiental de contaminantes atmosféricos (de efecto invernadero –GHG y de efecto local–, primarios) con el impacto de residuos nucleares y riesgos asociados a esta tecnología.

Siendo la fuente principal la energía nuclear, seguida por el gas natural –que es la fuente fósil menos contaminante–, no es de extrañar que Barcelona tenga unas emisiones de gases de efecto invernadero relativamente bajas. A cambio, produce unos residuos nucleares y un riesgo de accidente nuclear que debería ser mencionado y considerado. Por otro lado, el carbón está prácticamente extinguido y la participación de los combustibles líquidos es baja. Las vías para reducir las emisiones globales y el impacto atmosférico con la sustitución de fuentes de energía clásicas son escasas, por ello como estrategia general queda la potenciación de energías renovables y medidas de reducción del consumo por vías de la eficiencia energética.

La emisión de los gases de efecto invernadero procedente del uso de energía y tratamiento de residuos en 1999 fue de 4.732.360 toneladas de CO₂ equivalente. Eso corresponde a unas 3,14 toneladas de CO₂

⁸Implica el ámbito de movilidad de Barcelona + la parte de la movilidad exterior en las fronteras de Barcelona, que corresponde al interior de las Rondas, como por ejemplo: L'Hospitalet de Llobregat y parte de Sant Adrià de Besós.

equivalente per cápita según el mix catalán; según el mix español las emisiones son de 4,4 toneladas de CO₂ equivalente per cápita. Con esta cifra Barcelona se sitúa entre las ciudades europeas de extensión similar, o del mundo occidental en general, con menores emisiones per cápita. Estas bajas emisiones de CO₂ equivalente se deben a diferentes hechos: un clima benigno, un mix eléctrico con relativamente poca implicación de fuentes fósiles, una ciudad compacta con mucha densidad de población y actividades por unidad de territorio y un uso extenso de gas natural dentro de la ciudad.

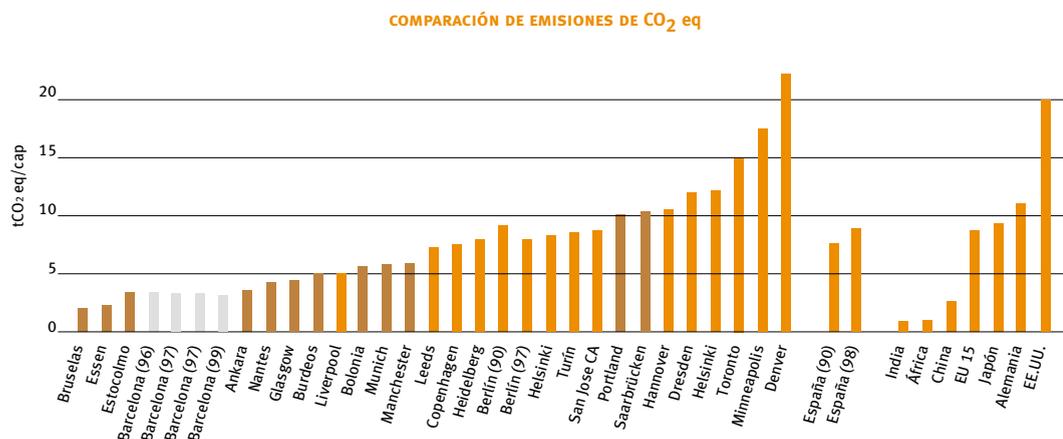


Fig. 2-8 Emisiones de CO₂ equivalente per cápita⁹, los valores de 1997 son de diferentes fuentes.

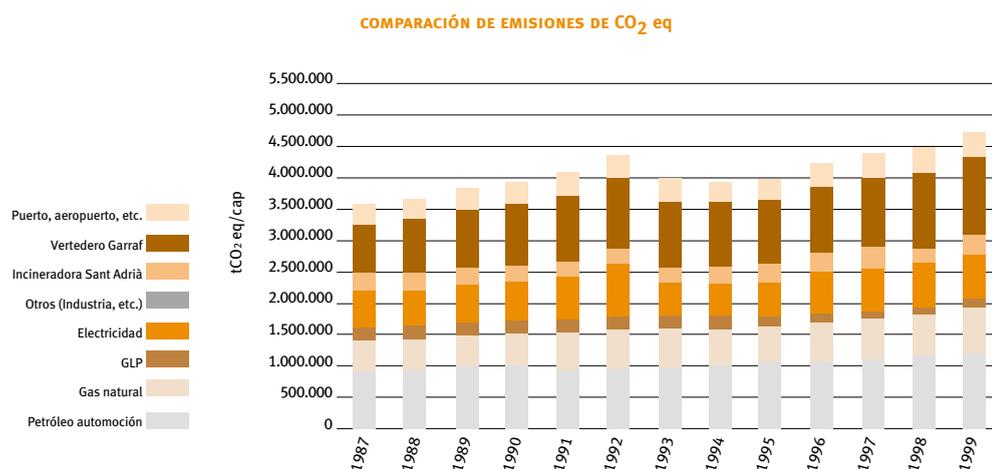
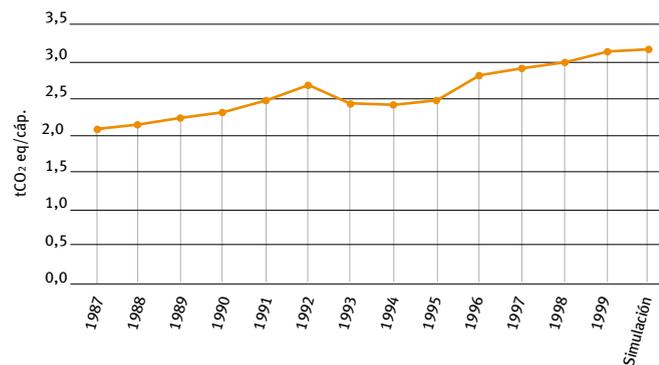


Fig. 2-9 Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en Barcelona, considerando mix eléctrico catalán.

⁹Fuente datos: en marrón (t CO₂/cap): *The urban Audit Handbook*, CE (sólo emisiones electricidad y gas canalizado). Fuente datos en naranja ciudades (t CO₂ eq/cápita): *Emission inventory for greenhouse gases in the City of Barcelona, 1987-1996*; J.M. Baldasano et al. *Atmospheric Environment*, 33 1999. Datos Barcelona: 96 - Baldasano, ídem, 97 - M. Pares et al. *Barcelona, Ecologia d'una ciutat*. Datos Barcelona 1999: Plan de Mejora Energética de Barcelona (PMEB).

Fig. 2-10 Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero expresadas en términos per cápita.



Representando la distribución de gases de efecto invernadero –GHG– por sectores, se llega a la conclusión de que en este momento un 26% se debe a las emisiones del vertedero del Garraf, un 25% se asocia al sector transporte, un 19% a la vivienda, un 8% al sector terciario y un 7% a residuos tratados en la planta de valorización energética de St. Adrià, y el 15% restante a otras actividades no contempladas, como la del sector industrial.

En términos de emisiones primarias (NO_x, SO₂, N₂O, CH₄, CO, VOC, PST) el transporte es de largo el sector con más incidencia, un 88% de este tipo de contaminantes atmosféricos procede de este sector, seguido de un 7% por la vivienda y un 5% por el sector terciario. El mayor potencial de reducción de gases de efecto invernadero en este momento es el sector residuos. Para reducir contaminantes primarios evidentemente se tiene que trabajar sobre el sector transporte.

La posición satisfactoria de la ciudad de Barcelona (en términos de emisión per cápita) implica que reducir una misma cantidad de emisiones de gases contaminantes supone un esfuerzo mayor que para otras ciudades como se puede apreciar en la Tabla 5-7. Pero para mantener esta buena posición es preciso tomar acciones decididas.

Después de analizar la situación actual se plantea la cuestión de ajustar los objetivos de Barcelona en relación con el marco del acuerdo de Heidelberg y de Klimabundnis, tal como se describe en el capítulo 5.

El comportamiento histórico de los últimos cinco años dibuja un escenario futuro de incremento del efecto invernadero, tanto por el intenso desarrollo de la ciudad como por el uso creciente de fuentes de energía fósil. Para invertir esta tendencia, sin comprometer los procesos de desarrollo que tiene nuestra sociedad, es preciso introducir actuaciones que corrijan estos procesos, y es en este punto donde se inserta con proyectos concretos, el Plan de Acción para el Ahorro de Energía y la Reducción de las Emisiones a la Atmósfera (PAE), enmarcado dentro del PMEB y consecuencia de éste.

3. ESCENARIOS

Se pueden definir unas situaciones de futuro más probables o convenientes para ser estudiadas como escenarios. En el Plan (PMEB) se han contemplado los escenarios al horizonte de los años 2005 y 2010, siendo el 2010 el escenario final del Plan.

3.1. DEMANDA GLOBAL

Uno de los factores principales que se debe considerar es la previsión de la demanda global. Ésta se determinará siguiendo la evolución actual, según la evolución histórica de los parámetros macroeconómicos, como es el PIB y su correlación con el consumo energético, es decir, la intensidad energética. En esta previsión se tendrá que considerar la ponderación de la aparición de las nuevas tecnologías, como factor diferencial e innovador del crecimiento del consumo, y también otros elementos, como el incremento de la demanda de refrigeración en los sectores terciario y residencial. Si bien la demanda de algunos sectores está fuertemente condicionada por el precio, otros sectores, como el transporte, el industrial e incluso el terciario son mucho menos sensibles a las variaciones del coste energético. Dado que el precio de la energía es un factor externo, ajeno a las decisiones de los órganos rectores de la ciudad, se considera como constante a efectos de previsión de la demanda.

3.2. ESTIMACIÓN POBLACIONAL

Se han estudiado diferentes escenarios para la estimación demográfica en el año 2010, los resultados para los años 2005 y 2010 son:

PREVISIÓN DE HABITANTES EN LA CIUDAD DE BARCELONA

AÑO	ESCENARIO BAJO	ESCENARIO CENTRAL	ESCENARIO TENDENCIAL	ESCENARIO ALTO
2000	1.457.985	1.469.673	1.465.917	1.468.584
2005	1.459.832	1.490.565	1.486.937	1.493.743
2010	1.466.716	1.512.447	1.512.101	1.523.343

Tabla 3-1 Previsión de habitantes en la ciudad de Barcelona.

En las simulaciones y previsiones de futuro se ha trabajado con el escenario alto, que en todo caso no presenta una gran variación sobre el tendencial o el central.

3.3. ESTIMACIÓN DEL PIB

Los escenarios del crecimiento del PIB contemplan diversas posibilidades de la futura marcha de la economía. Los escenarios del crecimiento económico se han adoptado de los escenarios planteados por el estudio *European Union Energy Outlook to 2020*. En este estudio se han previsto cuatro escenarios sociopolíticos a escala mundial que reflejan diferentes tendencias sociales, económicas y políticas; éstos son:

- Conventional Wisdom –CW– (tendencia actual). El mundo sigue la tendencia actual.
- Battlefield –BF– (campo de batalla). El mundo vuelve al aislamiento, a la política de bloques y al proteccionismo.

- Hypermarket –HM– (hipermercado). El mundo está dominado por las fuerzas del mercado libre y el liberalismo.
- Fórum –FO– (Foro). El mundo se dirige hacia estructuras de consenso y de cooperación internacional.

En realidad los escenarios citados implican unas hipótesis de crecimiento económico, que para España serían:

CRECIMIENTO	ESCENARIO	2001-2005	2006-2010
Base	CW	2,91%	2,83%
Bajo	BF	1,41%	2,33%
Alto	HM y FO	3,41%	3,33%

Tabla 3-2 Tipo de crecimiento según el escenario de la CE.

Es preciso decir que los mismos valores han sido aceptados para Cataluña en los recientes estudios hechos por el ICAEN (Instituto Catalán de la Energía) para el “Pla director d'energia a Catalunya 2001-2010”. Las previsiones del INE (Instituto Nacional de Estadística) y del Ministerio de Economía para el periodo 2001-2004 coinciden con el escenario de crecimiento alto.

3.4. INTENSIDAD ENERGÉTICA

La intensidad energética¹⁰ es el macro indicador de la eficiencia energética. Es la relación entre la energía consumida y el PIB. Se han supuesto tres escenarios para la intensidad energética:

- Tendencial –la intensidad mejora a un ritmo de un 0,41% al año como media o un 4% en el periodo 2001-2010.
- Ineficiente –la intensidad empeora un 0,27% al año como media, es decir, un 2% durante el periodo estudiado.
- Eficiente –la intensidad mejora un 1,46% al año, al final del periodo se acumula una mejora de un 15%.

La relación entre la tasa de variación del consumo energético y la variación del PIB se conoce como elasticidad¹¹. La elasticidad referente al total de consumo energético medio en España en el periodo 1985-1998 fue de 1,21, mientras que la de Barcelona para el periodo 1991-1999 fue de 0,78 y para el de 1995-1999, de 0,98. La elasticidad del consumo eléctrico en Barcelona en el periodo 1991-1999 fue de 0,89.

3.5. ESCENARIOS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN BARCELONA

Combinando los escenarios de la variación de la intensidad energética y los macroeconómicos (PIB), se han creado escenarios de la demanda energética para el municipio de Barcelona.

¹⁰Intensidad energética = Consumo energético total de la ciudad / PIB en euros constantes.

¹¹Elasticidad = Δ consumo energético / Δ PIB.

ESCENARIO (ENERGÍA-PIB)	ΔCONSUMO 2005	ΔCONSUMO 2010	MEDIA ANUAL	COMENTARIO
tendencial-base	17%	30%	2,41%	
ineficiente-base	24%	40%	3,10%	indeseable
eficiente-base	8%	16%	1,36%	deseable
tendencial-bajo	7%	16%	1,36%	
ineficiente-bajo	13%	25%	2,05%	
eficiente-bajo	-1%	3%	0,27%	improbable
tendencial-alto	20%	37%	2,9%	indeseable
ineficiente-alto	27%	48%	3,63%	indeseable
eficiente-alto	12%	22%	1,82%	deseable

Tabla 3-3 Previsión del incremento de consumo energético (respecto año base 1999) según diferentes escenarios energía-PIB.

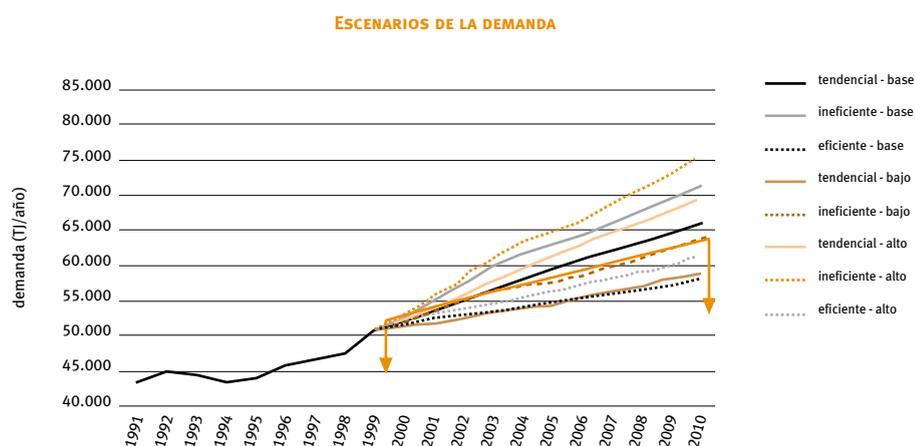


Fig. 3-1 Diferentes escenarios de demanda.

Como el escenario de referencia se puede adoptar el tendencial-base (variación tendencial de la intensidad energética más el crecimiento económico llamado base, que no es otra cosa que el comportamiento tendencial en términos económicos). Con esta hipótesis se llega a un incremento de la demanda de un 17% en el año 2005 y un 30% en el año 2010 respecto al año 1999.

A pesar de considerar la crisis actual, es recomendable que en el horizonte de 10 años se adopte este escenario más ambicioso, ya que impone unas condiciones más exigentes al Plan.

4. PROYECTOS Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan los objetivos, las estrategias y los listados de proyectos que propone el Plan, los proyectos relacionados que tienen fuerte impacto en temas energéticos y las recomendaciones a terceros.

4.1. OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS DEL PLAN DE ACCIÓN

El Plan de Acción para el Ahorro de Energía y la Reducción de las Emisiones a la Atmósfera (PAE) contenido dentro del PMEB, contiene los programas y proyectos que permiten la definición de objetivos, la asignación de recursos, la gestión y el seguimiento de resultados. Se han considerado, dentro de los proyectos propuestos, aquellos en los que el Ayuntamiento de Barcelona puede tener una responsabilidad directa o una capacidad de acción finalista; en los casos en que eso no se cumple, se van a hacer recomendaciones de actuación, o demandas a terceros, de forma paralela a los proyectos.

El objetivo principal del Plan de Acción (PAE) es permitir definir una estrategia energética en el ámbito de la ciudad de Barcelona y estructurar un plan de acción para la misma. Tiene como objetivos el fomento de la eficiencia energética y el uso de energías renovables para alcanzar una reducción en las emisiones de gases causantes del efecto invernadero y de los gases perjudiciales para la salud.

Pero también existen otros objetivos significativos:

- Planificación energética.
- Fomento de la calidad de los servicios energéticos.

Y una serie de objetivos relacionados:

- Determinar y definir las actuaciones a realizar en temas energéticos.
- Determinar las energías y tecnologías a fomentar.
- Impulsar las acciones necesarias derivadas de los objetivos y compromisos de la ciudad.
- Estimular la reducción en el consumo energético.
- Elaborar las herramientas y obtener los datos para estructurar el modelo energético de Barcelona y hacer un seguimiento de suministro.

4.2. LAS ESTRATEGIAS DEL PLAN DE ACCIÓN

Para alcanzar los objetivos generales que han sido marcados en este Plan, se tiene que definir cómo y de qué manera se estructurarán las propuestas. Las estrategias propuestas se pueden ver enunciadas de forma sintética en el siguiente cuadro:

ESTRATEGIAS DE GESTIÓN
Importancia del liderato del Ayuntamiento de Barcelona
Estructura del Plan en elementos gestionables
Promoción de la coordinación y la colaboración con otros organismos públicos
Promoción de la colaboración del mundo profesional y empresarial
Identificación del organismo capaz de aplicar el Plan
Desarrollo de los sistemas de información energética necesarios
ESTRATEGIAS DE SUMINISTRO Y CONSUMO
Promoción del consumo energético dentro de un modelo sostenible en Barcelona
Promoción del uso de energías verdes y/o renovables
Mejora de la calidad de productos y servicios energéticos en Barcelona
Adecuación de la generación y distribución del suministro eléctrico
Potenciación de la generación de energías renovables
Actualización del Plan y desarrollo de las herramientas de medida y control
Reducción del consumo interno del Ayuntamiento de Barcelona
Compromiso de consumo de energías renovables
ESTRATEGIAS EN EL ÁMBITO SOCIAL Y DE LA COMUNICACIÓN
Impulso de un nuevo modelo de consumo
Difusión y comunicación de las necesidades y mejoras de cambio
Creación de un identificador y sello de calidad
Difusión de la aplicación de nuevas tecnologías
Estimulación de las actuaciones del ámbito educativo
Aprovechamiento de los grandes proyectos actuales en Barcelona
ESTRATEGIAS ECONÓMICAS Y LEGALES
Mantenimiento del crecimiento y desarrollo de Barcelona
Promoción de la competencia y la calidad en el suministro energético
Promoción de las actividades y nuevas ubicaciones en Barcelona de empresas del sector
Búsqueda de la colaboración de terceros mediante el patrocinio en los proyectos correspondientes
Estudio del impacto económico general
Adaptación de las actuaciones a la evolución previsible del marco legal
Adaptación de las normativas y ordenanzas a las propuestas del Plan

Tabla 4-1 Estrategias del Plan de Acción.

4.3. PROYECTOS Y RECOMENDACIONES

SECTOR: RESIDENCIAL

- **Mejora de carpintería y cristales de las ventanas**

Sustitución y reparación de carpintería y cristales en edificios construidos. Permitirá la mejora de la estanqueidad y el aislamiento de las viviendas actuando positivamente en el aislamiento térmico, en el confort de los ciudadanos y la reducción del ruido en el interior de las viviendas.

- **Mejora de los aislamientos de las viviendas actuales**

Mejorar el aislamiento de las paredes, techos y cubiertas de algunos tipos de edificios de viviendas existentes, para disminuir el gasto energético de calefacción y, en su caso, de refrigeración; tanto de las viviendas, como de las oficinas y comercios que alberguen.

- **Calderas de alto rendimiento en viviendas**

Promover la renovación de calderas y la mejora de su mantenimiento en viviendas existentes, y revisar los criterios sobre la instalación de calderas en nuevas viviendas para impulsar la instalación de calderas de alto rendimiento (mediante posible ordenanza o normativa).

- **Alumbrado de bajo consumo en viviendas y buenas prácticas de uso**

Los ciudadanos pueden ahorrar energía con un buen uso (buenas prácticas) de la misma y con pequeños cambios en sus viviendas, como puede ser la sustitución de bombillas de incandescencia por otras de mejor rendimiento. Impulsar estas buenas prácticas, concienciar a los ciudadanos de los beneficios asociados a la adopción de estas buenas prácticas y conceder ayudas para favorecer estos cambios en el alumbrado de viviendas.

- **Revisión de los estándares energéticos en la construcción de obra nueva y rehabilitación int. en viviendas**

Realizar un estudio para la revisión de estándares de construcción de edificios nuevos, para mejorar el ahorro energético de los edificios de nueva construcción o en rehabilitaciones integrales. Las propuestas, que han de mantener o mejorar el confort actual de las viviendas, se pueden formular como recomendaciones o a través de una nueva ordenanza.

- **Mejora de la eficiencia energética en edificios residenciales**

Hacer un estudio para detectar qué elementos, acciones o modificaciones pueden llevar a aumentar la eficiencia energética en edificios residenciales existentes. Una vez procesados los resultados, y sacadas las conclusiones del estudio, pueden ser una valiosa ayuda para aplicarlos a las recomendaciones o normativas en futuras construcciones.

- **Adecuación de la masa térmica en viviendas nuevas**

Hacer un estudio sobre la situación actual y las tendencias del comportamiento de la masa térmica en viviendas nuevas, a fin de evaluar su contribución a la disminución del gasto energético de calefacción y de refrigeración. Ver la posibilidad de aprovechar los ciclos naturales de las temperaturas exteriores, mejorar el comportamiento de los edificios y minimizar la dependencia energética en primavera y otoño.

SECTOR: EDIFICIOS E INST. PÚBLICAS EXT.

- **Sustitución de luminarias de alumbrado público**

Reducir el consumo eléctrico del alumbrado de la vía pública a través de la sustitución de bombillas de vapor de mercurio por bombillas de vapor de sodio de alta presión.

A la vez, a fin de aumentar la eficiencia y reducir la contaminación lumínica, se propone la sustitución de algunos tipos de lámparas por otras de diseño más adecuado.

- **Semáforos de LED y mejora de la eficiencia energética**

Reducir el consumo eléctrico de la señalización de tráfico mediante la sustitución de las luminarias de los semáforos con bombillas de incandescencia por semáforos de LED.

- **Mejora y actualización de la gestión energética del alumbrado y de los edificios públicos**

Normalizar la utilización de los sistemas de gestión centralizada en los edificios y alumbrado público para conseguir una mejor gestión y aprovechamiento energético, y mejorar o actualizar el actual sistema informático de control centralizado mediante nuevos programas y sistemas informáticos de control, monitorización y regulación.

- **Energía fotovoltaica en las escuelas**

Se trata de un proyecto con doble función: la primera es educativa, para acercar el conocimiento de las tecnologías y la gestión de las energías renovables a los escolares; y la segunda es energética, para conseguir una operativa real, un ahorro medible y un efecto demostrativo para todos los ciudadanos.

- **Programas de gestión energética pública en escuelas y universidades**

Elaborar programas de gestión energética para las escuelas y universidades, de manera que puedan conocer de qué manera pueden hacer un uso y un consumo más eficaces de la energía y conseguir ahorros con pequeñas actuaciones.

- **Concesión de instalaciones de servicios energéticos en edificios públicos -Energy Pools-**

Introducción de servicios energéticos integrales (energy performance-contracting) en edificios municipales en Barcelona, a fin de ahorrar energía en el sector público y, como consecuencia, disponer de un ahorro económico y de emisiones. Creación de precedentes para que este tipo de negocio sea conocido y aplicado en las empresas privadas.

- **Estándares en edificios e instalaciones municipales**

Estudio para la definición de unos estándares que establezcan las características de uso energético y confort en edificios municipales.

- **Instalaciones ornamentales**

Estudio que tiene por objeto reducir el consumo eléctrico de las instalaciones ornamentales. Como instalaciones ornamentales se entienden el alumbrado ornamental, tanto de uso diario como de uso festivo, así como las fuentes públicas.

SECTOR: REDES

- **Red urbana de climatización Fórum 2004**

Introducir en el área donde se desarrollará el Fórum 2004 de Barcelona un sistema de climatización centralizada que cubra las necesidades de climatización con menos impacto medioambiental, con menos consumo de la energía eléctrica, y ofertando nuevos servicios energéticos para mejorar la calidad de la oferta de residencia o trabajo en este nuevo barrio.

- **Planta fotovoltaica del Fórum 2004**

Instalación de una planta fotovoltaica con conexión a la red en el ámbito del Fórum 2004.

- **Red urbana de climatización 22@**

Introducir en Barcelona un nuevo sistema de climatización centralizada en el ámbito 22@ con menos impacto medioambiental, con menos consumo de energía eléctrica, y ofertando nuevos servicios energéticos para mejorar la calidad de la oferta de servicios de este barrio.

- **Aprovechamiento del frío generado en la regasificadora del puerto para climatización**

Estudiar la viabilidad de un sistema de distribución de frío producido en la regasificadora del puerto.

SECTOR: SERVICIOS Y COMERCIAL

- **Cogeneración en polideportivos**

Conseguir un aumento del rendimiento entre energía primaria y final en polideportivos, implantando sistemas productores de electricidad y calor, mediante equipos de cogeneración.

- **Cogeneración en edificios comerciales de más de 3.500 m²**

Conseguir un aumento del rendimiento entre energía primaria y final en los edificios comerciales, implantando sistemas productores de electricidad, calor y frío mediante equipos de trigeneración. La reducción de la energía primaria fósil llega a ser de un 24%.

- **Cogeneración en grandes hoteles y clínicas**

Conseguir un aumento del rendimiento entre energía primaria y final en grandes hoteles y clínicas, implantando sistemas productores de electricidad, calor y frío mediante la instalación de equipos de trigeneración. La reducción de la energía primaria fósil llega a ser de un 24%.

- **Sistemas fotovoltaicos para grandes comercios y otros servicios de más de 3.500 m²**

Conseguir que el 10% de la energía eléctrica que consumen las nuevas grandes superficies comerciales y grandes edificios del sector terciario de Barcelona sea de origen fotovoltaico. Se entiende como grande a los que disponen de superficies de techo mayores de 3.500 m².

- **Sistemas de captación solar para ACS en polideportivos**

Promover la cobertura de la demanda anual de calor para agua caliente sanitaria - ACS- de los edificios de uso polideportivo existente y, en los que sea posible por disposiciones arquitectónicas, mediante energía solar térmica.

- **Sistemas solares de media temperatura para calefacción y refrigeración en superficies comerciales**

El objetivo a corto plazo es demostrar la viabilidad de este tipo de sistemas y adquirir la experiencia necesaria en la instalación y explotación para ver el rendimiento y evaluar costes. A largo plazo, se debería ver la viabilidad de conseguir que el 20% de la energía de ACS, calefacción y refrigeración del sector comercial (comercios entre 500 y 3.500 m²) de Barcelona sea de origen renovable mediante la energía solar.

- **Revisión de los estándares energéticos en la construcción de obra nueva y rehab. integral comercios**

Realizar un estudio de revisión de los estándares de construcción, iluminación y ventilación en nuevos comercios, a partir de la situación actual, a fin de mejorar el ahorro energético de los edificios de nueva construcción y de rehabilitaciones integrales, manteniendo o mejorando el confort. El resultado final puede ser una propuesta de nuevos estándares, destinados a recomendaciones o aplicables por nueva ordenanza.

SECTOR: OFICINAS

- **Cogeneración en edificios de oficinas de más de 4.000 m²**

Conseguir un aumento del rendimiento entre energía primaria y final en oficinas, implantando sistemas productores de electricidad, calor y frío en aquellas que presenten un foco de consumo suficiente, como los edificios de oficinas de más de 4.000 m².

- **Sistemas fotovoltaicos para oficinas mayores de 1.500 m² en Barcelona**

El objetivo es conseguir que el 12% de la energía eléctrica que consumirán las nuevas oficinas de más de 1.500 m² de Barcelona –de nueva construcción o de grandes remodelaciones– sea de origen fotovoltaico.

- **Sistemas solares de media temperatura para calefacción y refrigeración de oficinas**

El objetivo a corto plazo es demostrar la viabilidad de este tipo de sistemas y adquirir la experiencia necesaria en la instalación y explotación para ver el rendimiento y evaluar costes. A largo plazo, se debería ver la viabilidad de conseguir que el 20% de la energía de ACS, calefacción y refrigeración del sector oficinas (entre 500 y 4.000 m²) de Barcelona sea de origen renovable, mediante la energía solar.

- **Adecuación de la masa térmica en nuevas oficinas**

Realizar un estudio para evaluar el comportamiento actual de la masa térmica de los edificios de oficinas en el consumo energético y estudiar las recomendaciones para disminuir el gasto energético de calefacción y de refrigeración, aprovechando los ciclos naturales de las temperaturas exteriores, al mejorar el comportamiento de los edificios y minimizando la dependencia energética en primavera y otoño.

- **Revisión de los estándares energéticos en la construc. de obra nueva y rehabilit. integral en oficinas**

Realizar un estudio de revisión de estándares de construcción, iluminación y ventilación en nuevas oficinas, a fin de aumentar el ahorro energético de los edificios de nueva construcción y de rehabilitaciones integrales; siempre manteniendo o mejorando el confort. El estudio puede hacer una propuesta de nuevos estándares y una propuesta de aplicación a una nueva ordenanza.

SECTOR: TRANSPORTE

- **Gestión medioambiental del tráfico en Barcelona y desarrollo de un simulador**

Gestionar el tráfico de la ciudad también desde un punto de vista de eficiencia medioambiental; definiendo los criterios y dótandose de las herramientas necesarias, entre ellas, sistemas de simulación que permitan apreciar y conocer el impacto de emisiones y considerar la posibilidad de optimizar la coordinación del tráfico para minimizarlas.

- **Implantación de vehículos con energías más eficientes**

Promover la adquisición y el uso de vehículos eléctricos, híbridos, etc., en general aquellos que consuman energías menos contaminantes, en detrimento de los vehículos de gasolina o gasóleo. Es un proyecto que impulsa la comunicación, demostración y pruebas piloto sobre la viabilidad y efectividad de estos vehículos. También abarca temas de eficiencia infraestructural del metro.

- **Potenciación del ir a pie y el uso de la bicicleta como medio de transporte**

Promover el ir a pie y el uso de la bicicleta como modo de transporte posible y respetuoso con el medio ambiente. Junto con el transporte público son las bases para conseguir una ciudad sostenible en Barcelona.

- **Estándares en flotas municipales**

Hacer un estudio para la definición de unos estándares que establezcan las características de consumo y emisiones de los vehículos de la flota municipal.

- **Potenciación del “Car Sharing” en Barcelona**

Promover el concepto de Car Sharing en Barcelona. Los vehículos incorporados al programa han de ser aquellos que consuman energías menos contaminantes o, en el caso de vehículos de gasolina o gasóleo, se tendrán que seleccionar modelos de bajo consumo. Es un proyecto que, además de tener un carácter finalista de implantación, impulsa la comunicación y la demostración sobre la viabilidad y efectividad de este esquema de uso del vehículo.

SECTOR: GENERAL

- **Agencia de la Energía de BARCELONA**

Crear la Agencia de la Energía en Barcelona para gestionar el Plan de Acción [PAE], tanto los proyectos derivados de éste, como el seguimiento de las actuaciones que puedan tener un impacto energético y, por lo tanto, ambiental en la ciudad.

- **Observatorio de la energía**

Crear un observatorio de la energía que haga un seguimiento de la situación del sector de la energía, la incidencia local, el grado de calidad, tarifas y actividades en la ciudad y detectar posibles propuestas de mejora. Es una función que puede quedar enmarcada dentro de la Agencia de la Energía de Barcelona.

- **Pacto energético de Barcelona**

Conseguir la complicidad de los diversos actores implicados en el sector energético: profesionales, empresas, sindicatos, gremios, consumidores, universidades, etc., para promover las actuaciones definidas en el Plan y facilitar la firma de un pacto de energía en Barcelona.

- **Información y comunicación**

Impulsar la comunicación y difusión de todas las acciones ligadas a las actuaciones de los proyectos de este Plan, dando a conocer a los ciudadanos qué significa el ahorro energético, las alternativas tecnológicas y de gestión, su impacto ambiental y las opciones que existen para llevarlo a cabo. Dar a conocer también los organismos donde se puede encontrar información, pedir ayudas, etc...

- **Ecoetiqueta energética**

Crear una marca de calidad sobre la gestión y el uso de la energía en Barcelona. Esta marca identificará los edificios, empresas, instituciones o colectivos que apliquen protocolos de buenas prácticas energéticas en sus actividades.

- **Página web de la energía en Barcelona**

Creación de una página web de la energía en Barcelona con contenidos de información, pedagógicos, recomendaciones, noticias, ayudas, herramientas informáticas, escaparate de proyectos de energías renovables que se desarrollen en la ciudad, información en tiempo real de proyectos con impacto energético, etc.

- **Sistemas de información para la gestión energética -SIGE-**

Impulsar la aplicación de herramientas informáticas de gestión energética en los diferentes sectores, empresas, profesionales y ciudadanos de Barcelona.

- **Auditorías energéticas en las empresas y aplicación de medidas de ahorro**

Promover un sistema de auditorías voluntarias que detecte mejoras a realizar para el ahorro energético en las empresas.

- **Difusión de contenidos pedagógicos en centros educativos**

Conseguir que las generaciones futuras adopten hábitos de comportamiento en ahorro energético y darles a conocer las energías renovables y las actuaciones para la preservación del medio ambiente.

- **Promoción con fabricantes de elementos de bajo consumo e impacto**

Promover con los fabricantes y suministradores de electrodomésticos y otros aparatos o dispositivos que consuman energía en las viviendas, oficinas o comercios, la compra y uso de sistemas o componentes que presenten menor consumo e impacto ambiental.

- **Elaborar un Plan de Acción de ahorro energético y reducción de emisiones para zonas industriales**

Desarrollar un Plan de Acción para el ahorro de energía y la reducción de emisiones a la atmósfera para zonas industriales e industrias ubicadas en Barcelona, con tal de impulsar una serie de medidas que promuevan la eficiencia energética en sus actividades.

- **Certificación energética de edificios**

Disponer de los instrumentos y organismos para certificar energéticamente que los edificios construidos o remodelados cumplan los estándares para tener la ecoetiqueta energética, o que cumplan la normativa mediante equipos de control y verificación, se ha de comprobar en los edificios nuevos, una vez finalizada su construcción, si se han adoptado las medidas que el proyecto contemplaba; o si se han adoptado las mejoras, en los edificios antiguos que quieran disponer de ecoetiqueta energética.

- **Promoción de la formación en eficiencia y gestión energética para profesionales**

Elaborar contenidos y desarrollar instrumentos y programas para dar a conocer a los profesionales relacionados con el sector energético los nuevos conceptos de diseño, instrumentos, tecnologías, usos y gestión de la energía.

- **Medio ambiente y salud**

Desarrollar estudios relacionados con las emisiones atmosféricas y la salud de los ciudadanos.

Desarrollar también estudios térmicos de la ciudad (la isla de calor de la ciudad) e incrementar el número de sensores de contaminantes atmosféricos en la ciudad.

- **Estándar energético para grandes consumidores**

El objetivo de este proyecto es definir qué se ha de requerir a aquellos usuarios que se puedan considerar grandes consumidores de energía, para que presenten un plan de medidas de ahorro.

- **Reducción de la contaminación lumínica**

Este estudio tiene como objetivo determinar la situación de la contaminación lumínica que provoca Barcelona y proponer las medidas reductoras en los ámbitos público y privado.

- **Pruebas piloto de últimas tecnologías en el sector energético y ambiental**

Desarrollar proyectos piloto en Barcelona de las últimas tecnologías en energía y medio ambiente, nuevos sistemas de información o de gestión, para situar a la ciudad como pionera en nuevas aplicaciones en el entorno de las energías.

- **Premios anuales "Noche de la energía"**

Crear unos premios anuales otorgados en la "Noche de la energía". Este acto social permitirá dar visibilidad a la investigación y al desarrollo, el ahorro energético, las energías renovables, así como la proyección social de todas las entidades públicas y privadas implicadas en la producción, gestión y control de la energía.

- **Seguimiento de la aplicación de la "Ordenanza solar"**

El objetivo es conocer el grado de aceptación y de aplicación de la "Ordenanza solar" y efectuar una contabilidad de las instalaciones y m² instalados, así como el seguimiento del estado de las instalaciones existentes y su funcionamiento.

OTROS PROYECTOS RELACIONADOS:
ÁMBITO TRATAMIENTO DE RESIDUOS

- **Aprovechamiento del biogás del vertedero de residuos municipales del Garraf**

Aprovechar el gas metano que se produce de forma natural en el vertedero de residuos del Garraf para producir energía y reducir de forma importantísima su impacto de emisiones a la atmósfera.

- **ECOPARCS**

Este proyecto ya está en marcha, y consiste en construir 4 Ecoparcs para realizar correctamente el tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos del Área Metropolitana con métodos respetuosos con el medioambiente como son la metanización, el compostaje y la recuperación de materiales.

OTROS PROYECTOS RELACIONADOS:

ÁMBITO TRANSPORTE

- **PDI: Plan Director de Infraestructuras; mejora y promoción del transporte público**

El Plan Director de Infraestructuras contempla en un plazo de 10 años las actuaciones infraestructurales que son necesarias hacer en transportes públicos colectivos para seguir dando respuesta al crecimiento de actividades que comporten nuevas demandas de movilidad. Es un programa existente que aquí se recoge para hacer su valoración energética y ver su impacto ambiental.

RECOMENDACIONES VALORADAS

- **PDI Ampliado: Plan Director de Infraestructuras Ampliado**

Impulsar la ampliación del PDI hacia un escenario de máximos, en el que el transporte público se diseñe para absorber todo el incremento de movilidad que se produzca en los próximos 10 años, limitando los desplazamientos en vehículo privado a los valores actuales.

- **Proyecto de futura instalación de tratamiento de los residuos municipales**

Propuesta de desarrollo de un proyecto que trate de una manera respetuosa con el medio ambiente todos los residuos urbanos de la ciudad junto con los futuros Ecoparcs.

RECOMENDACIONES DEL PAE: ÁMBITO GENERAL

- **Revisión de los estándares energéticos en nueva construcción y rehabilitación**

Se hace una propuesta o recomendación de revisión de los actuales estándares energéticos con la Generalitat de Catalunya y revisión de los estándares españoles de construcción de nuevas viviendas, oficinas, o comercios así como rehabilitaciones, con tal de fomentar el ahorro energético.

- **Factura eléctrica por origen energético y coste progresivo de la energía eléctrica**

Promover que los consumidores reciban una facturación detallada según el consumo por origen de producción energética (fósil, nuclear, eólica, hidráulica, etc.), y posibilitar que los consumidores puedan escoger comprar directamente kWh que provengan de las diferentes fuentes de energías renovables. El proceso ha de ser transparente con tarifas detalladas.

Promover que el coste del consumo energético para determinados sectores, es decir la facturación, sea no lineal con el consumo, sino que sea, a partir de unos mínimos, progresivo. Esto favorecerá el ahorro.

- **Foro de colaboración con el sector eléctrico**

Realizar un estudio conjunto entre las compañías de distribución eléctrica y el Ayuntamiento a fin de establecer las actuaciones necesarias en Barcelona para garantizar la calidad y el suministro eléctrico. Crear el foro de trabajo y el apoyo necesario para llevar a cabo este estudio, hacer el seguimiento y ponerlo al día.

4.4. CUADRO DE PROYECTOS Y RECOMENDACIONES

Los proyectos, proyectos relacionados y recomendaciones identificados se pueden ver en el siguiente cuadro:

PROGRAMAS SECTORES	ENERGÍAS RENOVABLES-REN-	EFICIENCIA ENERGÉTICA-EFI-	AHORRO DE CONSUMO-AHOR-
RESIDENCIAL RES		<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de carpintería y cristales de las ventanas • Mejora en los aislamientos de las viviendas actuales • Calderas de alto rendimiento en viviendas • Alumbrado de bajo consumo en viviendas y buenas prácticas de uso • Adecuación de masa térmica en viviendas nuevas 	
EDIFICIOS E INSTALACIONES PÚBLICAS EXTERIORES PUB		<ul style="list-style-type: none"> • Sustitución de luminarias de alumbrado público • Semáforos de LED y mejora de la eficiencia energética • Instalaciones ornamentales 	<ul style="list-style-type: none"> • Concesión de instalaciones de servicio energético en edificios públicos: –Energy Pools
REDES RED	<ul style="list-style-type: none"> • Planta fotovoltaica del Fórum 2004 	<ul style="list-style-type: none"> • Red urbana de climatización Fórum 2004 • Red urbana de climatización 22@ • Aprovechamiento del frío generado en la regasificadora del puerto por climatización 	
SERVICIOS Y COMERCIAL S&C	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas fotovoltaicos para grandes comercios y otros servicios de más de 3.500 m² • Sistemas de captación solar por ACS en polideportivos • Sistemas solares de media temperatura para calefacción y refrigeración en superficies comerciales 	<ul style="list-style-type: none"> • Cogeneración en polideportivos • Cogeneración en edificios comerciales de más de 3.500 m² • Cogeneración en grandes hoteles y clínicas 	
OFICINAS OFI	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas fotovoltaicos para oficinas mayores de 1.500 m² en Barcelona • Sistemas solares de media temperatura para calefacción y refrigeración de oficinas 	<ul style="list-style-type: none"> • Cogeneración en edificios de oficinas de más de 4.000 m² • Adecuación de la masa térmica en nuevas oficinas 	
TRANSPORTE TRA	<ul style="list-style-type: none"> • Potenciación del ir a pie y del uso de la bicicleta como modo de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantación de vehículos con energías más eficientes 	
GENERAL GEN		<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de un Plan de Acción para el ahorro de energía y la reducción de las emisiones a la atmósfera para zonas industriales 	<ul style="list-style-type: none"> • Auditorías energéticas en las empresas y aplicación de medidas de ahorro
OTROS PROJ. RELACIONADOS			
RECOMENDACIONES			

GESTIÓN-GES-	REVISIÓN NORMATIVAS-LEG-	INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN-I&C-	EDUCACIÓN-EDU-
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la eficiencia energética en edificios residenciales 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los estándares energéticos en la construcción de obra nueva y rehabilitación integral de viviendas 		
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora y actualización de la gestión energética del alumbrado y edificios públicos • Estándares en edificios e instalaciones municipales • Programas de gestión energética pública en escuelas y universidades 			<ul style="list-style-type: none"> • Energía fotovoltaica en las escuelas
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los estándares energéticos en la construcción de obra nueva y rehabilitación integral de comercios 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los estándares energéticos en la construcción de obra nueva y rehabilitación integral en oficinas 		
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión medioambiental del tráfico en Barcelona y desarrollo de un simulador • Estándares en flotas municipales 			
<ul style="list-style-type: none"> • Agencia de la Energía de Barcelona • Observatorio de la energía • Sistemas de información para la gestión energética –SIGE– • Promoción con fabricantes de elementos de bajo consumo e impacto • Certificación energética de edificios • Medio ambiente y salud • Seguimiento de aplicación de la Ordenanza solar 	<ul style="list-style-type: none"> • Pacto energético de Barcelona • Estándar energético para grandes consumidores • Reducción de la contaminación lumínica 	<ul style="list-style-type: none"> • Información y comunicación • Ecoetiqueta energética • Página web de la energía en Barcelona • Pruebas piloto de últimas tecnologías en el sector energético y ambiental • Premios anuales "Noche de la energía" 	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión de contenidos pedagógicos en centros educativos • Promoción de la formación en eficiencia y gestión energética para profesionales
<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento del biogás del vertedero de residuos municipales del Garraf • ECOPARCS • PDI: Plan Director de Infraestructuras; mejora y promoción del transporte público 			
<ul style="list-style-type: none"> • PDI ampliado: Plan Director de Infraestructuras ampliado (proyecto valorado energética y ambientalmente) • Proyecto de futura instalación de tratamiento de los residuos municipales • Revisión de los estándares energéticos en nueva construcción y rehabilitación junto con la Generalitat de Catalunya y el Estado español • Factura eléctrica por origen energético y coste progresivo de la energía eléctrica • Foro de colaboración con el sector eléctrico 			

Tabla 4-2 Matriz de proyectos del PAE más otros proy. relacionados y recomendaciones.

5. VALORACIÓN E IMPACTO DE LOS PROYECTOS

En este capítulo se presentan los cuadros resumen que permiten tener una visión más global y la valoración energética y medioambiental de las acciones propuestas. Estas valoraciones del impacto se han obtenido, entre otros procesos, mediante la utilización del simulador que se ha construido expresamente para este Plan. Se presentan los resultados resumidos o integrados en cuadros.

5.1. NÚMERO DE PROYECTOS

El Plan propone 55 proyectos. La imputación por sector y tipo de proyecto, así como si éste ya se ha comenzado a llevar a cabo (por parte del Ayuntamiento de Barcelona), puede verse en la siguiente tabla:

NÚMERO DE PROYECTOS DEL PAE

SECTOR	FINALISTAS	INSTRUMENTALES	PROYECTOS YA INICIADOS POR EL AYUNTAMIENTO	SUBTOTAL DE PROYECTO
Residencial	4	3	(2)	7
Edific. e inst. púb. ext.	6	2	(5)	8
Redes	3	1	(3)	4
Servicios y comercial	5	2	(1)	7
Oficinas	2	3	(1)	5
Transporte	3	1	(2)	5
General	0	19	(2)	19
TOTAL	23	31	(16)	55

Tabla 5-1 Relación de proyectos para los diferentes sectores y catalogación.

Proyecto finalista: aquel cuyas acciones son directamente cuantificables en ahorro directo de consumo energético o emisiones de gases contaminantes.

Proyecto instrumental: aquellos cuyas acciones son difícilmente cuantificables de forma directa en ahorro energético o de emisiones, pero son una herramienta que en muchos casos es muy importante o imprescindible para que otros proyectos puedan ejecutarse o implantarse con éxito.

La agrupación de proyectos por programa y tipo de actuación puede verse en la siguiente tabla:

NÚMERO DE PROYECTOS DEL PAE

SECTOR	FINALISTAS	INSTRUMENTALES	PROYECTOS YA INICIADOS POR EL AYUNTAMIENTO	SUBTOTAL DE PROYECTO
Energ. renovables	5	2	(4)	7
Efic. energética	13	5	(7)	18
Ahorro consumo	1	1	(0)	2
Gestión	3	10	(3)	14
Revisión legal	0	6	(0)	6
Inform. y comunic.	0	5	(0)	5
Educación	1	2	(2)	3
TOTAL	23	31	(16)	55

Tabla 5-2 Relación de programas y de los proyectos asociados.

5.2. RESUMEN DEL AHORRO ENERGÉTICO, REDUCCIÓN DE EMISIONES E IMPACTO DE LOS PROYECTOS

A continuación se presenta una tabla que agrupa todos los proyectos del Plan de Acción (PAE) de Barcelona por sectores (una con las inversiones en pesetas y la otra en euros), sumándose los ahorros energéticos, de reducciones de emisiones e inversiones.

Por otro lado, también se presentan los proyectos relacionados con el PAE (a pesar de que no son estrictamente de éste), tanto en el ámbito de tratamiento de residuos sólidos urbanos como en el de transporte, y que, junto con los proyectos del PAE, forman el escenario de Acción Global.

En general, las hipótesis utilizadas han sido conservadoras, sobre todo en la estimación de resultados en los proyectos instrumentales.

AGRUPACIÓN DE PROYECTOS POR ESCENARIOS									
		N.º Proyectos	INVERSIÓN TOTAL	INVERSIÓN TOTAL DE ENTIDADES PÚBLICAS	INV. YA COMPROMETIDA ENT. PÚBLICAS	AHORRO DE ENERGÍA(*)		REDUCCIÓN DE CO ₂ eq	
C	Proyectos PLAN de ACCIÓN PAE	55	667,88 M€ 111.125 Mpts.	137,72 M€ 20,6% 22.914 Mpts.	59,13 M€ 9.838 Mpts.	2.055.021 GJ/año	3,1%	213.095 t/año	3,5%
D	Tratamiento de residuos	2	235,56 M€ 39.194 Mpts.	222,77 M€ 94,6% 37.065 Mpts.	222,77 M€ 37.065 Mpts.	0 GJ/año	0,0%	946.303 t/año	15,7%
F	Transporte PDI	1	3.147,55 M€ 523.709 Mpts.	3.147,55 M€ 100% 523.709 Mpts.	3.147,55 M€ 523.709 Mpts.	693.278 GJ/año	1,04%	65.650 t/año	1,1%
H=C+D+F	ESCENARIO de ACCIÓN GLOBAL	58	4.050,99 M€ 674.028 Mpts.	3.508,04 M€ 86,6% 583.688 Mpts.	3.429,45 M€ 570.612 Mpts.	2.748.299 GJ/año	4,14%	1.225.048 t/año	20,3%

Tabla 5-3: Resultados más relevantes de algunos escenarios.

*Porcentajes respecto al escenario tendencial del PMEB en el 2010.

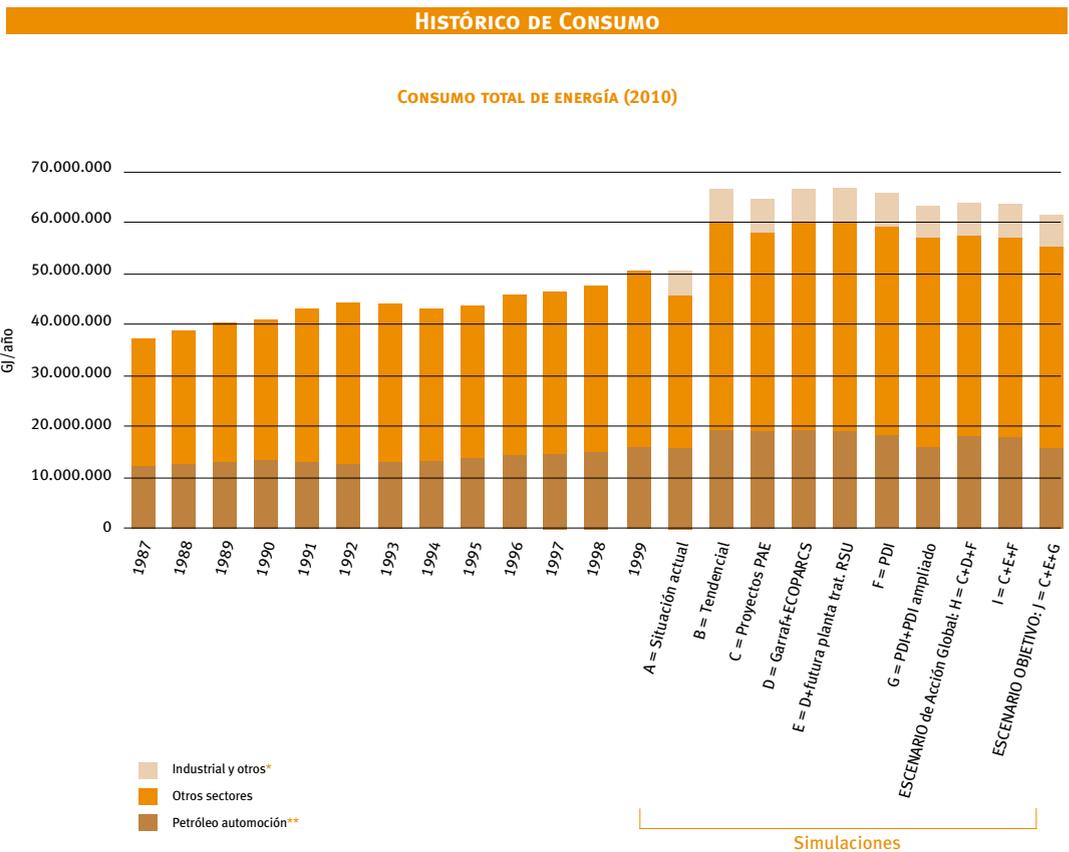
5.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS ACTUACIONES

A continuación se presentan una serie de escenarios definidos en el PMEB. Más adelante se presentan los resultados y efectos que estos escenarios pueden tener respecto al escenario tendencial:

- **ESCENARIO A:** Situación actual. Es el año base (1999) sobre el que se realizan todos los cálculos de crecimiento futuro. Este escenario está calibrado y coincide con los datos recopilados en la diagnosis.
- **ESCENARIO B:** Tendencial. Es el escenario tendencial hasta el año 2010 según las hipótesis aplicadas en este Plan (PMEB).
- **ESCENARIO C:** Proyectos PAE. En este escenario se contempla el efecto de ahorro energético y reducción de emisiones que tiene el conjunto de proyectos del Plan de Acción para el Ahorro de Energía y la Reducción de la Contaminación a la Atmósfera (PAE) desarrollado y consecuencia del PMEB. Estos proyectos se encuentran descritos en el capítulo 4.4.
- **ESCENARIO D:** Garraf + ECOPARCS Este escenario sólo contempla el efecto que tiene el cierre (y aprovechamiento de biogás) del vertedero del Garraf, así como la construcción de los 4 ecoparcs sin ninguna otra medida o proyecto aplicado.
- **ESCENARIO E:** D + Futura planta de tratamiento de RSU. Este escenario implica, además de cerrar el vertedero del Garraf y construir los ecoparcs (escenario D), una nueva instalación de tratamiento de residuos sólidos urbanos que asuma el crecimiento de residuos 2006-2010 (recomendación de este Plan a la vista de crecimiento de volumen de residuos hasta el año 2010; considerando que el Plan de residuos actual tiene el horizonte del 2006), evaluada como si fuera una instalación de ecoparc con generación eléctrica mediante la metanización, capaz de absorber todos los residuos que los futuros ecoparcs no pueden absorber y que el Garraf recibía antes de ser cerrado.
- **ESCENARIO F:** PDI. En este escenario se simula aisladamente el efecto del Plan Director de Infraestructuras (PDI) que ya está aprobado.
- **ESCENARIO G:** PDI + PDI Ampliado. Se hace una recomendación en este Plan de realizar actuaciones complementarias al PDI para intentar absorber toda la demanda creciente de desplazamientos esperada para el 2010 mediante el transporte público. A pesar de que es muy difícil absorber el 100% del futuro aumento de movilidad en transporte público, aquí se trabaja con esta tesis, llamada: "Escenario de transporte de máximos".
- **ESCENARIO de ACCIÓN GLOBAL - ESCENARIO H:** C + D + F. Es un escenario compuesto por los escenarios de proyectos del PAE (C), más el escenario del Garraf+ecoparcs (D), más el escenario de PDI (F). Se considera que éste es el escenario más probable si se llevan a cabo todas las actuaciones del Plan de Acción (PAE), ya que los escenarios D y F ya están en marcha.
- **ESCENARIO I:** C + E + F. Es un escenario formado por los escenarios de proyectos del PAE (C), más el escenario del Garraf+ecoparcs+futura planta de RSU (E), más el escenario de PDI (F). Éste es un escenario altamente recomendado por este Plan porque supone el tratamiento adecuado (desde el punto de vista medioambiental) del 100% de los residuos sólidos urbanos generados en la ciudad de Barcelona.

• **ESCENARIO OBJETIVO – ESCENARIO J:** C + E + G. Es un escenario de máximos, compuesto por los escenarios de proyectos del PAE (C), más el escenario del Garraf+ecoparcs+futura planta de RSU (E), más el escenario de máximo de transportes PDI+PDI ampliado (G). Éste es un escenario también altamente recomendado por este Plan, porque supone el tratamiento adecuado (desde el punto de vista medioambiental) del 100% de los residuos sólidos urbanos generados en la ciudad de Barcelona y un crecimiento de la movilidad de la ciudad, haciendo una apuesta máxima por el transporte público. En todo caso es un escenario difícilmente alcanzable.

En los gráficos que hay a continuación (que son las salidas del simulador de este Plan realizadas con la hipótesis de mix eléctrico catalán), se puede observar el efecto de diferentes escenarios comentados y la aplicación de los proyectos contemplados en el Plan –según todas sus hipótesis–, así como también su comportamiento anual.



	CONSUMO TOTAL (2010)	CONSUMO PER CÁP. (2010)
	GJ / año	GJ / cap.
A = Situación actual	50.657.178	33,65
B = Tendencial	66.531.675	43,67
C = Proyectos PAE	64.476.654	42,33
D = Garraf+ECOPARCS	66.531.675	43,67
E = D+futura planta trat. RSU	66.531.675	43,67
F = PDI	65.836.813	43,22
G = PDI+PDI ampliado	63.642.583	41,78
ESCENARIO de Acción Global: H = C+D+F	63.783.376	41,87
I = C+E+F	63.783.376	41,87
ESCENARIO OBJETIVO: J = C+E+G	61.590.208	40,43

Tabla 5-4: Consumo de energía según distintos escenarios.

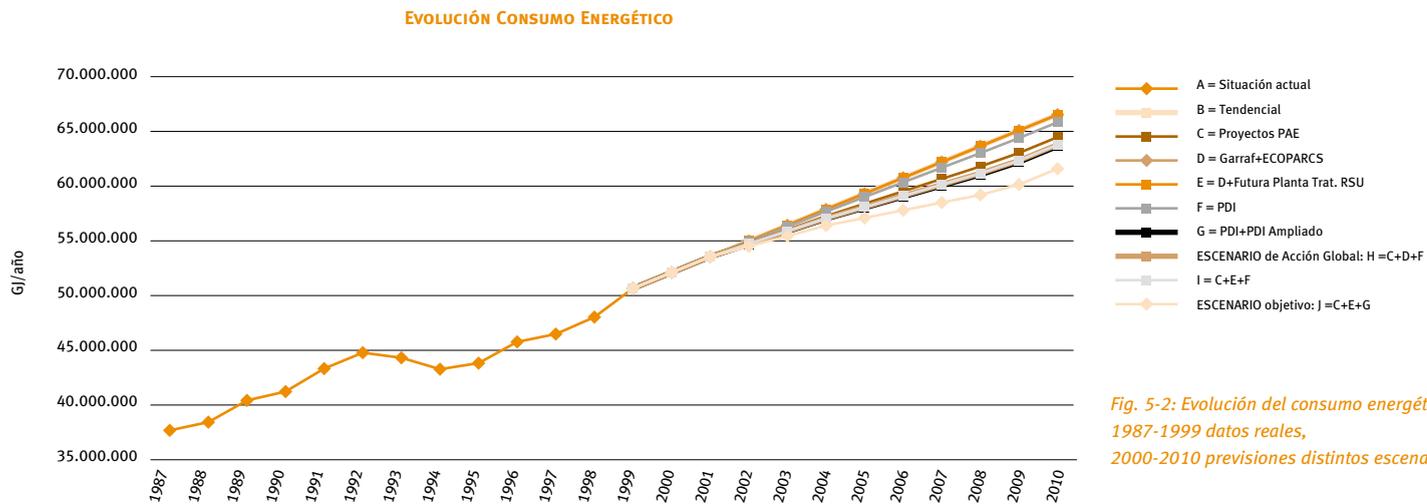


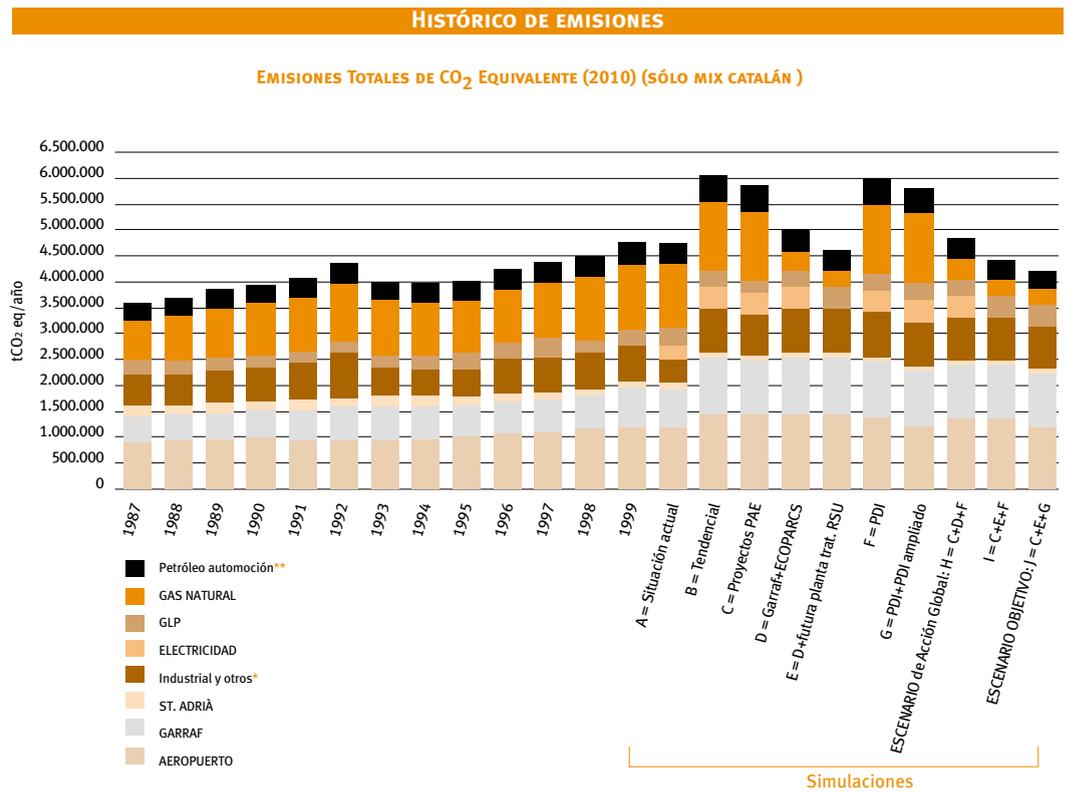
Fig. 5-2: Evolución del consumo energético: 1987-1999 datos reales, 2000-2010 previsiones distintos escenarios.

	INCREMENTO DE CONSUMO ENERGÉTICO 1999-2010	
	TOTAL	MEDIA ANUAL
A = Situación actual	0,00%	0,00%
B = Tendencial	31,33%	2,51%
C = Proyectos PAE	27,27%	2,22%
D = Garraf+ECOPARCS	31,33%	2,51%
E = D+Futura Planta Trat. RSU	31,33%	2,51%
F = PDI	29,96%	2,41%
G = PDI+PDI Ampliado	25,63%	2,10%
ESCENARIO ACCIÓN GLOBAL: H = C+D+F	25,91%	2,12%
I = C+E+F	25,91%	2,12%
ESCENARIO OBJETIVO: J = C+E+G	21,58%	1,79%

Tabla 5-5: Incremento porcentual de consumo energético entre 1999 y 2010.

*Industrial y otros contempla los sectores:
 - Sector industrial
 - Almacenes, fábricas y talleres
 - Zona portuaria
 - Garajes y aparcamientos
 - Salas culturales y de fiesta
 - Hospitales y sanatorios
 - Bibliotecas
 - Edificios de usos singulares
 - otros...
 **Petróleo automoción:
 - Contempla el consumo exclusivamente de gasolina y gasóleo para automoción.

Fig. 5-3 Evolución de emisiones CO₂eq.



% CRECIMIENTO EMISIONES CO ₂ EQUIVALENTE 1999 - 2010		
	t CO ₂ eq/cap	t CO ₂ eq/año
A = Situación actual	3,14	4.732.360
B = Tendencial	3,96	6.030.897
C = Proyectos PAE	3,82	5.817.802
D = Garraf+ECOPARCS	3,27	4.984.192
E = D+futura planta trat. RSU	3,00	4.573.265
F = PDI	3,92	5.965.247
G = PDI+PDI ampliado	3,79	5.774.522
ESCENARIO de Acción Global: H = C+D+F	3,15	4.805.849
I = C+E+F	2,89	4.394.862
ESCENARIO OBJETIVO: J = C+E+G	2,76	4.204.255

Tabla 5-6 Emisiones de CO₂eq según distintos escenarios.

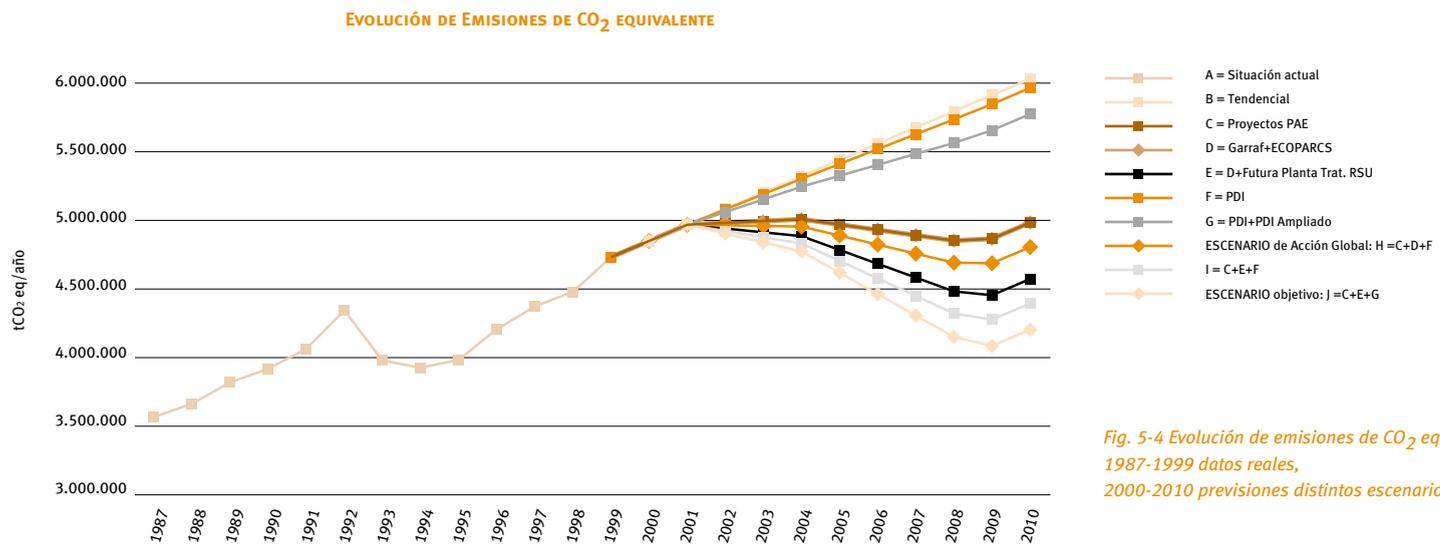


Fig. 5-4 Evolución de emisiones de CO₂ eq: 1987-1999 datos reales, 2000-2010 previsiones distintos escenarios.

	% CRECIMIENTO EMISIONES CO ₂ EQUIVALENTE 1999 - 2010	
	TOTAL	MEDIA ANUAL
A = Situación actual	0,00%	0,00%
B = Tendencial	27,44%	2,23%
C = Proyectos PAE	22,93%	1,89%
D = Garraf+ECOPARCS	5,32%	0,47%
E = D+Futura Planta Trat. RSU	-3,36%	-0,31%
F = PDI	26,05%	2,13%
G = PDI+PDI Ampliado	22,02%	1,83%
ESCENARIO ACCIÓN GLOBAL: H = C+D+F	1,55%	0,14%
I = C+E+F	-7,13%	-0,67%
ESCENARIO OBJETIVO: J = C+E+G	-11,16%	-1,07%

Tabla 5-7 Incremento porcentual de emisiones de CO₂eq entre 1999-2010.

5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Evaluación energética

Tras las simulaciones y el análisis de diferentes escenarios, se ha definido como el escenario de trabajo aquel que considera un crecimiento económico medio de un 2,8%, o un 35,5% de crecimiento acumulado para el periodo 1999-2010, es decir, sin crisis económica. En términos del consumo de energía se ha evaluado el comportamiento tendencial, incorporando cambios tecnológicos comprendidos como “business as usual”; éste lleva a un incremento de consumo de un 31,3% en idéntico periodo. Eso supone un aumento del consumo per cápita de 33,65 GJ/año a 43,67 GJ/año. Con este escenario se llega a una elasticidad de 0,87, superior a la de la década pasada, que fue de 0,78. Recordemos que interesa conseguir una elasticidad pequeña. En este escenario el crecimiento de la ciudad está claramente vinculado al crecimiento del consumo de energía y de la contaminación atmosférica.

El escenario considerado factible (escenario de Acción Global) es lo que buscan las acciones del Plan de Acción (PAE), sumándose el Programa Metropolitano de Gestión de Residuos Municipales y el Plan Director de Infraestructuras, se llega a un incremento del consumo de un 25,9% en el periodo 1999-2010, es decir un consumo de 41,87 GJ/cápita y año. Este escenario da una reducción del consumo energético de un 4,14% o de 2,75 PJ respecto al tendencial 2010 (este ahorro es equivalente al consumo energético de un municipio de aproximadamente 80.000 habitantes). El escenario de Acción Global también induce a una generación eléctrica de 148,7 GWh al año mediante instalaciones de pequeña escala (cogeneración y renovables) distribuidas dentro de Barcelona.

Bajo este escenario se llega a una elasticidad de 0,72, considerablemente inferior a la de la década pasada y aún más a la del escenario tendencial. Este comportamiento de la ciudad como sistema consumidor de energía sería muy deseable ya que lleva a una desvinculación progresiva del crecimiento económico del consumo energético. La intensidad energética final en el año 2010 con este escenario llega a 1184,6 kJ/€ de PIB (en euros constantes en el año 1999), es decir, una reducción de un 8,2% respecto a la media de la década anterior. En términos anuales la intensidad iría reduciéndose un 0,85%. La reducción resultante queda cerca del objetivo europeo de mejora anual de la intensidad energética final, de un 1%; objetivo europeo que se ha planteado para el periodo 1998-2010.

AHORRO DE ENERGÍA POR SECTORES	
Vivienda	3,22% respecto al sector vivienda
Terciario	4,05% respecto al sector terciario
Servicios y edificios municipales	39,19% respecto al sector municipal
Transportes	3,32% respecto al sector transporte
Ahorro medio	4,16% respecto al TOTAL de la ciudad

Tabla 5-8 Escenario de Acción Global: Plan de Acción PAE + PDI + PMGRM, ahorro de energía por sectores respecto al consumo sectorial previsto para el año 2010.

El Plan de Acción (PAE) hace una apuesta seria para aprovechar al máximo el potencial de las energías renovables disponibles en la ciudad. Los dos tipos de energía disponibles son los residuos orgánicos como materia prima para hacer biogás y la energía solar. El Ayuntamiento fue pionero en dar un paso adelante con el aprovechamiento de energía solar térmica; el Plan refuerza la implantación de esta tecnología añadiéndole una fuerte apuesta por la tecnología fotovoltaica.

La previsión del Plan se puede cuantificar en la siguiente aportación de energías renovables:

- la generación eléctrica de 341.800 GJ/año a partir de biogás
- la generación eléctrica de 58.000 GJ/año con tecnología fotovoltaica, con una potencia pico de 14,14 MW. Esta potencia se divide en 11,44 MW en sector oficinas; 1,1 MW en comercios; 0,25 MW en las escuelas y la planta centralizada del Fórum 2004 de 1,35 MW.
- la implantación de 96.300 m² de captadores solares térmicos con una generación térmica de 280.000 GJ/año.

Con estas instalaciones, Barcelona se convertiría en una de las ciudades con más energía solar aprovechada. Del mismo modo, tendría un total de 679.800 GJ/año de fuentes renovables, lo que representa un 1,1% del gasto energético de la ciudad en el año 2010. Los objetivos propuestos por aprovechamiento de energías renovables apuntan en la misma dirección, como el 'Plan de Fomento de las Energías

Renovables en España' promovido por el gobierno español. El Plan estatal prevé para Cataluña unos 539.500 m² de captadores solares térmicos y unos 16,5 MW fotovoltaicos. En el caso de cumplirse al 100% el PAE, al mismo tiempo se llegará a cumplir un 18% del Plan estatal para captadores térmicos y un 95% para la tecnología fotovoltaica.

Dentro del Plan no se ha contemplado la opción de producción de los biocombustibles debido al hecho de tratarse de una opción externa a las fronteras del Plan (Barcelona ciudad) y por lo tanto se trataría de una estrategia o acción externa a las competencias territoriales de éste.

ESCENARIO	CONSUMO TOTAL GJ / año	%INCREMENTO RESPECTO 1999-2010		CONSUMO PER CÁPITA GJ / cáp.año	INTENSIDAD ENERGÉTICA FINAL kJ / €PIB
		TOTAL	MEDIA ANUAL		
A = Situación actual	50.657.178	0,00 %	0,00 %	33,65	1279,5
B = Tendencial	66.531.675	31,33 %	2,51 %	43,67	1236,2
C = Proyectos PAE	64.476.654	27,27 %	2,22 %	42,33	1197,9
D = Garraf+ECOPARCS	66.531.675	31,33 %	2,51 %	43,67	1236,2
E = D+Futura planta trat. RSU	66.531.675	31,33 %	2,51 %	43,67	1236,2
F = PDI	65.836.813	29,96 %	2,41 %	43,22	1209,6
G = PDI+PDI ampliado	63.642.583	25,63 %	2,10 %	41,78	1183,0
ESCENARIO de Acción Global: H = C+D+F	63.783.376	25,91 %	2,12 %	41,87	1184,6
I = C+E+F	63.783.376	25,91 %	2,12 %	41,87	1173,0
ESCENARIO OBJETIVO: J = C+E+G	61.590.208	21,58 %	1,79 %	40,43	1144,7
ESCENARIO TECHO de BCN: Z	54.589.484	7,76 %	0,68 %	35,84	1013,3

Tabla 5-9 Comparación de resultados obtenidos por los diferentes escenarios.

Entre los dos escenarios expuestos –“tendencial” y “de Acción Global”– no se produce un cambio modal significativo de tipo de energía final utilizada. La energía final más utilizada sigue siendo la energía eléctrica, con un 41 a 42% (actualmente un 41%), seguida por el gas canalizado con un 28% (actualmente un 25%) y petróleo con un 28 a 29% (actualmente un 31%); finalmente los GLP se quedan en un 1,6% respecto al 3% actual.

El escenario considerado como “Objetivo” es el que contempla las acciones del Plan, sumándole el Programa Metropolitano de Gestión de Residuos Municipales y añadiéndole un ecoparc más para el tratamiento de residuos (a partir de la finalización del actual Plan de residuos), y el Plan Director de Infraestructuras ampliado. Con este conjunto de hipótesis se llega a un incremento del consumo de energía de un 21,58% en el año 2010; en términos del consumo per cápita equivale a 40,43 GJ/cápita/año. El ahorro de energía respecto al escenario tendencial es de 4,94 PJ. Este es un escenario de máximos dentro de la realidad, que difícilmente se puede alcanzar en su totalidad.

Bajo este escenario se produce un cambio modal de energía final, pero no es demasiado significativo: la electricidad sube a un 44%, el gas canalizado a un 29%, el GLP se queda casi sin variación (1,7%) y el petróleo se reduce hasta un 25%.

Para poder evaluar el significado del Plan en el contexto del estado tecnológico, así como dentro de la realidad de la ciudad, se simuló un escenario de potencial tecnológico o techo tecnológico de los proyectos del

Plan. Éste contempla la aplicación de los mismos proyectos ya propuestos dentro del Plan de acción, pero aplicándole una implantación máxima. Es preciso decir que, en todo momento, para la confección de este escenario (PAE_TECHO), se han hecho hipótesis coherentes y con límites o restricciones lógicas; eso significa que no se ha aplicado simplemente el 100% de implantación para todos los proyectos, ya que se puede acabar elaborando un escenario utópico y contradictorio con las limitaciones físicas. El escenario techo elaborado pasa a ser un escenario realizable físicamente pero con un alto grado de complejidad y con una gran inversión que lo hacen técnicamente posible con una enorme dificultad para su aplicación.

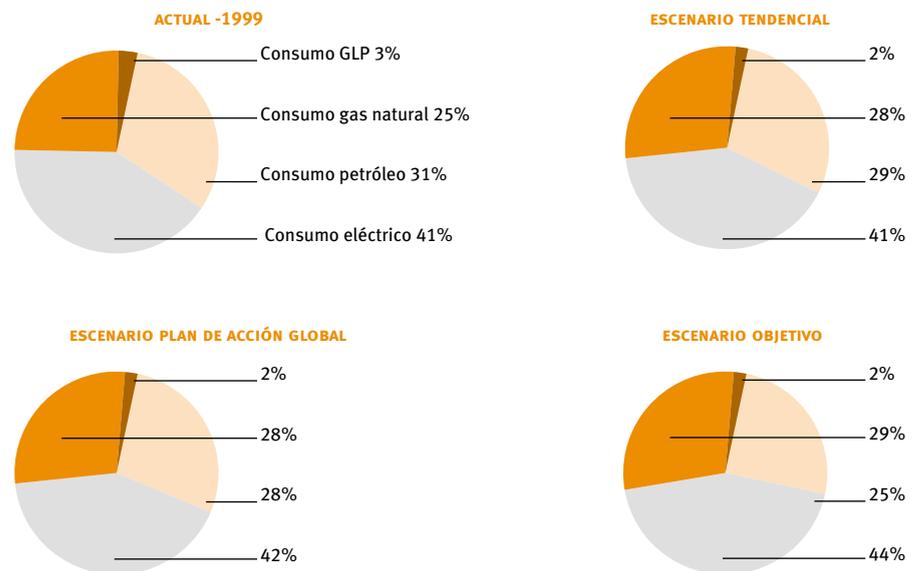


Fig. 5-5 Distribución del consumo de energía final por fuentes de energía para diferentes escenarios.

No obstante, el escenario PAE_TECHO, junto con las hipótesis de transporte (PDI + PDI ampliado) y de residuos (cierre del Garraf + ecoparcs + proyecto de futura instalación de tratamiento de residuos municipales) configuran el escenario “Techo de BCN”, implicando un ahorro energético de 11,94 PJ y situando el consumo per cápita del año 2010 en 35,84 GJ, una cifra ligeramente superior a la situación actual.

	I PAE (ESCENARIO C)	II PAE_TECHO	% I SOBRE II	III ESCENARIO OBJETIVO (ESC. J)	IV ESCENARIO TECHO DE BCN	% III SOBRE IV
Inversión TOTAL [M. €]	667,88	13.443,52	5%	4.050,99		
Ahorro energético [GJ/año]	2.055.021	9.055.745	22,7%	4.941.467	11.942.191	41,4 %
Generación eléctrica [MWh/año]	53.787	114.664	46,9%	171.891	232.768	73,8 %
Reducción de emisiones [t CO ₂ eq/año]	213.095	626.184	34%	1.826.642	2.239.731	81,6 %
TIR [en pesetas constantes]	4,44%	-4,23%				

Tabla 5-10 Comparación entre los resultados de los escenarios techo, escenario objetivo y PAE.

La comparación del escenario PAE con el escenario PAE_TECHO indica que el Plan de acción realiza un 22,7% del ahorro evaluado como lo máximo tecnológico.

Haciendo un análisis del cambio del escenario tendencial y del cambio debido a las actuaciones, en el tipo de fuente energética utilizado por el conjunto de tipologías definidas en este Plan (sin el sector “Otros”); se refleja en la Fig. 5-6, como el escenario tendencial 2010 hace incrementar el peso del consumo de gas natural y electricidad en detrimento de la importancia del consumo de gasolina, GLP y energía solar térmica.

La diferencia existente entre los porcentajes indicados en las figuras Fig. 5-5 y Fig. 5-6 es debido a que en las primeras está contabilizado el consumo de toda la ciudad, mientras que en las segundas sólo se contempla el consumo de las tipologías estudiadas en el Plan (sin el sector “Otros”) lo que implica, sobre todo, un aumento del peso de consumo eléctrico.

El escenario de Acción Global actúa directamente sobre un cambio de fuentes energéticas, reduciéndose nuevamente la proporción de gasolina y aumentando la de solar térmica y climatización (ésta última mediante sistemas de cogeneración y trigeneración). También queda reflejado como en el mix eléctrico de sólo Barcelona, hay una parte mucho más importante de procedencia renovable (mediante energía fotovoltaica y mediante generación eléctrica con biogás producida por los RSU), pasando del 0,01 por mil al 2% en energía eléctrica de origen renovable¹². Es claramente una fuerte apuesta por la eficiencia energética y las energías renovables.

Finalmente el Escenario Objetivo, que contempla una fuerte incidencia sobre el sector de transportes (con el proyecto: PDI Ampliado) y una fuerte apuesta por el tratamiento de la totalidad de los residuos (con el proyecto: Futura planta de RSU) implica una respuesta del conjunto de la ciudad que hace reducir el peso del gasóleo sobre el total de la ciudad; aumentando entonces la importancia de la electricidad y del gas natural (energías más limpias que el gasóleo tanto desde el punto de vista de emisiones primarias como del de gases de efecto invernadero). Al mismo tiempo se incrementa mucho más la proporción de energía eléctrica procedente de energías renovables (del 2% al 2,5%¹²).

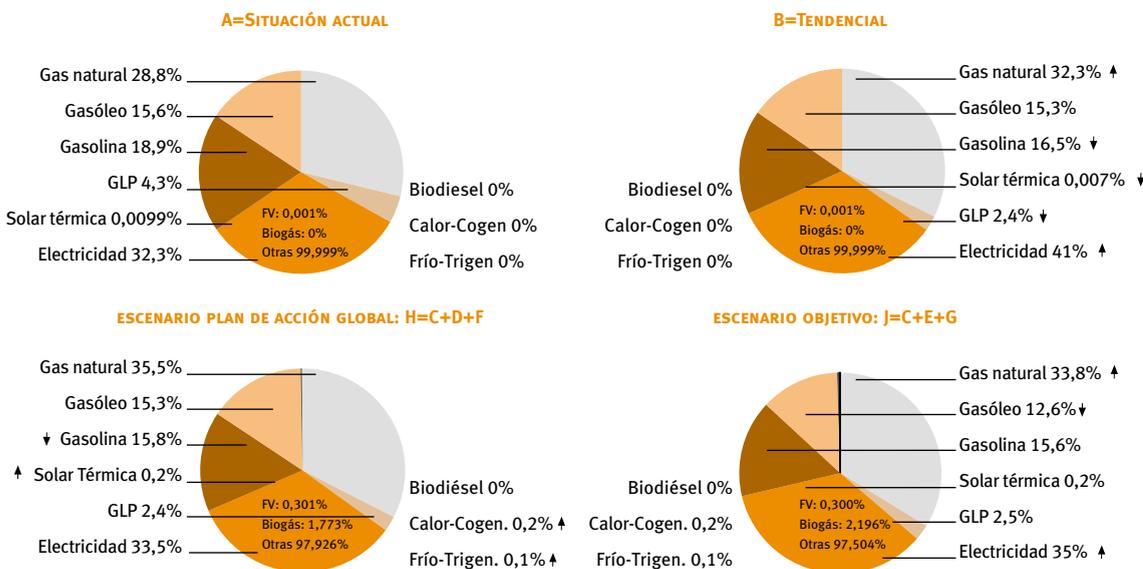


Fig. 5-6 Representación de la importancia de las fuentes energéticas en el consumo de todas las tipologías definidas en el PMEB bajo diferentes escenarios.*

*porcentajes sólo para la generación eléctrica de Barcelona (para detectar mejor los cambios producidos por actuaciones endógenas).

¹²Sólo para la generación eléctrica de Barcelona (para detectar mejor cambios producidos por actuaciones endógenas).

Evaluación medioambiental

Barcelona, según este estudio global de los flujos energéticos y de contaminantes atmosféricos en la ciudad, se muestra como una ciudad con unos índices de consumo y emisiones per cápita inferiores a los de otras ciudades europeas de extensión similar; eso es por una parte positivo, debido a que puede decirse que actualmente Barcelona es una ciudad más limpia y eficiente, pero por otra parte implica que reducir una misma cantidad de emisiones de gases contaminantes supone un esfuerzo mucho mayor que para otras ciudades. En varias ciudades, sobre todo de Alemania, se han hecho esfuerzos en la última década para reducir emisiones de GHG, aun así sus emisiones, en términos absolutos, todavía están muy por encima de las de Barcelona.

La tabla siguiente muestra con cifras este hecho:

CIUDAD	PERIODO	REDUCCIÓN	t CO ₂ eq / cáp
BERLÍN	1990 - 1997	14 %	9,2 ≥ 7,94
HANNOVER	1990 - 1997	5,1 %	11,3 ≥ 10,8
MUNICH	1987 - 1994	5,3 %	6,12 ≥ 5,8
FRANKFURT	1987 - 1995	1,7 %	14,33 ≥ 14,06
LEIPZIG	1990 - 1998	40,5 %	16,2 ≥ 8,95
BARCELONA			3,14 (Mix catalán) 4,43 (Mix español)

Tabla 5-11 Reducción de gases de efecto invernadero otras ciudades.

Se ve claramente en la Tabla 5-11 como las ciudades que son de la antigua RDA tienen mayor facilidad para reducir emisiones contaminantes, debido a la renovación de tecnologías muy antiguas por otras nuevas, hecho que supone un aumento considerable del rendimiento. En las ciudades más desarrolladas tecnológicamente, la mejora ambiental implica efectuar un sobreesfuerzo de actuaciones que en numerosas ocasiones no supondrá el mismo orden de ahorro como en las ciudades con tecnologías más anticuadas.

En la tabla siguiente se muestran resultados comparativos de las emisiones de gases de efecto invernadero, según diferentes escenarios de actuación.

ESCENARIO	EMISIONES t CO ₂ eq / año	%INCREMENTO RESPECTO 1999-2010		EMISIONES PER CÁPITA t CO ₂ eq/cáp.
		TOTAL	MEDIA ANUAL	
A = Situación actual	4.732.360	0,00 %	0,00 %	3,14
B = Tendencial	6.030.897	27,44 %	2,23 %	3,96
C = Proyectos PAE	5.817.802	22,93 %	1,89 %	3,82
D = Garraf+ECOPARCS	4.984.192	5,32 %	0,47 %	3,27
E = D+futura planta trat. RSU	4.573.265	-3,36 %	-0,31 %	3,00
F = PDI	5.955.247	26,05 %	2,13 %	3,92
G = PDI+PDI ampliado	5.774.522	22,02 %	1,83 %	3,79
ESCENARIO de Acción Global: H = C+D+F	4.805.849	1,55 %	0,14 %	3,15
I = C+E+F	4.394.862	-7,13 %	-0,67 %	2,89
ESCENARIO OBJETIVO: J = C+E+G	4.204.255	-11,16 %	-1,07 %	2,76
ESCENARIO TECHO de BCN: Z	3.791.166	-19,89 %	-2,00 %	2,49

Tabla 5-12 Comparación de emisiones de gases de efecto invernadero obtenidos por los diferentes escenarios.

En el escenario tendencial, la emisión de gases de efecto invernadero sube un 27% hasta el 2010 respecto al año de referencia y da unas emisiones de 3,96 toneladas CO₂ eq per cápita y año. En términos absolutos esto es 6,03 millones de toneladas de CO₂ equivalentes al año.

En el escenario considerado como escenario de Acción Global (el escenario de actuación contempla las acciones del Plan, sumándole el Programa Metropolitano de Gestión de Residuos Municipales y el Plan Director de Infraestructuras) las emisiones de gases de efecto invernadero se mantiene en los niveles actuales de 4,8 millones de toneladas de CO₂ equivalente o 3,15 toneladas CO₂ eq/cápita y año. Respecto al escenario tendencial la reducción de emisiones es de un 20,3% respecto al escenario tendencial en el 2010.

En el escenario objetivo, la contaminación atmosférica llega a reducirse un 30,3% (incluyendo la desgasificación del vertedero del Garraf) respecto al tendencial del 2010, resultante en unas 2,76 toneladas CO₂ eq/cápita.

Con la hipótesis de potencial tecnológico, llamada 'TECHO de BCN' se llega a una reducción de emisiones de un 37% respecto al escenario tendencial. En términos de emisión per cápita eso se traduce en 2,49 toneladas CO₂.

Respecto a los compromisos internacionales apoyados por la ciudad de Barcelona (Heidelberg y Klimabündnis), un objetivo tal vez más realista es mantener el bajo nivel de emisiones per cápita o intentar bajar las emisiones de gases de efecto invernadero por debajo de las 3 toneladas CO₂eq/cápita y año. La condición necesaria para llegar a este nivel es seguir implantando instalaciones de adecuado tratamiento de residuos más allá del 2006 cuando se acaba el actual PMGRM. El objetivo de 3 toneladas CO₂ eq/cápita y año sigue siendo muy ambicioso, teniendo en cuenta que irá acompañado de cambios desfavorables en el mix eléctrico, un crecimiento económico, y un significativo aumento en la demanda de movilidad. Alcanzar el listón de 3 toneladas CO₂ eq/cápita y año situaría la ciudad como una metrópolis pionera en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En caso de no actuar, la buena situación de Barcelona puede verse afectada. Es por este motivo que se tienen que impulsar las acciones necesarias para mantener los buenos niveles actuales y mejorarlos en todo lo posible.

Evaluación económica

El coste total del Plan de acción se ha evaluado en 667,88 millones de € (111.125 millones de pesetas). Se considera que un 5,8% podrían ser ayudas de terceros.

Si se consideran sólo los proyectos relacionados, aquellos que tienen como objetivos principales el tratamiento de residuos y la movilidad, pero que tienen un impacto fundamental en los temas de medio ambiente y energéticos, la inversión asociada es de 3.383,12 millones de € (562.903 millones de pesetas).

La inversión total para el escenario de Acción Global: H (Proyectos del Plan, cierre del Garraf y tratamiento de residuos en ecoparcos e implantación del PDI) es de 4.050,99 millones de € (674.028 millones de pesetas).

La rentabilidad global de los proyectos del PAE en términos de la tasa interna de rendimiento –TIR–, considerando pesetas constantes y sólo los efectos de ahorro o nueva generación energética, está en un 4,44%.

Para ver cuál es el beneficio y el coste marginal al incrementar las inversiones, se ha estudiado el escenario de potencial tecnológico llamado "PAE_TECHO", es decir ampliar los objetivos en los proyectos, pasando a ser proyectos de máximos. Como ya se ha dicho, para la realización de este escenario se han hecho hipótesis coherentes y con restricciones lógicas. El escenario techo elaborado pasa a ser un escenario realizable físicamente pero con un alto grado de complejidad y con una inversión enorme que lo hacen ser un hito límite y, a efectos prácticos, imposible de conseguir. Como conclusión general se puede decir que el escenario TECHO demandaría para los proyectos PAE unas inversiones de 13.443,55 millones de € (2.236.819 millones de pesetas) en Barcelona. El TIR sería evidentemente negativo, un -4,23%.

En referencia al escenario escogido (escenario de Acción Global), y en comparación con el escenario PAE_TECHO, realizando una inversión de un 5% del TECHO de los proyectos del Plan, se obtiene un ahorro energético de un 22,7% y una reducción en emisiones de prácticamente un 34% respecto del mismo.

A medida que las inversiones se acercan al techo, se obtienen menos beneficios energéticos y ambientales por unidad de inversión efectuada, eso quiere decir que cada vez es más difícil conseguir resultados rentables, por lo tanto parece razonable proponer un desarrollo de los proyectos hasta los niveles marcados en el PAE.

Se ha hecho una evaluación del coste que supone ahorrar una tonelada de CO₂ equivalente. Los resultados por sector y totales son los de la siguiente tabla:

COSTE DE REDUCCIÓN DE EMISIONES		
SECTOR	PESETAS POR t CO ₂ eq REDUCIDA	€ POR t CO ₂ eq REDUCIDA ¹³
RESIDENCIAL	38.000	228,38
EDIFICIOS E INSTALACIONES PÚBLICAS	75.000	450,76
REDES	36.000	216,36
SERVICIOS Y COMERCIAL	40.000	240,40
OFICINAS	43.000	258,43
TRANSPORTE	180.000	1.081,82
GENERAL	45.000	270,46
SUBTOTAL Proyectos PAE	44.000	264,45
Proy. relacionados – Tratamiento de residuos	3.000	18,30
Proy. relacionados – Transporte	86.000	516,87
SUBTOTAL ESCENARIO de Acción Global	30.000	180,30

Tabla 5-13 Coste en pesetas y euros para ahorrar una tonelada de CO₂ eq

¹³ Se tiene en cuenta para este cálculo la vida útil de los proyectos.

Es relevante como el coste de ahorrar una tonelada de CO₂ equivalente a la atmósfera es relativamente pequeño en el sector del tratamiento de los residuos, comparado con las otras actuaciones, que ahorran emisiones a la atmósfera de un modo más indirecto (mediante el ahorro energético).

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El Plan expuesto en este documento tiene un ámbito de acción limitado al municipio de Barcelona, se ha hecho con un horizonte de 10 años, tiene como referencia las inquietudes expuestas en el *Libro Verde Hacia una Estrategia Europea para Seguridad de Aprovisionamiento* [COM(2000) 769] y se alinea con los objetivos de la CE de llegar hasta un 12% de contribución de energías renovables en el 2010.

El consumo energético y su impacto ambiental es una de las cuestiones más actuales de nuestra sociedad; es por este motivo que en el ámbito internacional se está haciendo un esfuerzo importante para desarrollar nuevas tecnologías y nuevas fuentes de energía. Uno de los objetivos de este Plan es precisamente preparar la ciudad técnicamente y culturalmente para estos cambios tecnológicos así como impulsar las transferencias tecnológicas en todos los ámbitos de actividades económicas.

La capacidad de actuación de los ayuntamientos en el entorno energético viene condicionada por el grado, la calidad y la diversidad de actividades que se desarrollan en su término, también por efectos externos, como pueden ser la evolución tecnológica, la disponibilidad y los costes de fuentes energéticas locales e internacionales, y, de manera muy importante, por los órganos reguladores o instituciones de control del mercado. En el caso de Barcelona, la capacidad de generación con fuentes propias es muy limitada, las competencias de distribución y comercialización se hallan en manos de compañías, y la regulación, básicamente, en otros organismos públicos.

El Ayuntamiento de Barcelona ha elaborado este Plan de Mejora Energética de Barcelona (PMEB), en el que se incluye un Plan de Acción con proyectos: Plan de Acción para el ahorro de energía y la reducción de las emisiones a la atmósfera (PAE), que son un compromiso municipal, y unas recomendaciones a terceros para aquellas actuaciones necesarias que quedan fuera de su competencia. Este PAE da plena cobertura a las posibilidades de actuación municipal para impulsar el modelo de ciudad sostenible, con objetivo de reducir el impacto de contaminación atmosférica y el consumo de energías no renovables a través de:

- Conocer las necesidades y alternativas de actuación
- Comprometerse a actuar, como gran consumidor
- Incidir en la regulación de nuevos elementos que requieran un menor consumo de energía, dentro del marco de las competencias locales
- Promover el transporte público
- Impulsar el ahorro y el consumo de energías renovables, impulsando la mayor capacidad de generación posible de energías renovables en la ciudad.
- Promover la disponibilidad y el uso de tecnologías, equipos, sistemas y servicios más eficientes y de calidad en Barcelona
- Promover un cambio de cultura en el uso de la energía

El PMEB, como herramienta de planificación y seguimiento, tendrá que pasar revisiones periódicas que perfilen las actuaciones, lo pongan al día y lo adapten a los cambios externos que se vayan produciendo, tanto en el sector como en el desarrollo de la ciudad. Como ejemplo se puede comentar uno de los factores externos más importantes a considerar, como es el mix eléctrico. Si consideramos las variaciones de la composición del mix catalán, donde la futura reducción de la aportación de la energía nuclear por otros tipos de fuentes de energías fósiles será predominante con respecto a las renovables, es evidente que tenderán a empeorar las emisiones asociadas imputables al consumo de la ciudad. Si se trabaja con el mix español,

debido al peso inferior del sector nuclear, la situación tendencial en las emisiones imputables al consumo de la ciudad siempre será mejor que en el caso anterior. Estas situaciones no dependen de Barcelona.

Como se ha comentado en el apartado de la diagnosis, se puede considerar que los consumos y las emisiones en Barcelona están en la franja de las ciudades más eficientes. Asimismo, esto indica que los costes tecnológicos, los costes de implantación de servicios y los costes económicos asociados a las mejoras de los factores de emisión serán mayores que en otras ciudades. La implantación de los proyectos previstos en el horizonte de los 10 años vendrá modulada por estos costes, el ahorro que produzca cada medida y las perspectivas de beneficio de mercado, que no se hallan relacionadas sólo con el ahorro; es decir, vendrán relacionadas con el rendimiento económico y medioambiental. En este punto incide de forma muy importante la evolución del coste de la energía y la capacidad del ciudadano de poder elegir de qué tipo de fuentes energéticas le llega el suministro.

Desprendido de simulaciones y análisis de diferentes escenarios, se ha visto que el comportamiento tendencial, suponiendo un crecimiento económico del 2,8% e incorporándole cambios tecnológicos comprendidos como “business as usual” lleva a un incremento del consumo de un 31,3% en el periodo 1999-2010. Eso significa un aumento del consumo per cápita de 33,65 GJ/año a 43,67 GJ/año. En términos de emisiones de gases de efecto invernadero eso representa un incremento de un 27% hasta el 2010, o 3,96 toneladas CO₂ eq/cápita y año.

El escenario que se considera factible de partida (escenario de Acción Global) es el que contempla las acciones del Plan de Acción (PAE), añadiendo las del Programa Metropolitano de Gestión de Residuos Municipales y las previstas en el Plan Director de Infraestructuras. Con estas actuaciones se llega a un incremento del consumo de un 25,9% en el periodo 1999-2010, es decir, a un consumo de 41,87 GJ/cápita y año. La emisión de gases de efecto invernadero se mantiene en los niveles de 3,15 toneladas CO₂ eq/cápita y año. Este escenario da una reducción del consumo energético de un 4,14% respecto al escenario tendencial 2010, y una generación eléctrica de 148,7 GWh al año mediante instalaciones de pequeña escala (cogeneración y renovables) distribuidas dentro de Barcelona, y una reducción de emisiones de un 20,3% en el año 2010 respecto al escenario tendencial. Con este escenario se llega a una elasticidad de 0,72, considerablemente inferior a la de la década pasada y aún más a la del escenario tendencial.

El escenario considerado como objetivo es lo que contemplan las acciones del Plan (PAE), sumándole el Programa Metropolitano de Gestión de Residuos Municipales añadiéndole un ecoparc más –para poder tratar correctamente los incrementos en generación de residuos más allá del 2006– y el Plan Director de Infraestructuras ampliado. Con este conjunto de hipótesis se llega a un incremento del consumo de energía de un 21,58% en el año 2010; en términos del consumo per cápita eso es 40,43 GJ cápita y año. En este escenario las emisiones a la atmósfera llegan a reducirse un 30,3% (incluyendo la desgasificación del vertedero del Garraf) respecto al tendencial del 2010, quedando en unas 2,76 toneladas CO₂eq/cápita y año. Este es un escenario de máximos en lo que hace referencia al transporte. Será difícil de alcanzar en su totalidad, pero es lo que tiene que marcar las tendencias de actuación. El Plan quiere subrayar la importancia ambiental de estas dos actuaciones.

El Plan de Acción hace una apuesta seria para aprovechar al máximo el potencial de energías renovables disponibles en la ciudad. Los dos tipos de energía disponibles son los residuos orgánicos como materia

prima para hacer biogás y la energía solar. El Ayuntamiento fue pionero dando un paso adelante con el aprovechamiento de energía solar térmica. El Plan refuerza la implantación de esta tecnología añadiéndole una fuerte apuesta por la tecnología fotovoltaica.

La previsión del Plan se puede cuantificar en la siguiente aportación de energías renovables:

- la generación eléctrica de 341.800 GJ/año a partir de biogás
- la generación eléctrica de 58.000 GJ/año con tecnología fotovoltaica, con una potencia pico de 14,14 MW
- la implantación de 96.300 m² de captadores solares térmicos con una generación térmica de 280.000 GJ/año

Con estas instalaciones Barcelona se convertiría en una de las ciudades con más energía solar aprovechada.

Los objetivos propuestos por aprovechamiento de energías renovables apuntan en la misma dirección que el “Plan de Fomento de las Energías Renovables en España” promovido por el Gobierno español. El Plan estatal prevé para Cataluña unos 539.500 m² de captadores solares térmicos y unos 16,5 MW fotovoltaicos. En el caso de cumplir al 100% el PAE al mismo tiempo se llegará a cumplir un 18% del Plan estatal para captadores térmicos y un 95% para la tecnología fotovoltaica.

En relación con los compromisos internacionales, un objetivo realista es mantener el bajo nivel de emisiones per cápita o intentar bajar las emisiones de gases de efecto invernadero por debajo de las 3 toneladas CO₂eq/cápita y año. Este objetivo sigue siendo muy ambicioso teniendo en cuenta que irá acompañado de cambios desfavorables en el mix eléctrico y un significativo aumento en la demanda de movilidad. La condición necesaria para llegar a este nivel es seguir implantando instalaciones de adecuado tratamiento de residuos más allá del 2006 cuando se acaba el actual PMGRM. La ciudad se situaría como una metrópolis pionera en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en caso de alcanzar el listón de 3 toneladas CO₂eq/cápita y año.

En el caso de no actuar, la buena situación actual de Barcelona puede verse afectada, es por este motivo que hay que impulsar las acciones necesarias para mantener los buenos niveles actuales, y mejorarlos en la medida de lo posible.

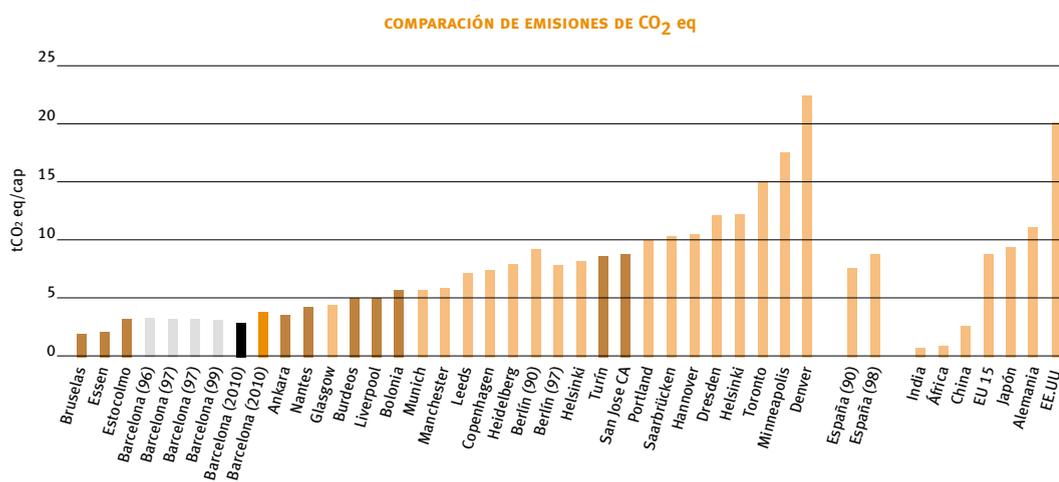


Fig. 6-1 Comparación de emisiones per cápita¹⁴, incluidos los resultados según escenario de acción (negro) y el tendencial (naranja); los valores de 1997 son de diferentes fuentes

¹⁴ Fuente datos: en marrón oscuro (t CO₂/cap): *The urban Audit Handbook*, CE (sólo emisiones electricidad y gas canalizado). Fuente datos en marrón claro ciudades (t CO₂ eq/cápita): *Emission inventory for greenhouse gases in the City of Barcelona, 1987-1996* J.M. Baldasano et al. *Atmospheric Environment*, 33 1999. Datos Barcelona: 96 - Baldasano, idem, 97 - M. Pares et al. Barcelona, *Ecología d'una ciutat*. Datos 1999: *Plan de Mejora Energética de Barcelona [PMEB]*. Datos España COM(2000)749 final. Datos otros países John Byrne, comunicación personal.

Resume

**PLAN FOR ENERGY
IMPROVEMENT
IN BARCELONA**



Ajuntament
de Barcelona

PRESENTATION JOAN CLOS

THE MAYOR OF BARCELONA

Given the recent revolution in technology, energy is one of the few traditional sectors that have gained in importance as a basic resource required for our society to operate effectively. The degree of quality of life is often related to energy consumption, but the way this consumption has been carried out to date has been detrimental to sustainability.

At an international level, the existing energy model and its negative impact on the environment have led state governments and cities to set up various measures by means of agreements such as those of Johannesburg, Kyoto, Aalborg and Rio de Janeiro. Within this sphere of action, and bearing in mind that 75% of the world's energy is used to sustain complex urban organisations, cities and local institutions play a vital role in energy planning and management, as well as the entities closest to those who demand the energy.

Thanks to its compact nature and its type of energy consumption, Barcelona is one of the European cities of its size with the lowest CO2 emission per capita. However, this satisfactory initial position means that, in order to comply with international commitments, relatively more effort is required to reduce the amount of gas emissions into the atmosphere than for other, more polluting cities.

In spite of this, we are convinced that a change in the energy model is fundamental and have demonstrated our concern in the planning of new large urban areas and infrastructures. For example, in the case of the 22@ District we have endeavoured to establish a model of a diverse, compact city, combining renewed economic activity with residential use, as well as applying sustainable urban development. Similarly, we have incorporated the concepts of bio-urban planning and bio-climatic architecture for the Culture Forum zone and the project "Renewable Barcelona 2004", as well as integrating environmental infrastructures into the dynamics of the city and demonstrating our commitment to the use of solar energy and to a design of sustainable mobility.

Within this action framework, the Plan de Mejora Energética de Barcelona (PMEB) or Barcelona Energy Improvement Plan aims to take another step forward by providing and clarifying a whole series of highly significant data for the future development of a city faced with its current consumption trends. For example, thanks to the measures included in the Plan, Barcelona will become the city that takes most advantage of solar energy in the world.

The PMEB - which has been awarded the European Climate Star 2002 - would not have been possible without the involvement and effort of the public administrations, companies and people participating in the project. To all of them, we give our appreciation and resolve to continue working together in order to bring the Plan's lines of action to fruition.

PRESENTATION IMMA MAYOL

FOURTH DEPUTY MAYOR AND COUNCILLOR OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENT

The intensive use of energy deriving from fossil fuels and nuclear sources is one of the characteristic traits of our current society's consumption patterns. Although the great risks involved in the nuclear production of energy are already well known in terms of the damage to the ecosystem, the use of fossil fuels also has significant repercussions for the environment. As well as being a limited resource, their use leads to localised direct pollution with immediate health effects, as well as having a global impact on aggravating the problems caused by climactic change.

A decisive policy is required on the part of public administrations to reverse current trends in energy consumption, a policy oriented towards promoting the use of clean, renewable sources of energy, to achieving efficiency in the production of final energy and to reducing consumption by introducing technological improvements and the practice of conscientious use.

To this end and for some time now, Barcelona City Council has been carrying out specific actions to promote energy savings and reduce atmospheric pollution, some of them with highly positive results, such as the Thermal Solar By-Law. Notwithstanding this, an overall framework is required to visualise energy policies and place them within a plan of action, such as this Plan de Mejora Energética de Barcelona (PMEB) or Barcelona Energy Improvement Plan. Furthermore, the recent creation of the Local Energy Agency Consortium points to a new commitment to energy improvement in the city, this being an essential instrument to ensure the Plan is promoted effectively.

The PMEB has been put forward as a city programme in which, once the current consumption trends have been analysed, the different administrations involved in energy management will acquire a firm commitment to action, at the same time as the need has become evident for the participation of firms that supply energy, as well as the importance of the role energy users must play at both a company and individual citizen level.

This is an innovative plan, emphasising the importance of the mechanisms of citizen information and participation as essential elements for change, and which aims to foment debate among all the relevant sectors in order to achieve a citizen charter for energy.

Almost all the world is concerned about pollution and the effect this has on the environment, but we still need both an individual and group effort in order to contribute actively to reducing the causes of environmental deterioration. And that is what the PMEB aims to do: to apply various measures - a total of 55 projects - ranging from small modifications in energy use to large changes in energy production and distribution systems, all of them important to reach the horizon of 2010 with a more sustainable concept of energy, as well as greater solidarity among all the people inhabiting the planet and with future generations.

PRESENTATION ISABEL MONREAL

GENERAL DIRECTOR, INSTITUTE FOR THE DIVERSIFICATION AND SAVING OF ENERGY (IDAE)

As General Director of the Institute for the Diversification and Saving of Energy (IDAE), it gives me great satisfaction to present this "Barcelona Energy Improvement Plan" (PMEB), on which we have co-operated since its beginning, at the start of the year 2001, when the Municipality and the IDAE signed a co-operation agreement on its creation.

At that time we were laying the bases that will allow this city to advance progressively towards the "sustainable city" model that has been proposed. The Municipality has been committed to the unfolding of this model for some time, with pioneering actions in our country such as its Solar Thermal Ordinance.

Most of the activities that citizens carry out daily in a big city like Barcelona are related to the consumption of energy: transport to their workplaces, the heating of their homes, the household appliances they use, their computers or the lighting of their streets at night.

For this reason the Municipalities, as the public administrations closest to citizens, have a great responsibility in leading municipal actions that increase the awareness of people with respect to the saving of energy, the most energy-efficient technologies and the use of renewable energies.

The challenge that Barcelona is facing is to build the city of tomorrow on the basis of criteria of sustainability, such as those contained in the PMEB. This more sustainable Barcelona of the future cannot be built without the commitment of all to energy efficiency and renewable energies, with each person working within his or her scope of responsibility: in the public administrations, in social organisations or as citizens.

With the translation of this document into Spanish and its dissemination among other Municipalities of our country, the IDAE, as a Corporate Public Entity of the Ministry of Economy, upholds its part of the commitment, promoting and encouraging similar actions.

Lastly, we wish to congratulate the Municipality of Barcelona and the persons who have contributed materially to its achievement, for the result of their work.

CONTENTS

1. Introduction	77
1.1. Energy	77
1.2. The Environment	77
1.3. Cities	77
1.4. Plan for energy improvement in Barcelona [PEIB]	77
2. Diagnosis	78
2.1. The current situation	78
2.2. Historic trends	78
2.3. Sectoral studies	79
2.4. Housing	79
2.5. Tertiary sector	80
2.6. Municipal Services	80
2.7. Networks and public services	81
2.8. Transport	81
2.9. Environmental impact evaluation	82
3. Scenarios	82
3.1. Global demand	82
3.2. City population forecasts	82
3.3. GDP Estimate	82
3.4. Energy intensity	83
3.5. Scenarios for energy demand in Barcelona	83
4. Projects and recommendations	83
4.1. Action Plan: Objectives and Strategies	83
4.2. Action plan strategies	83
4.3. Resume of Projects and Recommendations	83
4.4. Projects and Recommendations	83
5. Project evaluation and their impact	86
5.1. Number of projects	86
5.2. Summary of energy savings, emission reductions and the impact of projects	86
5.3. Evaluation of the proposed measures impact	86
5.4. Results analysis	87
6. Summary and Conclusions	89

1. INTRODUCTION

1.1. ENERGY

Energy has become the lifeblood of modern industrial societies. Welfare and development indicators are often linked to energy consumption, for example per capita energy consumption or luminosity of the territory in the night sky.

Over 80% of the world's primary energy consumption comes from fossil fuels (Key World Energy Statistics, International Energy Agency, 1999). The consumption and transformation of energy from fossil fuels is one of the ways Mankind wreaks most damage on the environment. In addition, the world's reserves of fossil fuels are limited. Estimates of the remaining life of fossil fuels given current consumption and known reserves are as follows: gas 61.9 years, oil 41 years, coal 230 years.

Both Spain and the EU are highly dependent on imports of fossil fuels. Currently, imported fuels, representing 6% of total community imports by value and 1.2% of the EU's GDP¹, satisfy 50% of the EU's energy needs. If present trends continue, 70% of the EU's energy needs will be met from countries outside the community by 2030¹. Spain's energy dependence is even greater, given that 74% of the country's energy needs are already met from abroad (source: IDAE "Prospectiva Energética y CO₂, Escenarios 2010" [Energy Prospects and CO₂, Scenario for 2010] IDAE-2000; based on 1999 data). This energy model threatens future economic development in both the EU and its Member States. Hence the Community's objective to cover 12% of its energy demands through renewable sources by 2010. Evidently, this target cannot be reached unless parallel development of renewable energy installations and energy demand reduction measures are taken.

Worldwide primary consumption of energy over the last decade has risen by 0.9% per annum. Energy demand in Spain has grown considerably recently: electricity demand rose 6% and 7% in 1999 and 2000 respectively, whereas the comparable figures for the increase in natural gas consumption were 12% and 14%.

1.2. THE ENVIRONMENT

Intensive use of energy from fossil fuel and nuclear sources is currently one of the main causes of environmental deterioration and the risks which that entails. Energy use has both a local and a global impact. The local impact covers air and soil pollution, with consequent effects on human health. The global impact involves climate change and the exhaustion of non-renewable resources.

At the moment, Mankind's main environmental concern is the greenhouse effect and the threat of global war-

ming. Global warming results when greenhouse gases (largely produced by burning fossil fuels) are released into the atmosphere. This emission occurs where the energy used requires the burning of fossil fuels, whether directly (final use: transport, heating) or in transformation of primary energy (electricity generation). According to the IDAE, two thirds of Spanish greenhouse gases emissions are produced by energy transformation and consumption (Source: *Prospectiva Energética y CO₂, Escenarios 2010*¹, IDAE, 2000).

The combustion of fossil fuels is not the only source of greenhouse gases – there are others such as methane (produced by anaerobic digestion of organic waste). However, some industrial processes represent the very important sources of such gases.

Concern global planetary warming and the risks of possible climate change have led State governments and city councils to plan ways of reducing emissions of greenhouse gases. This is the reason for a series of international initiatives which have led to environmental protocols and agreements (Kyoto, Aalborg, etc.) aimed at reducing greenhouse gas emissions.

Different kinds of measures need to be taken to reduce gas emissions:

- Fostering the use of renewable and/or clean energy sources
- Greater overall energy efficiency
- Energy saving in final energy consumption based on technological improvements
- Responsible energy use by end consumers

1.3. CITIES

Contemporary society is increasingly based on urban settlements, which in turn consume vast amounts of energy. According to estimates made by experts in the field, 75% of the world's energy use goes to maintaining cities' complex organisation.

Cities can be considered as ecosystems. Understanding an ecosystem involves comprehending its internal flows, interrelationships and processes. Thus the flow of energy, materials and information all determine a city's relationship with its surroundings and the environment. This knowledge is vital if one is to grasp the nature of the beast.

In this context, it is worth noting the City Council's three functions in this field: (1) on matters concerning consumption (acting as a consumer, manager, efficiency booster, urban development regulator and defender of the interests of other consumers); (2) as a party implicated in regulating the quality of services; and (3) as a promoter of new initiatives – particularly those concerning

renewable energy sources (including urban waste treatment). In addition to these three functions, the City Council also exercises local legislative powers, although these are necessarily conditioned by the powers enjoyed by higher tiers of government.

1.4. PLAN FOR ENERGY IMPROVEMENT IN BARCELONA [PEIB]

The city council of Barcelona, to stimulate the knowledge and management between the activities of the city that have environmental impact, charged to Barcelona Regional the development of a Plan for energy improvement in Barcelona [PEIB].

Concern for the environment in Barcelona has led to growing interest in limiting the environmental impact of energy consumption. This interest has manifested itself in various proposals for and agreements on improvements in energy efficiency and the introduction of renewable energy sources. Barcelona is therefore committed to fostering the use of clean, renewable energy sources.

The Energy Plan has the following objectives:

- Reduction in atmospheric emissions.
- Reduction in the consumption of non-renewable energy.

These objectives are conditioned by cultural and technological factors. The strategy for attaining these objectives is to:

- Increase the consumption of clean energy.
- Increase the use of renewable energy sources.
- Reduce energy consumption whilst maintaining goods production, welfare and mobility.

The PEIB is the first approximation to the structured knowledge of energetic sector in the city of Barcelona. It is a tool that can be upgraded with new information and knowledge in order to help in decision making processes, and to upgrade the Plan in the future.

The PEIB covers an analysis of the present situation, as well as the measures to be undertaken in the future. In the analysis of the present situation, containing state of the art of the energy sector, global energy flows and studies by sectors, forecast of the future energy demand based on the trends, as well as the final diagnosis. This part is called: Base Analysis and diagnosis of the Energy flows in Barcelona [BAEB]. Furthermore, within the PEIB, there are the: Action Plan for Energy saving and emissions reduction [APE], with some objectives and strategies for develop Actuacions Programs with projects and specific actions, and an analysis of this in the future scenarios.

The PEIB is intended to pave the way for a series of project programmes covering energy, economic and envi-

¹ According to estimates in the: Green Paper, Towards a European strategy for the security of energy supply [COM (2000) 769]

ronmental matters, an Action Plan [APE]. This puts forward practical guidelines which are expressed through various planning instruments: planning regulations, internal City Council initiatives, direct investments (some schemes are already up and running), campaigns fostering private initiatives, co-operation with energy providers, etc., Many of these measures will be put into effect once the PEIB receives final approval. The Action Plan has provided an invaluable source of information regarding qualitative and quantitative aspects of Barcelona's energy system [BAEB]. This has been possible thanks to the development of powerful planning tools. One such tool is GIS [Geographic Information System], which makes it possible to model and contrast consumption behaviour and estimate the impact and efficiency of implementing the Plan proposals.

The PEIB also can be the base for new and futures Action Plans, like the: Action Plan for Infrastructures and Electricity quality improvement [APIE] (actually in development) or other futures actions plans in the city.

Fig 1-1 PEIB structure, links and information fluxes [p18]

2. DIAGNOSIS

2.1. THE CURRENT SITUATION

The study covers the whole Barcelona Municipality. Each sector is dealt with in detail and 1999 has been taken as the benchmark year. The residential, tertiary, transport and municipal consumption sectors have been studied separately and also analysed in terms of their combined impact. Municipal solid waste has also been studied given that it gives rise to considerable GHG emission but could also provide a valuable source of energy if the right treatment processes are adopted.

The total consumption of final energy in Barcelona-1999 (reference year) was 50.78 PJ². This is equivalent to the share of 40.5% or 20.542 PJ of electricity, 31.5% or 15.97 PJ of oil equivalent, 25,2% or 12.777 PJ of piped gas and 2.9% or 1.484 PJ of liquid petroleum gas.

Fig 2-1 Share of final energy consumption, by energy sources, 1999. Total consumption: 50.78 PJ [p21]

In terms of primary energy sources and bearing in mind the efficiency of energy conversion and distribution processes, this is the equivalent of 92.5 PJ (calculation based on the Catalan power generation mix – the comparable figure for Spain is 89.9 PJ) of which 64% is used to generate 20.54 PJ of electricity. From the above figures, one obtains an overall energy efficiency figure of 54.8%. This relatively low figure is due to the fact that electricity represents a high percentage of final consumption. The high percentage of energy consumption in form of electricity is the result of a process of de-industrialisation in the Barcelona municipality and the growing importance of tertiary sectors in the city's economy.

With regard to sectoral distribution, 37% of energy consumption is accounted for by industry and tertiary sectors, 33% by transport and 30% by domestic use. Breaking down the transport figure reveals that just 9.6% is accounted for by public transport, approximately 30% by road freight (delivery vans and lorries) and 60% by cars and motorbikes/scooters. Transport accounts for the lion's share of the consumption of liquid fuels, while boilers and industrial processes account for just a small part of the total. Of the liquid fuel used for transport, roughly 54% is petrol and 46% diesel.

Fig. 2-2 Share of final energy consumption by sectors. Total consumption: 50.78 PJ [p21]

The largest source of primary energy in Barcelona after taking into account Catalonia's electricity generation mix, is nuclear energy (49%). The second source is natural gas (23%), followed by liquid fuels (18%). Hydroelectric power

(only large schemes of >10MW have been included) accounts for 4% of total energy. Coal represents just 1% of all primary energy. Renewable energy sources (other than hydro-electric power) represent 1% of the total (or 5% if hydro-electric power is included). This compares with 6.3% for renewable energy sources including hydroelectric power (4% without) in Spain. The EU set a target whereby renewable energy sources would contribute 12% of overall demand the year 2010. However, the contribution of renewable energy is declining in relative terms. This is because growth in energy consumption is outstripping the introduction of these new sources.

Fig 2-3 Share of primary energy consumption, by energy sources, 1999. Total consumption: 92.5 PJ [p22]

Placing Barcelona's energy consumption in wider contexts (i.e. Catalonia, Spain and the EU), Barcelona accounts for 25% of Catalonia's population, contributes 33% of the region's GDP and 9.7% of energy consumed. The relationship between GDP and energy consumption is similar if we consider Barcelona in the context of Spain. These data reveal that Barcelona has an economy which is highly tertiary (high GDP, low energy consumption) and that the City possesses an efficient energy system.

In table 2-1 key figures for Barcelona in the context of Catalonia, Spain and the EU are shown. [see table 2-1, p22]

Barcelona's electricity consumption represents 15.5% of total consumption in Catalonia and 3.1% of the figure for Spain. Barcelona's gas consumption represents 2.77% of the total figure for Spain.

Comparison of the city's per capita energy consumption with other cities in the Metropolitan Region and foreign cities of a similar size³ reveals that Barcelona is one of the most energy-efficient.

Table 2-2 Per capita energy use in cities in the Barcelona Metropolitan Region³. [p23]

2.2. HISTORIC TRENDS

Historic energy consumption trends in Barcelona follow economic ones. Total energy consumption over the last ten years (1990 – 1999) has increased by 23.11%, or an average of 2.1% per annum. There was a growth spurt in energy consumption between 1995 and 1999 (an average of 2.94% per annum). Total per capita energy consumption in 1999 was 33.65 GJ whereas the comparable figure for 1990 was 25 GJ. Per capita energy consumption rose by 37.5% during the 1990s.

² Total consumption carried out in the city without taking into account energy consumption outside of the city for production and transport of commodities and goods used in the city

³ Source: "Sistema Municipal d'Indicadors de Sostenibilitat" [municipal sustainable development indicators], Xarxa de ciutats i pobles cap a la sostenibilitat. Diputació de Barcelona. Data for Hospitalet de Llobregat, Manresa, Mataró, Terrassa Rubí and Vilanova i la Geltrú

The ratio of energy use vs. GDP⁴ in Barcelona worked out around 1279.5 KJ/€ at 1999 values. A positive feature is that this ratio shows a slight falling trend. The elasticity⁵ of average total energy consumption in Barcelona between 1991 and 1999 was 0.78 and 0.98 for the period 1995-1999. The elasticity of electricity consumption between 1991 and 1999 was 0.89 (i.e. higher than the overall figure).

Total energy consumption and consumption of electricity and gas grew to 1992, dipped and then rose again from 1995 onwards.

Table 2-3 Growth in energy consumption in Barcelona [p23]

Fig 2-4 historic trend of final energy consumption in Barcelona [p23]

Figure 2-5 shows trends in the consumption of electricity, oil derivatives and natural gas. The three types of energy show similar trends. Energy consumption between 1993 and 1995 was clearly linked to the state of the economy but petrol and diesel consumption was also affected by the building of city ring roads.

Figure 2-5 Energy consumption trends in Barcelona (electricity, GLP and natural gas) [p24]

2.3. SECTORAL STUDIES

The sectoral studies included in this Plan cover 74% of the city's buildings. Although other features of the built environment (i.e. factories, warehouses, car parks and miscellaneous minor uses) have not been studied in depth, they have been taken into account in the city's overall energy consumption. Intensive use of the Geographic Information System (GIS) has been made in analysing energy consumption in buildings. This tool is invaluable for making calculations, analysing data and simulating system behaviour. The sectors studied were: housing; tertiary activities; municipal services; public networks and services; transport; waste.

2.4. HOUSING

The city's buildings were classified in terms of their energy consumption as a preliminary step to drawing up potential energy-saving measures. The climatic response of buildings is affected by both urban and building layout, as well as the construction systems employed. These factors were used to draw up a classification of building energy consumption characteristics. A dynamic computer simulation was then carried out to study the specific energy consumption features of given types of buildings. The study took into account the most common use to which the buildings were put.

⁴Final energy intensity = final energy consumption / GDP in constant value € (1999)

⁵Elasticity = Δ energy consumption / Δ GDP

The following conclusions can be drawn regarding energy demand⁶:

- Energy demand for heating most of Barcelona's dwellings (83.39%) lies between 31.3 and 36.8 kWh/m² and year.
- Heating demand in buildings in Barcelona's old centre is around 50 kWh/m² and year.
- Energy demand for heating purposes is lower in new buildings (13.9 kWh/m² and year).
- Energy demand for air-conditioning in residential dwellings is currently considerably lower than for heating. Average values for all dwellings other than new build lie between 6.0 and 10.5 kWh/m² and year.
- The demand for air-conditioning in new dwellings stands higher (at 20.3 kWh/m² and year) than is the case in older dwellings. Furthermore, the former consume more energy for air conditioning than for heating.

The following conclusions can be drawn regarding energy consumption⁷:

- Electricity consumption in dwellings lies above 15 kW-h/m² and year. Modern dwellings (built after the introduction of thermal norms) show markedly higher electricity consumption exceeding 33 kW-h/m² and year.
- Solar energy only makes an appreciable contribution in new dwellings affected by Barcelona City Council's Solar Energy bylaw. Even so, useable solar energy contributes 17% of total energy consumption in new buildings, or 30% if only thermal uses are taken into account (heating/air-conditioning).
- Natural Gas is installed in most of Barcelona's dwellings (59%). This is true of all dwelling types with the exception of the buildings in the city's Mediaeval centre.
- The use of other energy sources (mainly fossil fuels) is uncommon and is only found in the oldest dwellings.

Figure 2-6: Energy consumption by source and use. Residential dwellings [p25]

Briefly summarising the situation, one can say that Natural Gas and Electricity represent the two main sources of domestic energy, while LPG (propane and butane) still accounts for a significant share (although both propane and butane are on the wane and confined to older buildings). The contribution of other types of energy such as heating oil or renewable sources to Barcelona's domestic consumption is negligible.

⁶Energy demand is the energy required to provide reasonable comfort in a building (this does not take into account human behaviour but simply focuses on architectural considerations (construction materials, building type, dwelling orientation, etc.)

⁷Energy consumption, unlike energy demand, is affected by human behaviour and the performance of apparatus installed in a dwelling.

Analysing the use to which consumed energy is put, one can say that about 30% is used for heating, as well as for domestic hot water and other household appliances. Energy used for lighting was evaluated separately from that used by household appliances and represents 8% of total consumption. Air-conditioning makes up a small percentage of consumption, given that few dwellings have it installed.

Comments on new dwellings and housing stock.

Industrial construction methods are increasingly employed in new dwellings. However, the house-building industry tends to be very conservative and is loathe to make radical changes based on unproven ideas. Better building skin materials could be used, employing ceramic and non-ceramic components, standardised composite metal panels, light concrete panels reinforced with glass fibre, or conventional reinforced concrete panels, etc. Double-glazed windows are frequently fitted.

The rate of city development indicates some 3.9 million m² of dwelling floor area will be built up to 2010. This represents about 5% of the existing housing stock. There is considerable scope for saving energy by intelligent use of building and planning regulations. Stricter bylaws on the thermal characteristics of buildings could produce a saving of over 100,000 GJ a year.

The heat transfer coefficient U of many building façades fails to meet regulatory standards. This is due to the presence of heat bridges (usually pillars) linking façades and interiors. Simple, cheap measures can be taken to prevent such heat bridges, reducing thermal conductivity from K 1.3-1.4 W/m²·K to below 0.8 W/m²·K. A figure of K=0.8 W/m²·K should be the maximum permitted for the walled parts of new building façades. Although current building trends are better than ones of the past, there is still a great deal of room for improvement, as this study makes clear.

Under the present regulations, the maximum U value for windows and doors is 5.8 W/m²·K. The widespread use of double-glazing makes this standard outdated. Accordingly, the maximum thermal conductivity coefficient should be revised downwards to around K=3.5 W/m²·K.

The maximum permitted U value for roofs (currently set at U=0.46 W/m²·K) seems reasonable.

As we have seen, the demand for air-conditioning in new dwellings is not only higher than in existing housing stock but is actually greater than for heating. Air-conditioning in dwellings is not yet standard, but it is becoming increasingly common. This potential growth in electricity consumption should be avoided. Systems for sha-

heating purposes. Proper maintenance of boilers would produce substantial energy savings.

Street lighting makes up the highest proportion of final energy consumption (electricity + gas) by far (43%). Public schools account for 20% of final energy consumption. Sports centres use up 7% of the total. Traffic lights, offices, and social/cultural centres each use up 7% of the final energy consumed by local administration. The above breakdown was obtained from Barcelona City Council databases for 1999. These covered 150,370 points for road lighting and floodlighting, with a total power rating of 26,580 kW. A study of the lightning network reveals that 31,789 points would be changed.

Energy efficiency programmes need to be pursued with regard to municipal consumption and installations. These include: installing LED traffic lights; using high efficiency lamps for street lighting; and employing centralised management programmes to achieve greater efficiency and compliance with standards.

There is considerable potential for savings through renewal of installations and management based on Energy Performance Contracts. Contracting an energy services company would help reduce both energy consumption and bills.

2.7. NETWORKS AND PUBLIC SERVICES

Electricity, gas and District heating/cooling networks (DHC) need to be both complementary and compatible if a reliable energy-efficient system is to be obtained.

The natural gas network covers most of Barcelona. Network should continue covering new areas of the city. This trend should be accentuated by the provision of new services which include: DHC, CHP, and other related with high-tech companies activities.

DHC systems represent an opportunity for providing better, more efficient services for District 22@³ and the Universal Forum of Cultures 2004. These services could later be extended to areas of high energy demand such as Sagrera, the Free Port, and the future area of law courts and related facilities. Solar-based electricity generation (PV) needs to be fostered at the Universal Forum of Cultures 2004 and then applied throughout the rest of the city.

Study of the city's electricity network and forecast demand reveals various shortcomings in the existing system and their attendant risks.

Quality standards need to be set for Barcelona's power supply. Information on compliance with these standards

needs to be both exhaustive and regular. The current power network is patchy. Some neighbourhoods are reasonably well-served while others receive a poor service. This is why quality indicators need to be applied to smaller geographical units (rather than simply aggregating electricity provision on a municipal scale). The units adopted might be districts or grid areas of comparable size to ensure that standards were met across the board. The number of micro power cuts is yet another point which needs addressing. One should also note that the number of grid breakdowns in Barcelona (11 per 100 km of grid) is 1.57 times the one reached by UNESA² (7 per 100 km). The proportion of grid breakdowns in Barcelona should not exceed the UNESA average.

Rational planning of the electricity grid is urgently required to improve the city's power supply, cut transmission losses and reduce environmental impact. This planning should involve the power supply companies and Barcelona City Council (both of which have responsibilities in this field) as well as external bodies and consultants. The objective is to draw up a proper infrastructure plan for power provision and distribution in the city.

The Plan should include the following (listed in order of priorities):

- Improvements in Barcelona's medium and low voltage distribution network.
- Improvements to the High Voltage network.
- Establishing quality standards and indicators for service provision (TIEPI¹⁰, micro-cuts, TIEU¹¹) and effective monitoring mechanisms.
- Setting up an integrated power management and planning system.

The work should be based on the existing state of the network and demand forecasts. Comprehensive information on electricity consumption and loads is required, as is reliable data on network capacity and the true state of the grid. Realistic forecasts of demand will also be needed. The data supplied must provide a proper breakdown of these figures on both a geographic and a sectoral basis. Strategies need to be drawn up to ensure the requisite measures are taken and investments made (to be detailed in the Plan): the creation of new infrastructure; upgrading and extension of existing infrastructure; and any changes required to the same.

The medium-term network strategy should facilitate the connection of micro-generation systems to any point in the grid.

2.8. TRANSPORT

This study reveals that transport is one of the largest energy users and polluters. In this context, public transport is both energy efficient and environmentally friendly. Public transport consumes 8.9% of total energy used for transport yet accounts for 48% of all journeys. Private cars, motorbikes, trucks and vans account for 91.1% of energy used for transport purposes and account for 51.9% of journeys (without commodity transport –only private cars and motorbikes– account for 60.5% of total energy used in transport). The underground is the most efficient form of transport in Barcelona, employing 3.86% of energy and making up 21.7% of journeys. Public transport use needs to be determinedly promoted and more space should be given over to pedestrians and cyclists and less to motorists. Public transport should incorporate new technologies and systems (e.g. energy-saving braking on underground trains and natural gas-powered buses).

Private vehicles: private cars, motorbikes, scooters, trucks and vans; represent an inefficient use of energy, made worse by the fact that vehicle occupation averages just 1.1 passengers per car. Furthermore, private vehicles are responsible for 92% of NOx emissions, 99% of CO, 98% of VOC and 95% of CO₂ in the area inside Barcelona's ring roads. Energy saving policies and transport planning and management need to take this enormous environmental cost into account.

In order to promote the introduction of new technologies, users/owners of private vehicles employing clean technologies (compressed air, hybrid vehicles, electric and fuel cell vehicles) should enjoy special advantages, such as: use of bus lanes, free parking or tax breaks. New technology and management systems should play a big role in facilitating the distribution of goods and reducing environmental and traffic impacts. In this context, it should be noted that Barcelona is increasingly becoming an inter-modal freight centre (particularly in the Port and Free Port areas).

The estimate of energy saving arising from Infrastructure Plan for transport measures was based on the following assumptions: 33,971,280 journey per annum by public transport between 2001 and 2005 and an average journey distance of 6.5 kilometres. This is equivalent to 220.8 Mvkm which, taking the figures for 2005, would represent 17,090,951 litres of petrol and 3,011,629 litres of diesel. The energy equivalent of this fuel is 683,732 GJ or 6.8% of private vehicle fuel consumption. These figures do not take inter-modal transport into account. Measures for the period 2005-2010 would result in public transport absorbing 25,039,840 journeys

³ Spanish association of electric industry

¹⁰ In Spanish: Service interruption of installed power

¹¹ In Spanish: Equivalent service interruption of installed power by consumer

⁸ District in process of deep transformation foreseen to be high-tech activity site

a year which, based on the same average journey distance and consumption figures for 2010, would represent 11,323,597 litres of petrol and 2,140,215 litres of diesel (i.e. 458,279 GJ).

The annual energy saving in the first period would be some 532,748 GJ (2005 figure). A further annual energy saving of 294,953 GJ (2010 figure) would be obtained in the second period. Total annual energy savings in 2010 would therefore be the sum of these two figures, i.e. 827,701 GJ.

The energy savings are shown in table 2-4.

Table 2-4 Annual energy savings (in GJ) arising from Infrastructure Plan measures [p32]

2.9. ENVIRONMENTAL IMPACT EVALUATION

Evaluation of the Plan's impact has been limited to atmospheric emissions. This is the most relevant impact given that most energy use is associated with combustion of fossil fuels. The environmental consequences of using nuclear fuels have not been analysed here. This is because there is no clear methodology for comparing the effects of using fossil fuels (the greenhouse effect, and local/primary Contamination gases) with the risks associated with nuclear power and wastes.

Given that the city's main source of energy is nuclear, followed by natural gas (the least polluting of fossil fuels), it is not surprising that Barcelona produces relatively low emissions of greenhouse gases. The production of radioactive wastes and the risks of a nuclear accident are the other side of the coin and should be borne in mind. Coal has almost disappeared from the scene and the other liquid fuels are little used. There is little scope for reducing global emissions of greenhouse gases and pollutants by substituting traditional energy sources. The strategy therefore has to focus on fostering the use of renewable sources and reducing consumption through improved energy efficiency.

The emission of greenhouse gases arising from energy use and waste treatment in 1999 was equivalent to 4,732,360 metric tonnes of CO₂. This is equivalent to 3.14 tonnes of CO₂ per capita, given the Catalan electricity generation mix or 4.4 tonnes of CO₂ equivalent employing the Spanish mix. Barcelona has one of the lowest emissions per capita among European cities (and in the West in general). These low emissions of CO₂ equivalent are explained by: a mild climate; an electricity generation mix which uses a relatively low proportion of fossil fuels; a very compact densely populated city and concentrated functions; and the widespread use of natural gas.

Fig 2-8 Emissions of CO₂ equivalent per capita¹¹, the figures for 1997 are from different sources [p33]

Fig 2-9 Trends in emission of greenhouse gases in Barcelona (based on the Catalan electricity generation mix) [p33]

Fig 2-10 Trends in emission of greenhouse gases expressed in per capita terms [p34]

The breakdown of greenhouse gases (GHG) by sector leads one to the conclusion that 26% of these come from the Garraf USW Disposal, 25% from transport, 19% from housing, 8% from the tertiary sector, and 7% from USW treated at the St. Adrià energy recovery plant. The remaining 15% comes from other activities (such as industry) which are not examined here.

In terms of primary emissions (NO_x, SO₂, N₂O, CH₄, CO, VOC, PST), transport is by far and away the biggest source of these pollutants (88% of the total). It is followed by housing (7%) and tertiary activities (5%). Waste treatment currently provides the greatest potential for reducing greenhouse gases. Reduction of primary air emissions will have to focus on the transport sector.

Barcelona's satisfactory position in terms of CO₂ per capita means reduction of gas emissions will represent a greater effort than for other cities – see Table 5-9. However, it is also true that Barcelona needs to take decisive action if it is to retain its place in the ranking.

After analysing the current state of affairs, one should consider to what extent Barcelona needs to change its aims in the light of the Heidelberg and Klimabundnis accords, as described in Chapter 6.

Trends over the last five years indicate an increase in the greenhouse effect and rising use of fossil fuels as a result of the city's intensive development. Reversing this trend without endangering economic development means taking corrective measures. This is precisely the focus adopted in the projects of this Action Plan for energy saving and emissions reductions [APE], included in PEIB and a consequence of this.

¹¹Data source: in brown (t CO₂/capita): "The Urban Audit Handbook", CE (only emissions from electricity and natural gas). Data source for cities marked in orange (t CO₂ equiv./capita): "Emission inventory for greenhouse gases in the City of Barcelona, 1987-1996" J.M. Baldasano et al. Atmospheric Environment, 33 1999. Data of Barcelona: 96 - Baldasano, idem, 97 - M. Pares et al. Barcelona, Ecologia d'una Ciutat. Data source 1999: Plan for Energy Improvement in Barcelona [PEIB]

3. SCENARIOS

Scenarios describe likely or desirable future situations. The Plan [PEIB] covers the period 2001 to 2010 while the scenario put forward here is for the year 2010.

3.1. GLOBAL DEMAND

Forecast global energy demand is one of the main factors which need to be taken into consideration. This has been calculated by extrapolating present trends and taking into account macro-economic parameters such as GDP and their relationship with energy consumption (i.e. the intensity of energy use). This forecast needs to consider the impact of new technologies as a new differentiating factor (business as usual) in the growth of energy consumption as well as other factors such as greater demand for air conditioning for tertiary and residential uses. While demand in some sectors is highly elastic, others such as the transport, industrial and even the tertiary sector are much less sensitive to changes in energy prices. Energy prices have been taken as constant in forecasting future energy demand given that the City Council is powerless to influence them.

3.2. CITY POPULATION FORECASTS

Different population scenarios have been drawn up in order to arrive at a population figure for 2010. The results for the years 2005 and 2010 are shown in table 3-1.

Table 3-1 Population forecasts for Barcelona [p37]

Simulations and forecasts are based on the high scenario, although it should be noted that this does not differ greatly from either the trend-based or intermediate scenarios.

3.3. GDP ESTIMATE

Scenarios for GDP growth consider various possibilities regarding economic development. The scenarios here are those contained in the study "European Union Energy Outlook to 2020". The publication contains four socio-political scenarios reflecting different social, economic and political trends:

- Conventional Wisdom – CW – The world will follow present trends.
- Battlefield – BF – The world will return to isolationism, political blocks and protectionism.
- Hypermarket – HM – The world will be dominated by free market forces and laissez-faire.
- Forum – FO – The world will increasingly be based on consensus and international co-operation.

These scenarios imply hypotheses concerning economic growth. In Spain's case, these are as shown in table 3-2.

Table 3-2 Type of growth according to EC scenario [p38]

4. PROJECTS AND RECOMMENDATIONS

It should be noted that the same figures were accepted for Catalonia in recent studies conducted by ICAEN [Catalan Energy Institute] for the Energy Plan for Catalonia 2001 – 2010. Forecasts by INE [Spanish Statistics Institute] and the Ministry for the Economy for 2001-2004 are all based on the high growth scenario.

3.4. ENERGY INTENSITY

Energy intensity¹³ is a macro indicator of energy efficiency. It expresses the relationship between energy consumption and GDP. Three scenarios have been considered with regard to energy intensity:

- Trend-based – energy intensity will average a 0.41% improvement per annum, totalling 4% for the period 2001-2010.
- Inefficient – energy intensity will worsen by 0.27% per annum, totalling 2% during the period 2001-2010.
- Efficient – energy intensity will improve by 1.46% per annum, totalling 15% over the whole period.

The relationship between changes in energy consumption with regard to changes in GDP is termed elasticity¹⁴. The elasticity of average total energy consumption in Spain between 1985 and 1998 was 1.21 whereas the figure for Barcelona between 1991 and 1999 was 0.78 and 0.98 for the period 1995-1999. The elasticity of electricity consumption between 1991 and 1999 was 0.89.

3.5. SCENARIOS FOR ENERGY DEMAND IN BARCELONA

The scenarios shown in table 3-3 for energy demand in the Barcelona municipality were obtained by combining scenarios for changes in energy intensity and in GDP:

Table 3-3 Forecast growth in energy consumption (with respect to base year 1999) under different scenarios. Energy-GDP [p39]

Fig 3-1 Demand scenarios [p39]

The trend/base scenario can be taken as a reference case. In this context, one should note that changes in the energy intensity trend plus base economic growth expresses energy trends in economic terms. Taking 1999 as our reference point, this hypothesis yields a 17% increase in energy demand for 2005 and a 30% increase for 2010.

At the time of writing this document, the economy is hovering on the brink of recession. However, one should nevertheless take the most ambitious growth scenario for the next ten years given that this imposes tougher conditions on the Plan.

This chapter sets out the objectives, strategies and projects proposed in the Plan. Related projects which have a big impact on energy consumption are included, as are recommendations to third parties.

4.1. ACTION PLAN: OBJECTIVES AND STRATEGIES

The Action Plan for energy saving and emissions reductions [APE], within PEIB, covers Programmes and Projects, which define objectives, allocate resources, concern management, and monitor results. The projects considered here are those for which the Barcelona City Council has direct responsibility or has to approve. Recommendations regarding measures or requirements on third parties will be made in other cases.

The main purpose of the Action Plan [APE] is to allow an energy strategy to be drawn up for the City and to produce an Action Plan to put it into effect. The aim is to foster energy efficiency and the use of renewable energy sources in order to reduce emissions of greenhouse gases and health-threatening atmospheric pollutants.

Other important objectives are:

- Energy Planning
- Improving the quality of energy supply

Related objectives are:

- To determine and define energy efficiency measures
- To determine the kinds of energy and technology which should be promoted
- To take the steps required by the above objectives and commitments
- Foster energy saving
- Create the tools and obtain the data required to update an energy model for Barcelona and monitor energy flows

4.2. ACTION PLAN STRATEGIES

Next table briefly examine how the proposals for achieving the general objectives in this Plan are structured. The strategies are summarised in the list shown:

Management strategies

Barcelona Council's crucial leadership role

Structuring the Plan into manageable units

Promoting co-ordination and co-operation with other public bodies

Promoting partnership with business and professionals

Identifying the appropriate body for applying the Plan

Developing energy information systems

Supply and consumption strategies

Promoting a sustainable energy consumption model for Barcelona

Promoting the use of green and/or renewable energy

Improving the quality of energy products and services in Barcelona

Improving electricity generation and distribution

Fostering the production of renewable energy

Updating the Plan and creating measurement and control tools

Reducing Barcelona City Council's energy consumption

Commitment to the use of renewable energy sources

Social and communication strategies

Fostering a new pattern of energy consumption

Putting across the need to change energy use and the benefits of doing so

Create a high profile energy certification scheme

Foster the application of new technology

Stimulate measures in the educational field

Seize the opportunity presented by large projects underway in Barcelona

Economic and legal strategies

Maintain Barcelona's economic growth and development

Foster competitiveness and quality in energy supply

Help companies in the industry pursue their activities and set up at new sites in Barcelona

Seek co-operation with third parties by sponsoring suitable projects

Study the general economic impact of measures

Ensure measures reflect changes in the legal framework

Change municipal standards and bylaws to fit in with the Plan's proposals

4.3. RESUME OF PROJECTS AND RECOMMENDATIONS

Projects, related projects and recommendations are shown on table 4-2:

Table 4-2 Matrix of projects in the PEIB (also showing related projects and recommendations) [p50]

4.4. PROJECTS AND RECOMMENDATIONS

SECTOR: HOUSING

• Improvements of window frames and glazing

Replacement and repair of window frames and glazing in existing buildings. This will improve heat insulation and draft-proofing of buildings, making dwellings more comfortable and reducing noise indoors.

• Improvements in the insulation of existing dwellings

The project aims to improve the insulation of walls, ceilings and roofs in existing buildings. The purpose is to reduce the energy consumed by heating and air-conditioning in dwellings, offices and commercial premises.

• High performance boilers in dwellings

Promote the renewal of boilers in existing dwellings and improve boiler maintenance. Review the criteria adopted for installing high efficiency boilers in new dwellings (specifications to be set out in a special By-Law or through standards).

¹³Energy intensity = Total energy consumption in the city/GDP in constant value Pesetas

¹⁴Elasticity = Δ energy consumption / Δ GDP

and providing heating/air-conditioning. The resulting reduction in the use of primary fossil fuels may be as high as 24%.

- **Energy-saving lighting in dwellings and best practices**

The citizens could save energy by adopting best practices and making small changes like replacing incandescent bulbs by compact fluorescent ones.

Promote rational energy use, make the general public aware of the benefits arising therefrom, and foster the adoption of energy-saving lighting in dwellings.

- **Review energy standards in both new and refurbished dwellings**

A study on the standards applicable to new buildings and refurbished ones, should be carried out with a view to improving energy savings. The proposals need to maintain existing comfort levels in dwellings. The initiatives could take the form of recommendations or be applied in a new By-law.

- **Improving energy efficiency in blocks of flats****

Conduct a study for determining which measures/changes could improve the energy efficiency of existing blocks of flats. The conclusions drawn from the study could prove extremely useful in making recommendations and establishing standards for buildings in the future.

- **Ensuring the right thermal mass characteristics in new dwellings**

Carry out a study of the existing thermal mass behaviour of new dwellings, as well as construction trends in this respect. The aim is to assess the importance of thermal mass in reducing the energy used for heating and air-conditioning. Examine the possibility of exploiting outside temperature cycles to regulate building temperature and to reduce energy consumption during the Spring and Autumn months.

SECTOR: PUBLIC BUILDINGS & FACILITIES

- **Replacing existing street lighting**

Reduce the electricity used by street lighting through replacement of mercury vapour lamps with high pressure sodium ones. The proposal is to replace certain types of street lamps with more energy-efficient ones. The aim is also to reduce light pollution and ensure lighting suits its purpose.

- **LED traffic lights and improving energy efficiency**

Reduce electricity consumption by replacing incandescent bulb traffic lights with LED ones.

- **Improve and update energy management of lighting in public buildings**

Set standards regarding the use of centralised lighting systems in buildings and streets to achieve better energy management and efficiency. Improve/update existing centralised management systems using new computerised monitoring and control techniques.

- **Solar power in schools**

The project has two purposes: (1) to educate schoolchildren in the technology used for producing and managing renewable energy sources, and (2) to yield worthwhile energy savings and thus foster greater public awareness of the whole issue.

- **Public energy management programmes in schools and universities**

Draw up energy management plans for schools and universities.

and providing heating/air-conditioning. The resulting reduction in the use of primary fossil fuels may be as high as 24%.

The aims are to find out: (1) how energy use and consumption can be made most efficient, and (2) how worthwhile savings can be achieved through relatively small schemes.

- **Performance Contracting and Energy Pools in public buildings**

Application of energy performance-contracting to municipal buildings in Barcelona in order to save energy in the public sector, cut costs and reduce emissions.

Set an example for private companies to follow.

- **Standards in municipal buildings and facilities**

Study to define standards on energy use and comfort in municipal buildings.

- **Decorative lighting**

The aim of the study is to reduce the electricity consumed by decorative lighting. This includes street lighting, illuminations and floodlit fountains.

SECTOR: NETWORKS

- **District heating & cooling network for the 2004 Forum site**

Introduce a DHC system for the 2004 Forum area to cover local needs while reducing environmental impact and electricity consumption. The scheme will provide new energy services and improve the quality of life and work in the new district.

- **PV power central for the 2004 Forum**

Installation of an electricity grid connected solar PV power plant on the 2004 Forum site.

- **District heating & cooling network for District 22@**

Install a DHC system for District 22@ to cover local needs while reducing environmental impact and electricity consumption. The scheme will provide new energy services and improve the quality of life and work in the new district.

- **Use cold produced by the LPG re-gassing plant in the Port of Barcelona for air conditioning purposes**

Study the feasibility of building a network for distributing cold water from the Port of Barcelona re-gassing plant.

SECTOR: SERVICES AND COMMERCIAL PREMISES

- **Combined heat power (CHP) generation for sports centres**

The overall aim is to achieve an improvement in the ratio of primary to final energy employed in sports centres and to install co-generation equipment for generating electricity and providing heating.

- **Combined heat power (CHP) generation in commercial buildings of over 3,500 m²**

The overall aim is to achieve an improvement in the ratio of primary to final energy employed in shopping centres and to introduce tri-generation equipment for producing electricity and providing heating/air-conditioning. The resultant primary energy saving in fossil fuels may be as high as 24%.

- **Combined heat power (CHP) generation in large hotels and clinics**

The overall aim is to achieve an improvement in the ratio of primary to final energy employed in hotels and clinics and to introduce tri-generation equipment for producing electricity

and providing heating/air-conditioning. The resulting reduction in the use of primary fossil fuels may be as high as 24%.

- **Solar power generation systems for commercial and service premises over 3,500 m²**

To ensure that 10% of the electricity consumed by large new commercial and service premises in Barcelona is supplied by solar power stations. Large commercial and service premises are defined as those over 3,500 m².

- **Solar thermal panels for providing hot water in sports centres**

Promote the use of solar thermal panels to meet the annual demand for tap hot water, architectural considerations permitting.

- **Medium temperature solar systems for heating and air-conditioning in commercial premises**

The short-term objectives are to: demonstrate the viability of such systems; acquire the experience needed to install and operate them; and to assess their performance and costs. In the long-term: assess whether solar energy is a viable option for providing 20% of the city's hot water and air-conditioning needs in commercial premises ranging between 500 and 3,500 m².

- **Review energy standards in new buildings and in the envelope refurbishment of old ones**

Carry out a study for reviewing building, lighting and ventilation standards in new commercial premises, based on the present situation. The purpose of the study will be to improve energy savings in both new buildings and ones subject to envelope rehabilitation schemes whilst maintaining or improving the level of user comfort. The results of the study could lead to recommendations or a By-Law covering new standards.

SECTOR: OFFICES

- **CHP in office blocks of over 4,000 m²**

The overall aim is to achieve an improvement in the ratio of primary to final energy employed in offices and to introduce systems for producing electricity and providing heating/air-conditioning in those which consume significant amounts of energy (e.g. those over 4,000 m²).

- **Solar PV power generation systems for offices over 1,500 m² in Barcelona**

To ensure that 12% of the electricity consumed by both new and rehabilitated offices over 1,500 m² is met by solar PV power.

- **Medium temperature solar systems for heating and air-conditioning in offices**

The short-term objective is to: demonstrate the viability of such systems; acquire the experience needed to install and operate them; and to evaluate their performance and costs. In the long-term: assess whether solar energy is a viable option for providing 20% of the tap hot water and air-conditioning needs in offices of between 500 and 4,000 m².

- **Ensuring the right thermal mass characteristics in new offices**

Carry out a study of the existing thermal mass behaviour of new offices, as well as construction trends in this respect. The aim is

to assess the importance of thermal mass in reducing the energy used for heating and air-conditioning. Examine the possibility of exploiting outside temperature cycles to regulate office temperature and thus cut the energy needed for heating/air-conditioning, especially during the Spring and Autumn months.

• **Review energy standards in new offices and in the rehabilitation of old ones**

Carry out a study for reviewing building, lighting and ventilation standards in new offices and ones subject to envelope rehabilitation schemes. The aim is to improve energy saving whilst maintaining or improving the level of staff comfort. The results of the study could lead to recommendations or a By-Law covering new standards.

SECTOR: TRANSPORT

• **Environmental management of traffic and development of a traffic simulator**

Manage traffic in the city in a way which takes into account environmental efficiency; define the criteria to be adopted and implement the tools required. These tools would include simulation systems for estimating and assessing vehicle emissions. Consider traffic co-ordination measures to minimise emissions.

• **Introduce more energy-efficient vehicles**

Promote the purchase of electrical and hybrid vehicles, etc. and those which generally use less polluting fuels as part of a strategy to reduce the use of petrol and diesel vehicles. The project places particular importance on public awareness campaigns, technology demonstrations and pilot studies on the viability and effectiveness of such vehicles. The project also covers the efficiency of the underground railway infrastructure.

• **Promote walking and cycling as mobility mode**

Promote walking and cycling as environmentally friendly ways of getting around the city. Such measures, together with public transport initiatives, are vital for achieving an environmentally sustainable city.

• **Standards for municipal vehicle fleets**

Study defining standards on vehicle energy consumption and emissions in the municipal fleet.

• **To promote the Car Sharing in Barcelona**

To promote the Car Sharing in Barcelona. The vehicles linked to this program must be these that use less contaminant fuels or these with low consumption (in case of petrol vehicles). This project has a finalist character of implantation and also promote communication, and demonstration of feasibility and the efficiency of this way of transportation.

SECTOR: GENERAL

• **BARCELONA ENERGY AGENCY**

Set up a Barcelona Energy Agency to: manage the Action Plan for Saving Energy; reduce air emissions; and manage projects arising from the Plan (e.g. monitoring of measures affecting energy use and the city environment).

• **Energy Observatory**

Set up an energy observatory for monitoring the energy sector, its local impact, quality, prices, measures taken in the city, and to make recommendations for improvements. This task could form part of those performed by the Barcelona Energy Agency.

• **Barcelona Energy Partnership**

The co-operation of the various parties involved in the energy industry needs to be sought: professionals, companies, trade unions, guilds, consumers, universities, etc. An Energy Accord for Barcelona would provide the framework for such co-operation, facilitating the measures contained in the Energy Plan.

• **Information and Public Awareness Campaigns**

Disseminate information on project-related measures in order to make the general public aware of the need for energy-saving, best available technology, and energy management. The environmental impact of the Energy Plan would also be pressed home. Communicate to the citizens the information sources, public subsidies, etc.

• **Energy Eco-Label**

Create a quality mark for energy management in Barcelona. This mark would identify buildings, companies, institutions or groups which apply best energy practices in conducting their activities.

• **Barcelona energy web site**

Creation of a web site, "Energy in Barcelona" with information, educational content, advice, news, details of subsidies, computing tools, showcasing of city projects using renewable energy sources, real-time updates on projects with an impact on energy consumption, etc.

• **Energy Management Information Systems (GIS-E)**

Promote the application of energy management computing tools in various sectors and among companies, professionals and members of the public in Barcelona.

• **Energy audits in companies and the application of energy-saving measures**

Promote voluntary energy audits to detect improvements in energy savings in companies.

• **Disseminate educational content to schools**

Ensure that future generations pick up energy-saving habits, know about renewable energies and the measures needed to protect the environment.

• **Promotion of energy-saving, environmentally-friendly products in co-operation with manufacturers**

Promote the use of energy-saving household appliances, etc. in co-operation with manufacturers and suppliers. The aim is to reduce energy use in dwellings, offices and commercial premises. Encourage the purchase of systems/items which are most energy-efficient and have least impact on the environment.

• **Draw up an Action Plan for saving energy and reducing GHG emissions in industrial areas**

Draw up an Energy and Environmental Action Plan for industrial areas and factories in Barcelona in order to improve energy efficiency.

• **Energy certification of buildings**

Dispose of the tools and bodies needed to certify that new and refurbished buildings: (1) meet the energy standards stipulated for granting the Eco-label; (2) comply with standards regarding control and verification procedures. New buildings will need to be inspected to ensure that they meet the objectives set out in the project. Improvements in existing buildings will need to be verified before granting an Eco-label to applicants.

• **Foster training of professionals in energy efficiency and energy management**

Develop programmes, tools, etc. to familiarise professionals in the field with new energy design concepts, tools, technology, use and management.

• **The environment and health**

Carry out studies covering primary (local) emissions and their consequences for public health.

Study the heat sink effect in the city and increase the number of air pollution sensors.

• **Energy standards for large consumers**

The purpose of this project is to require large energy users to submit energy-saving plans.

• **Reduction of night sky light pollution**

This study aims to determine the situation regarding light pollution of night sky in Barcelona and propose measures to mitigate the problem in both private and public spheres.

• **Pilot studies using the latest environmental and energy technology**

Carry out pilot projects covering the latest energy and environmental technology (microgeneration, fuel cell, thin film PV, urban wind turbines, microturbines, etc.). Introduce new energy information and management systems to make Barcelona a pioneer in the development of such systems.

• **Annual Energy Awards**

Establish prizes for the Annual Energy Awards. This social event would make the public more aware of research into and development of energy-saving measures and renewable energy sources. The awards would help publicise the efforts of public and private parties involved in the production, management and control of energy.

• **Monitoring of the Solar Energy By-Law**

The aim is to: reveal how far the Solar By-Law has met with acceptance and been implemented; draw up an inventory of installations (including the area of panels installed); monitor the state of existing installations and their operation performances.

OTHER RELATED PROJECTS: WASTE TREATMENT

• **Use of bio-gas from the Garraf municipal USW disposal**

Use methane gas (produced by natural decomposition of organic waste) from the Garraf municipal USW disposal to produce energy and achieve a considerable reduction in emissions of this greenhouse gas.

• **ECOPARKS**
This project (already underway) comprises the building of 4 Ecoparks to ensure proper environmental treatment of the Metropolitan Region's urban waste. Measures will include composting, re-cycling, and methane processing to produce fuel.

OTHER RELATED PROJECTS: TRANSPORT

• **IPT: Infrastructure Master Plan for Transport; Improvements to and Promotion of Public Transport**
The Infrastructure Master Plan for Transport is based on a 10 year time scale. It aims to meet the growing infrastructure needs of public transport. The energy and environmental impact of the existing programme is evaluated within the PEIB.

RECOMMENDATIONS EVALUATED WITHIN THE PLAN

• **Extended IPT: Extended Infrastructure Master Plan for Transport**

Push the Infrastructure Master Plan towards a 'maximum scenario' to ensure that public transport absorbs all the growth in transport needs over the next 10 years whilst maintaining private vehicle use at present levels.

RECOMMENDATIONS BY APE: GENERAL RECOMMENDATIONS

• **Project for the future installation of a plant for treating the USW**

Proposal for an environment-friendly plant for treating all of Barcelona's urban waste. This would operate in conjunction with the Ecoparks mentioned earlier.

RECOMMENDATIONS BY APE: GENERAL RECOMMENDATIONS

• **Review of energy standards for new dwellings and building refurbishment**

Carry out a joint study with the Catalan government for reviewing existing energy standards. Review Spanish building standards for new dwellings, offices, commercial premises and building refurbishment with a view to improving energy-saving.

• **Electricity billing according to the primary energy employed, and progressive pricing.**

Ensure that consumers receive electricity bills detailing the origin of the energy used (fossil fuels, nuclear power, wind power, hydro-power, etc.) and make it possible to directly purchase kWh generated from a range of renewable energy sources. The billing should be easy to understand and detail prices.

Apply progressive energy pricing (over and above a certain threshold) in some sectors. This measure would encourage energy-saving.

• **Forum for fostering co-operation with the power industry**

Carry out a joint study (involving power companies and the City Council) to establish the measures required to provide Barcelona with a reliable, high quality electricity supply.

Create a working party to: study this issue, carry out monitoring, and update information where necessary.

5. PROJECT EVALUATION AND THEIR IMPACT

The summary tables in this chapter give an overall view of the energy and environmental impact of the proposed measures. Among other methods, the impact evaluations were based on simulations run on a programme which was expressly developed for this Plan. The results are shown in summarised form or in the tables 5-1 and 5-2.

5.1. NUMBER OF PROJECTS

Fifty four projects are proposed in the Plan. The following table shows the sectors and kinds of the projects involved and whether the City Council has begun the execution.

Table 5-1 Summary of projects by sector and type [p53]

Final Projects: Those whose results can be directly quantified in terms of a reduction in energy consumption or gas emissions.

Instrumental Projects: Those which are difficult to quantify directly in terms of a reduction in energy consumption or GHG emissions but which are nonetheless vital to the success of a project.

Table 5-2 groups the projects by the programme and the type of measures involved:

Table 5-2 Programmes and related projects [p53]

5.2. SUMMARY OF ENERGY SAVINGS, EMISSION REDUCTIONS AND THE IMPACT OF PROJECTS

The following table group all of the projects forming part of the Action Plan [APE]. The data covers: savings in energy consumption; reductions in emissions and investment. Transport and waste treatment projects which bear on the Action Plan are also shown, even though they do not strictly form part of it.

The likely impact of recommendations is also shown, and this, together with the APE projects form the Global Action scenario.

In general, the estimates have erred on the cautious side, particularly with regard to instrumental projects.

Table 5-3 Outstanding results of some scenarios [p54]

5.3. EVALUATION OF THE PROPOSED MEASURES IMPACT

One should look at the impact of various projects by putting forward a set of scenarios (all of are variations on the trend-based scenario defined earlier). Later it will be presented energetic and environmental results respect de trend-base scenario.

• **SCENARIO A:** The current situation. 1999 is the base year on which all calculations of future growth are made. This scenario has been calibrated with the real measured data.

• **SCENARIO B:** Trend-based. This is the trend-based scenario up to 2010, based on the hypotheses stated in this Plan [PEIB].

• **SCENARIO C:** Barcelona Action Plan Projects [APE] This scenario takes into account the impact of energy-saving and emission reduction measures forming part of the Action Plan for energy saving and emissions reductions [APE]¹⁵, this projects are described in Chapter 4.4.

• **SCENARIO D:** Garraf + ECOPARKS. This scenario only takes into account the impact of closing the Garraf SUW disposal (with consequent reduction of GHG emissions) and the building of 4 Ecoparks recyclable materials recovering on destination and digestion of organic waste producing biogas.

• **SCENARIO E:** D + Future Urban Solid Waste treatment plant. This is the same as scenario D above, except for the addition of one more plant for treating solid urban wastes. The plant would deal with the excess waste not processed by the four Ecoparks. The Plan recommends building of the plant given the projected growth in urban waste up to 2010. In this context, one should bear in mind the current Metropolitan SUW Treatment plan deals with the period until 2006. The waste processing plant will generate electricity from biogas.

• **SCENARIO F:** Infrastructure Plan for Transport. This scenario simulates the impact of the approved Infrastructure Plan [IPT] itself.

• **SCENARIO G:** IPT + Extended infrastructure Plan for Transport. Given the forecast growth in journeys in 2010, this Plan recommends measures be taken to complement the IPT. Even though it will be difficult for public transport to absorb 100% of the future growth in journey needs, it has been adopted as a working hypothesis. These hypothesis have been termed the "Maximum-based Transport Scenario".

• **GLOBAL ACTION SCENARIO – SCENARIO H:** C + D + F. This composite scenario comprises scenario C (APE projects), D (Garraf+Ecoparks) and F (IPT). This scenario is the most likely if all the Action Plan [APE] measures are carried out, given that the plans contained in scenarios D and F are already underway.

• **SCENARIO I:** C + D + F. This takes in the following scenarios: C (APE projects), E (Garraf+Ecoparks + the urban solid waste treatment plant) and F (IPT). The adoption of this scenario is highly recommended given that it would ensure proper environmental treatment of 100% of Barcelona's solid urban waste.

¹⁵Included in PEIB and a consequence of this

• **TARGET SCENARIO – SCENARIO J: C + E + G.** This is based on maximum goals and takes in the following scenarios: C (APE projects), E (Garraf+Ecoparks + the urban solid waste treatment plant) and G (IPT + extended IPT). The adoption of this scenario is also highly recommended in this Plan given that it would not only ensure proper environmental treatment of 100% of Barcelona’s solid urban waste but also make an all-out commitment to public transport in meeting the growth in the city’s mobility needs. However, one should note that it would be extremely difficult to meet these objectives in practice.

The figures 5-1, 5-2, 5-3 and 5-4, and the tables 5-4, 5-5, 5-6, 5-7, show the impact of the aforementioned scenarios and implementation of the projects contained in the Plan. The data were produced by the Plan simulation tool and are based on (1) the Catalan electricity generation mix and (2) the specific hypotheses applicable to each project and scenario. [p56-59]

5.4. RESULTS ANALYSIS

Energy evaluation

After running various simulations and analysing different scenarios, the working hypothesis have been based on average economic growth of 2.8% per annum or 35.5% cumulative growth in the period 1999-2010 (i.e. no recession). The projection for energy consumption is based on present trends and incorporating technological changes. This yields a 31.3% increase in energy consumption over the same period. Per capita energy consumption would thus rise from 33.65 GJ/year to 43.67 GJ/year. This scenario would produce an elasticity of 0.87, higher than the figure for the last decade (0.78). It will be recalled from previous comments that the lower the elasticity figure, the better. In this scenario, economic growth, rising energy consumption and emissions are all strongly linked.

The Global Action Scenario (on which the Action Plan [APE] measures are based) is considered a feasible one. If the Metropolitan Waste Management Programme and the Infrastructure Plan are included, the forecast growth in energy consumption would be 25.9% for 1999-2010 (i.e. 41.87 GJ per capita). This scenario would yield 4.14% or 2.75 PJ less energy consumed with respect to the trend-based scenario for 2010 [this energy reduction is equivalent to, approximately the energy consumption of a municipality of 80,000 inhabitants]. The Global Action scenario generate 148.7 GWh per year by small scale installations (employing CHP and renewable sources) distributed throughout Barcelona.

This scenario would yield to an elasticity of 0.72, appreciably lower than the figure for the last decade and even lower still than the one arising from the trend-based scenario. This kind

of elasticity behaviour is highly desirable given that it would gradually weaken the link between economic growth and increased energy consumption. In this scenario, the final energy intensity in 2010 would be 1184.6 kJ/€ of GDP (at 1999 values) representing a reduction of 8.2% compared with the previous decade. In annual terms, energy intensity would fall by 0.85%. The resulting reduction is close to the EU target of improving energy intensity by 1% per annum during the period 1998-2010 (COM[1998] 246 final).

Table 5-8: Global Action Scenario: Action Plan [APE] +Infrastructure Plan Transport [IPT] + Metropolitan Waste Management Programme: energy saving by sectors compared with sectoral energy consumption forecast for 2010 [p60]

The Action Plan [APE] represents a serious attempt to exploit the city’s renewable energy sources to the maximum. The two kinds of renewable energy sources available are organic wastes (the raw material for producing biogas) and solar energy. The City Council has taken a bold step in exploiting thermal solar energy. The Plan will reinforce this initiative by making a strong commitment to installing solar panels.

The Plan envisages the following energy contribution from renewable sources:

- 341,800 GJ/year of electricity generated from biogas
- 58,000 GJ/year of electricity using solar PV technology, with a generating capacity of 14.14 MWp. The breakdown of this capacity would be as follows: 11.44 MWp in offices, 1.1 MWp in commercial, 0.25 MWp in schools and 1.35 MWp in a centralised plant on the 2004 Forum site.
- Installation of 96,300 m² of thermal solar panels with a heat generation capacity of 280,000 GJ/year.

These installations would turn Barcelona into one of the cities making most use of solar energy and provide 679,800 GJ/year from renewable sources or 1.1% of the city’s total energy consumption in 2010. This is consistent with the target set by the Spanish government’s plan for fostering use of renewable energy sources for Catalonia autonomy. The Central Government Plan envisages for Catalonia 539,000 m² of thermal panels and 16.5 MW of generating capacity for solar power panels. Achieving 100% of the Action Plan [APE] in this field would represent attaining 18% of the Spanish target for solar thermal panels and 95% of the target for solar PV technology.

The Plan does not consider bio-fuels production given that they fall outside its geographic scope (i.e. Barcelona Municipality), but of course it is open to support this kind of application.

Table 5-9 Comparison of the results obtained under different scenarios [p61]

It should be noted that there is no significant difference in the mix of final energy consumed between the “Trend-

based” and “Global Action Plan” scenarios. The most-used final energy continues to be electricity (42% compared with 41% at present); followed by natural gas (28% compared with 25% at present); oil (28%-29%, compared with 31% at present); and lastly LPG (1.6%, compared with 3% at present).

The “Target” scenario should be to achieve the measures contained in (1) the Energy Plan (2) the Metropolitan Waste Management Programme (with an additional facility to deal with waste once the existing plan comes to an end); and (3) the extended Infrastructure Plan of Transport. These combined measures would yield a 21.58% increase in energy consumption to 2010 (or 40.43 GJ/year per capita). This represents an energy saving compared with the trend-based scenario of 4.94 PJ. This is a maximalist but realistic scenario which would nevertheless prove difficult to achieve in its entirety.

This scenario would produce a relatively insignificant change in the mix of final energy consumed. In this case, electricity would rise to 44% of the total, natural gas to 29%, while LPG would remain virtually unchanged at 1.7% and oil would fall to 25%.

A scenario covering the technical potential of projects called “APE ideal” scenario, was created in order to place the Plan in technological context. The scenario considered ideal implementation of the projects proposed in the Action Plan. It should be said that this “APE ideal” scenario is based on consistent hypotheses and logical restrictions. In other words, it is not simply the result of applying all the projects in their entirety (100% of applicability) and ignoring incompatibilities and resource constraints. Rather, the “APE ideal” scenario is one which is feasible from a physical point of view but which would nevertheless prove technically difficult and require considerable investment to bring it to fruition.

Fig 5-5 Changes in final energy consumption share, by energy sources for different scenarios [p62]

The “APE ideal” scenario, together with the transport hypotheses (Infrastructure Plan of Transport plus extended Infrastructure Plan of Transport), the Waste Plan (closure of the Garraf disposal + opening of the Ecoparks + future waste treatment plant) constitute the “BARCELONA CEILING SCENARIO”. This “ceiling” scenario projects an energy saving of 11.94 PJ, placing per capita consumption at 35.84 GJ in 2010, a figure only slightly higher than the present one.

Table 5-10 Comparison between the results of the Ceiling Scenario, the Target Scenario and APE [p62]

Comparison of the APE with the “APE ideal scenario” reveals that the Action Plan saves 22.7% of the energy which could be spared using today’s best available technology.

An analysis of the impact of planned measures on the kinds of energy used compared with the trend-based scenario is shown in Fig 5-2. It should be noted that the trend-based scenario for 2010 would result in greater use of electricity and natural gas to the detriment of petrol, LPG and thermal solar energy.

One should note there exists the difference of percentages between figures Fig 5-1 and Fig 5-2 is due to the fact that the first set takes into account all energy consumption in the city while the second only considers the energy types studied in the Plan (i.e. without the “Others” category), thus increasing the relative weight of electricity consumption.

The Global Action Plan scenario directly affects changes in the relative weight of energy sources, reducing the importance of petrol and boosting thermal solar power and air conditioning (the last one through co-generation (CHP) and tri-generation systems). This is also reflected in the electricity generation mix for Barcelona alone¹⁶, in which a much more significant part comes from renewable energy sources (solar PV and electricity generated from biogas recovered in the waste treatment plant), rising from 0.01 per 1000 to 2% of electricity generated¹⁶. This represents a strong commitment to efficient energy and the use of renewable sources.

Lastly, the Target scenario involves making big changes in the transport sector (with the extended Infrastructure Project) and a strong commitment to treating 100% of the city's waste (with the help of the future urban waste processing plant). These initiatives will reduce the proportion accounted for by diesel oil in total energy use and boost the relative importance of electricity and natural gas (both cleaner energy sources than diesel oil with regard to pollutant and greenhouse gas emissions). At the same time, the proportion of total consumption made up by renewable energy sources will increase appreciably (from 2% to 2.5%¹⁶).

Fig 5-6 Pie charts showing the breakdown of energy sources included in the Plan under different scenarios¹⁷ [p63]

Environmental impact

This global study of energy flows and emissions reveals that Barcelona has a lower index of energy consumption and emissions than other European cities of a similar size. In this respect, one can say that Barcelona is a relatively clean, efficient city. However, this will make it harder for Barcelona to reduce gas emissions by a given

amount than for other cities. Various cities, particularly in Germany, have made considerable efforts over the last decade to reduce greenhouse gas emissions, but their emissions are high with regard to the emissions of Barcelona.

The table 5-11 shows some of the reductions achieved.

Table 5-11: Reduction in greenhouse gas emissions other cities [p64]

It will be seen that Table 5-7 cities in the former German Democratic Republic are those which had the easiest job of reducing air pollution. The replacement of outdated technology by new has led to a significant improvement in air quality and emission control. In the most technologically developed cities, environmental improvement implies carrying out measures which are unlikely to achieve the same savings as cities with old technologies.

The table 5-12 shows forecast greenhouse gas emissions under different scenarios.

Table 5-12: Comparison of greenhouse gas emissions under different scenarios [p64]

Greenhouse gases would increase by 27% in the period up to 2010 under the trend-based scenario with regard to 1999, giving emissions of 3.96 t CO₂ per year per capita. In absolute terms, this represents 6.03 million tons of CO₂ per year.

Under the Global Action Scenario (which includes the measures contained in the Plan, plus those in the Metropolitan Waste Management Programme, and the Infrastructure Plan for Transport), the emission of greenhouse gases would remain at present levels (4.8 million tons of CO₂ equivalent or 3.15 t CO₂ equiv. a year per capita. Under the Trend-based Scenario, emissions would be reduced 20.3% in 2010.

In the Target Scenario, CHG emissions would be reduced by 30.3% (including reduction of gas emissions from the Garraf Disposal) compared with the Trend-based Scenario for 2010, resulting in emission cuts till 2.76 t CO₂ equiv. per capita.

Under the “Ceiling Scenario” (which assumes technical potential), emissions would be reduced by 37% compared with the Trend-based Scenario for 2010. This would yield per capita emissions of 2.49 t CO₂ equiv. a year per capita.

With regard to the international commitments made by Barcelona (Heidelberg, Klimabündnis) a more realistic objective might be to maintain low emissions levels per capita or to try to reduce the emission of greenhouse gases below 3 t CO₂ equiv/ per year per capita. If these objectives are to be attained, it is essential to continue building treatment plants beyond 2006 (which is when the current metropolitan Waste Management Plan ends).

A target of 3 t CO₂ equiv. a year per capita is extremely ambitious, bearing in mind unfavourable trends in the electricity generating mix and a significant increase in the demand for transport. However, reaching this figure would make Barcelona a leader in terms of reducing greenhouse gas emissions.

If action is not taken, Barcelona could fall in the international rankings – a good reason for taking steps to maintain the present moderate emission levels and to improve them where possible.

Economic assessment

The total cost of the Action Plan is estimated at 667.88 M€. It has been assumed that 5.8% of this amount could comprise grants and subsidies from third parties.

If only related projects are considered (i.e. those whose main purpose is transport and waste treatment but which will make a fundamental impact on the environment and energy consumption), the investment involved is 3,383.12 M€.

Total investment for the Global Action Scenario: H (Plan projects, closure of the Garraf Disposal, waste treatment in Ecoparks and implementation of the Infrastructure Plan of Transport) amounts to 4,050.99 M€.

The global payback of the Action Plan [APE] projects in terms of the internal rate of return (IRR) in 1999 Euros solely in terms of energy savings and energy generation is 4.44%.

In order to calculate the marginal cost and benefit associated with increasing investment, we have studied the APE ideal Scenario which states maximum objectives. As mentioned earlier, this scenario is based on consistent hypotheses and logical restrictions. The APE ideal is one which is feasible from a physical point of view but which would nevertheless prove technically difficult and require considerable investment to bring it to fruition. The likelihood of achieving its objectives is therefore a remote one. One should note that the investment required in this case would be 13,443.55 M€. Under such circumstances, the IRR would be negative (-4.23%).

With reference to the chosen Global Action Scenario and comparing it with the Ceiling Scenario, one should note that carrying out just 5% of the investments required by the latter would yield an energy saving of 22.7% and a reduction in emissions of practically 34%.

As investments rise towards the ceiling figure, the marginal environmental and energy returns decrease, making it progressively harder to achieve acceptable results for the investment made. Accordingly, it seems

¹⁶Only in Barcelona's power generation (to highlight changes produced by external measures)

¹⁷Percentages of electricity generation in Barcelona (to highlight changes produced by external measures)

6. SUMMARY AND CONCLUSIONS

reasonable to confine investment in projects to the levels established by the Action Plan [APE].

The cost of saving a tonne of CO₂ equivalent has been calculated, the totals and results by sectors being shown in table 5-13.

Table 5-13 Cost in Euros and Pesetas to save a tonne of CO₂ equivalent [p66]

It should be noted that the cost of saving a tonne of CO₂ equivalent CHG emission is relatively small in the waste treatment sector compared with alternative, less direct measures (e.g. energy saving).

The stated costs are considerably higher than those stated in rough estimations¹⁸ done by CE: less than 20€/tonne reduced of CO₂eq (12,01€ for every tonne of CO₂ reduced to the atmosphere for Spain)

The Plan set out in this document covers the Barcelona municipality and a ten year time span. It aims to address the concerns in the Green Book for a European Energy Strategy [COM(2000) 769] and is consistent with the EU's objective of obtaining 12% of its energy needs from renewable energy sources by 2010.

Energy consumption and its environmental impact is one of the most pressing problems facing our society. That is why a great deal of international effort is being put into developing new technologies and sources of energy. One of the aims of this Plan is to prepare Barcelona both technically and culturally for these technological changes and to foster technology changes in all spheres of economic activity.

Local councils' scope for taking action with regard to energy is determined by the range, type and size of activities which take place within their municipal boundaries. External factors include: technological developments; the availability and cost of local and international energy sources; and -in particular- the action taken by regulatory bodies. In Barcelona's case, the scope for generation using local energy sources is extremely limited given that distribution and sale of energy is controlled by companies while regulation of the industry is basically in the hands of other public bodies and tiers of government.

Barcelona City Council has elaborated this Plan for energy improvement in Barcelona [PEIB], that includes an Action Plan for energy saving and emissions reduction [APE] containing projects and recommendations. The projects represent municipal commitments. Recommendations are made to third parties where the proposed measures fall outside the Council's jurisdiction. The Plan gives wide scope for municipal action in promoting an environmentally sustainable city, reducing air pollution and the consumption of fossil fuels in the process. Achieving these aims requires:

- Knowledge of the measures required and the alternatives available
- The Council's commitment to action (given that it is a large consumer of energy).
- Use of the Council's powers to regulate new installations requiring less energy.
- Promotion of public transport
- Promotion of energy-saving and giving a major impetus to the use and generation of renewable energy.
- A policy of fostering the availability and use of more efficient, high quality technology, equipment, systems and services in Barcelona.
- A policy of encouraging a change in attitudes regarding the use of energy.

The Energy Plan [PEIB] is a planning and monitoring tool and will therefore need to incorporate changes in the light

of changes in the energy industry and the City's development. As an example, one should note one of the most important external factors is the share of the power generating mix. If we consider variations in the Catalan generating mix, the substitution of part of nuclear energy's contribution by fossil fuels rather than by renewable energy sources will tend to worsen Barcelona's emission figures. The adverse trend in emissions arising from electricity use will be less pronounced if the Spanish generation mix is used (given that nuclear power plays a smaller role in total Spanish power generation). However, Barcelona cannot influence either the Catalan or Spanish generation mixes.

As mentioned in the diagnosis section, Barcelona's emission and energy consumption figures are among the best for cities of comparable size. By the same token, the cost of the technology, services and other facilities needed to reduce emissions will be higher than for more polluted cities. Implementation of the projects planned over the 10 year period will be affected by these costs, the energy savings available, and market profit perspectives (which are linked to economic and environmental payback as well as to energy savings). In this respect, energy cost trends and the ability of citizens to choose between energy sources will prove important.

After running various simulations and analysing different scenarios, the figures indicate that the economy is likely to grow by 2.8% per annum and that this will push up energy consumption by 31.3% between 1999 and 2010. The latter figure is based on present trends but also takes technological changes into account. Per capita energy consumption would rise from 33.65 GJ/year to 43.67 GJ/year over the same period. In terms of greenhouse gas emissions, this represents a 27% increase to 2010 or 3.96 tonnes of CO₂ equivalent per year per capita.

The most feasible starting point is considered to be the Global Action Scenario (which takes on board the Action Plan measures) plus the Metropolitan Waste Management Programme and the Infrastructure Plan for Transport. These combined measures would yield a 25.9% increase in energy consumption to 2010 (or 41.87 GJ/year per capita). Greenhouse gas emissions would remain at a level of 3.15 tonnes of CO₂ equivalent a year per capita. This scenario gives a 4.14% reduction in energy consumption compared with the 2010 trend-based scenario - 148.7 GWh/year of electricity would be generated by small-scale installations scattered throughout Barcelona (employing CHP and renewable sources). This would also reduce emissions by 20.3% in 2010 compared with the trend-based scenario. The scenario yields an elasticity of 0.72. This is much lower than the elasticity figure for the past decade and ever more so in comparison with the trend-based scenario.

¹⁸Results from the press conference by Commissioner Margot WALLSTRÖM on the new report from the European Climate change Programme on 11/06/2001 [reference 20269]

The “Target Scenario” should be to achieve the measures contained in (1) the Action Plan (2) the Metropolitan Waste Management Programme (with an additional Ecopark to deal with waste once the existing plan comes to an end in 2006); and (3) the extended Infrastructure Plan for Transport. These combined measures would yield a 21.58% increase in energy consumption to 2010 (or 40.43 GJ/year per capita). In the Target Scenario, greenhouse gas emission would be reduced by 30.3% in comparison with the Trend-based Scenario for 2010, resulting in emission cuts till 2.76 t CO₂ equivalent per capita. This scenario represents a ceiling with regard to transport and would be difficult to achieve in its entirety. Nevertheless, it should serve as a guideline for taking action. The Plan emphasises the environmental importance of both kinds of measures.

The Action Plan represents a serious attempt to exploit the city’s renewable energy sources to the maximum. The two kinds of renewable energy sources available are organic wastes (the raw material for producing biogas) and solar energy. The City Council has taken a bold step in exploiting thermal solar energy. The Plan will reinforce this initiative by making a strong commitment to installing solar panels.

The Plan envisages the following energy contribution from renewable sources:

- power generation of 341,800 GJ/year using biogas
- power generation of 58,000 GJ/year using solar PV, with a maximum installed capacity of 14.14 MWp
- Installation of 96,300 m² of thermal solar panels with a heat generation capacity of 280,000 GJ/year

These installations would turn Barcelona into one of the cities making most use of solar energy.

This is consistent with the target set by the Spanish government’s plan for fostering use of renewable energy sources for Catalonia autonomy. The Central Government Plan envisages for Catalonia 539,500 m² of thermal panels and 16.5 MWp of PV technology. Achieving 100% of the Barcelona Energy Plan in this field would represent attaining 18% of the target for Catalonia for thermal panels and 95% of the target for solar PV.

With regard to the international commitments, a realistic objective is to maintain the current low emission levels per capita or to try to reduce the emission of greenhouse gases below 3 tonnes CO₂ equivalent/a year per capita. However, this target is extremely ambitious, bearing in mind unfavourable trends in the electricity generating mix and a significant increase in the demand for transport. If these objectives are to be attained, it is essential to continue building USW treatment plants beyond 2006,

which is when the current Metropolitan Waste Management Plan comes to an end. It should be noted that reaching a figure of 3 tonnes CO₂ equiv./a year per capita would make Barcelona a leader in terms of reducing greenhouse gas emissions.

If action is not taken, Barcelona’s place in the rankings could be adversely affected – a good reason for taking steps to maintain the present moderate emission levels and to improve them where possible.

Fig 6-1 Emissions of CO₂ equivalent per capita¹⁹, including the results from the Action Scenario (dark brown) and the Trend-based Scenario (soft brown); the figures for 1997 are from different sources [p71]

¹⁹Data source: in brown (t CO₂/capita): “The Urban Audit Handbook”, CE (only emissions from electricity and natural gas). Data source for cities marked in orange (t CO₂ eq/capita): “Emission Inventory for Greenhouse Gases in the City of Barcelona, 1987-1996” J.M. Baldasano et al. Atmospheric Environment, 33 1999. Data for Barcelona: 96 - Baldasano, idem, 97 – M. Pares et al. Barcelona, Ecologia d’una Ciutat. Data source 1999: Plan for Energy Improvement in Barcelona. [PEIB] Data Spain COM (2000) 749 final. Data for other countries: John Byrne, personal communication.