



PONENCIA

Vitoria-Gasteiz Capital Verde Europea: Caminando hacia una ciudad competitiva neutra en carbono

Autor: Andrés Alonso

Cargo: Jefe de Servicio de Planificación Ambiental y Gestión de Residuos

Institución: Departamento de Medio Ambiente y Sostenibilidad. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

Vitoria-Gasteiz Capital Verde Europea: Caminando hacia una Ciudad Competitiva Neutra en Carbono

Andrés Alonso* (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz)

* aalonso@vitoria-gasteiz.org

Jefe de Servicio de Planificación Ambiental y Gestión de Residuos

Departamento de Medio Ambiente y Sostenibilidad

San Prudencio, 30 – 4ª planta, 01005 Vitoria-Gasteiz

Telf. 945 16 16 16

www.vitoria-gasteiz.org

Resumen:

El 60% de la población mundial, y el 80% de los europeos, vive en núcleos urbanos. Las ciudades son los grandes sumideros de energía y emisores de gases de efecto invernadero (GEI). El objetivo es reducir drásticamente esas emisiones de GEI, pero ¿cómo podemos conseguirlo? El reto es reflexionar sobre la forma en la que podemos reorganizar nuestro entorno urbano y cómo podemos adaptarlo a la nueva era, a una era en la que las ciudades sean neutras en carbono: Vitoria-Gasteiz se ha marcado ese objetivo, ser ciudad carbono neutra.

En un escenario de escasez de combustibles fósiles o de precios muy elevados del petróleo, la organización urbana puede colapsarse, a no ser que la ciudad se prepare previamente, haciendo que los flujos metabólicos dependan, en buena medida, de los recursos locales.

Se realiza un ejercicio de prospectiva con objeto de analizar, por una parte, las potencialidades de reducción y eficiencia energética de cada uno de sectores consumidores de energía, y por otra, las potencialidades que tiene el territorio municipal, y provincial, en generación de energías renovables: eólica, solar, etc.

Para cada sector se determina la energía básica para su funcionamiento, asegurando el de los servicios básicos urbanos, entre los que destaca el transporte público, la iluminación urbana, la energía básica doméstica, del terciario, etc.

Se plantea una propuesta en el horizonte 2020-2050, que surge tras analizar la situación actual de Vitoria-Gasteiz y proponer un Plan de Lucha contra el Cambio Climático 2010-2020.

Los objetivos en estas cuatro décadas implican, por ejemplo, la rehabilitación integral y energética de todas las viviendas para reducir su consumo energético más de un 40%, la transformación de la estructura urbana y de la movilidad para que los desplazamientos en vehículos privados disminuyan hasta el 10% de los viajes en el núcleo urbano; la reducción y el reciclaje de los residuos para conseguir cerrar los ciclos de la materia y de la energía; la disminución del consumo de agua potable; el aumento de la capacidad de captación de CO₂ del verde urbano; el fomento de la producción y el consumo local de alimentos con baja carga de CO₂ para conseguir aproximarse a la biocapacidad del municipio.

Con todo, la principal conclusión a extraer es que los objetivos marcados para 2020-2050, de hacer de Vitoria-Gasteiz una ciudad con emisión nula de CO₂, son plenamente viables. Así, el consumo de energía en el escenario de máxima eficiencia puede ser la mitad del consumo actual, y esa energía puede ser suministrada prácticamente en su totalidad por recursos locales renovables en todos los sectores de la actividad urbana.

Palabras clave:

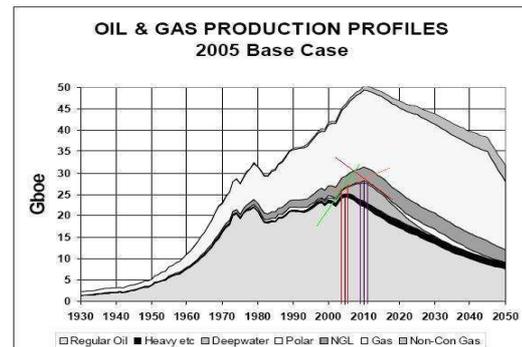
Ahorro energético, eficiencia, energías renovables, gases de efecto invernadero, ciudad neutra en carbono.

1. INTRODUCCIÓN

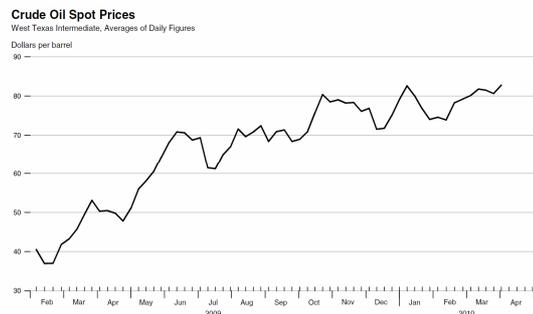
El crecimiento económico y la prosperidad que vive el primer mundo desde la revolución industrial son debidas, en gran parte, al uso de los combustibles fósiles. Pero ese uso masivo está provocando un problema ambiental de primer orden.

No obstante, al problema ambiental se le asocia también en el futuro problemas de seguridad de su suministro y de inseguridad económica. Estos recursos fósiles inevitablemente tienden a ir decayendo ya que se consumen a una velocidad muy superior a la que son reemplazados (escalas geológicas).

La Asociación para el Estudio del Pico de Petróleo y el Gas (ASPO), basándose en la información actual sobre las reservas petrolíferas conocidas y sobre la tecnología disponible, predice que el pico mundial de producción de petróleo sucederá en torno al año 2010. Para el gas natural, el pico se retrasaría unos años más y se situaría entre el 2015 y el 2025.



En un escenario de escasez de combustibles fósiles (crisis de suministro) o de precios muy elevados del petróleo (crisis económica), la organización urbana puede colapsarse, a no ser que la ciudad se prepare previamente, haciendo que los flujos metabólicos dependan, en buena medida, de los recursos locales.



Si se quiere actuar desde lo local para disminuir las emisiones de GEIs, y limitar así los efectos del cambio climático, pero también para incidir en la seguridad del suministro energético futuro, y paralelamente disminuir las incertidumbres económicas, es necesario una transición de gran envergadura hacia un escenario de máxima eficiencia en el consumo energético, y de máxima producción de energías renovables.

Se busca asegurar el funcionamiento de los servicios básicos urbanos: transporte público, iluminación del espacio público, energía básica doméstica, terciario, etc.

Se realiza un ejercicio de prospectiva con objeto de analizar las potencialidades de reducción y eficiencia energética de cada uno de sectores consumidores de energía dentro del municipio, junto a las potencialidades que tienen los territorios municipal y provincial en generación de energías renovables (solar térmica, fotovoltaica, eólica, hidráulica, etc.).

Para cada sector se calcula cuál es la energía básica para su funcionamiento, en base a una determinada reducción y eficiencia acorde con el contexto, la tecnología y los conocimientos actuales.

El objetivo es conseguir que Vitoria-Gasteiz se convierta a largo plazo (2050 a más tardar) en una ciudad de emisión neutra de gases de efecto invernadero –GEIs-, reduciendo la dependencia de energética, garantizando la seguridad del suministro, y la estabilidad económica.

2. CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL Y TENDENCIAL EN 2020 Y 2050.

2.1. CONSUMO ACTUAL

En el año 2008, el consumo de energía en el municipio de Vitoria-Gasteiz (sin incluir la industria) fue de 2.858,58 GWh, lo que supone un consumo de 12,09 MWh por habitante.

Sector	[GWh]	[MWh/hab]
Sector residencial	1.081,54	4,57
Sector servicios	596,11	2,52
Sector movilidad	949,45	4,01
Sector primario	85,15	0,36
Ciclo hidrológico	11,48	0,05
Equipamientos y servicios municipales	131,22	0,55
Gestión de residuos y limpieza urbana	22,63	0,10
Total	2.858,58	12,09

Consumos energéticos por sectores en el 2008.

2.2. PREVISIONES PARA 2020 Y 2050

Para realizar los cálculos del consumo en el escenario tendencial se parte de los datos de población, número de viviendas, superficie pública, de equipamientos y comercial real en 2008.

Para el 2020, la proyección de la población es la que consideran las principales fuentes estadísticas (INE, EUSTAT), y está contemplada en los estudios previos del Plan General de Ordenación Urbanística, lo que corresponde a una tasa de crecimiento anual del 0,77%. Respecto a los barrios ya existentes se toma el supuesto de que su población no experimenta variaciones. El crecimiento demográfico se proyecta en los nuevos desarrollos urbanos. Para 2050, se ha estimado un crecimiento anual del 0,25%.

	2008	2020	2050
Población	236.525	256.485	276.046
Viviendas	103.808	122.976	135.435
Espacio público [m ²]	9.563.936	11.725.067	11.725.067
Equipamientos [m ²]	1.297.811	2.010.248	2.010.248
Comercial [m ²]	421.389	620.623	620.623

Evolución de población y superficies entre 2008-2050,

4. CONSUMO ENERGÉTICO POR SECTORES EN EL ESCENARIO DE MÁXIMA EFICIENCIA

3.1. MOVILIDAD INTERNA:

3.1.1. Hacia un nuevo reparto modal

El transporte se caracteriza por una gran ineficiencia energética, debido al gran porcentaje de trayectos que se realiza en VP, usualmente con índices de ocupación muy bajos. Se trata de conseguir un nuevo reparto modal sin afectar a la funcionalidad de la ciudad, lo cual no es tarea sencilla.

	Nº desplazamientos 2006	Reparto modal 2006
A pie	281.235	49,9%
Bicicleta	18.572	3,3%
TP	44.576	7,9%
VP	206.613	36,6%
Otros	13.015	2,3%
Total	564.011	100%

Nº de desplazamientos y reparto modal en 2006

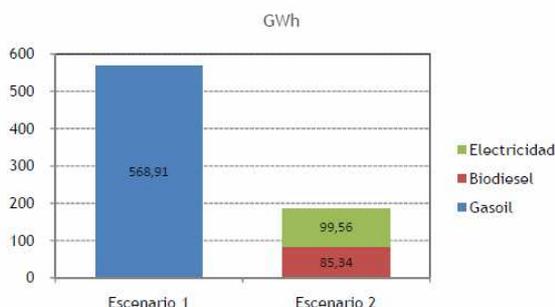
En el escenario de máxima eficiencia únicamente se garantizan los trayectos en transporte privado considerados básicos, reduciéndose a 62.730, obteniéndose un nuevo reparto modal en el que el VP pasa del 36,6% al 10%, y los desplazamientos a pie, en bicicleta y transporte privado alcanzan el 55%, 15% y 20% respectivamente.

La reducción de los desplazamientos en VP prevé una reducción del consumo hasta 568,91 GWh (45,2%):

La supermanzana, permite reorganizar las redes de movilidad, consiguiendo una mayor eficiencia en su funcionamiento, potenciando los medios de transporte alternativos al VP, como la bicicleta y el TP.

3.1.2. Evolución en la tecnología de los vehículos

Es necesaria una transición hacia nuevas tecnologías más eficientes y nuevos combustibles, renovables y más respetuosos con el medio ambiente: vehículos eléctricos, VE, con eficiencia del 80% (20% en los convencionales), y funcionando con electricidad de origen renovable; vehículos híbridos, VH, que pueden suponer una reducción del consumo de hasta un 50%, y finalmente los vehículos de hidrógeno.



Consumo del transporte para el escenario 1 (cambio del reparto modal) y escenario 2 (aplicación de tecnologías verdes)

3.2. SECTOR RESIDENCIAL

Se consideran 8 tipologías de vivienda en función del tipo (unifamiliar y plurifamiliar) y del año de construcción, según las diferentes normativas (NBE-79, CTE-2006).

Plurifamiliar Pre-NBE79: valores de los aislamientos muy desfavorables.

Plurifamiliar Pre-CTE2006: valores de los aislamientos de la NBE-79.

Plurifamiliar Post-CTE2006: valores de los aislamientos del CTE-2006.

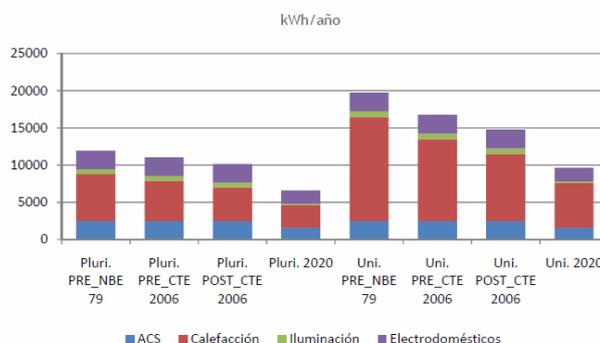
Plurifamiliar 2020: se aplica mejoras en aislamientos respecto CTE-2006, sistemas de ahorro de agua, iluminación y electrodomésticos eficientes...)

Unifamiliar Pre-NBE79: ídem plurifamiliar.

Unifamiliar Pre-CTE2006: ídem plurifamiliar.

Unifamiliar Post-CTE2006: ídem plurifamiliar

Unifamiliar 2020: ídem plurifamiliar



Consumos totales del sector residencial en el escenario tendencial 2020

El consumo tendencial de las 100.959 viviendas ocupadas en 2020, teniendo en cuenta su nº en las distintas categorías y su consumo medio, es de 1.131,22 GWh.

Se considera un escenario de máxima eficiencia en el cual las viviendas construidas alcanzaran una eficiencia óptima y las nuevas estarán construidas con criterios de máxima eficiencia. En base a la adopción de una serie de medidas en la edificación, tanto de nueva construcción como de rehabilitación, se puede obtener valores de consumo energético muy inferiores a los existentes.

Mejorar el aislamiento térmico de fachadas, cubiertas y cerramientos, instalar doble vidrio, usar calderas eficientes (condensación) y asegurar un buen mantenimiento de calderas y radiadores, aprovechar captación solar en verano y evitarla en verano mediante toldos y persianas, regular a 21°C la 1ª interior de la vivienda en invierno y a 24°C en verano.

Reducir la potencia de las bombillas, instalar de luminarias de alto rendimiento, reactancias de bajo consumo, temporizadores y detectores de presencia en zonas de paso (escalera, garaje, etc.), focalizar la luz en los espacios de trabajo.

Disminuir la temperatura del termostato, incorporar elementos limitadores de caudal y difusores en duchas y grifos, adoptar buenos hábitos y reducir al máximo el uso del agua caliente.

Usar electrodomésticos bitérmicos y de eficiencia energética clase A, apagar completamente los aparatos eléctricos cuando no se usen.

Consumos por tipología de vivienda en escenario de máxima eficiencia

Consumos máxima eficiencia [kWh]	Pluri. Reformada	Pluri. nueva construcción	Uni. reformada	Uni. nueva construcción
ACS	2.000	1.500	2.000	1.500
Calefacción	2.500	1.500	3.500	2.500
Iluminación	400	150	500	200
Electrodomésticos	1.800	1.800	1.800	1.800
Total	6.700	4.950	7.800	6.000

Con estos valores de referencia se calcula el consumo energético del sector residencial en el escenario de máxima eficiencia, estimando la existencia en 2050 de un total de 110.418 viviendas habitadas, en 710,31 GWh (40% de ahorro):

GWh/año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Consumo vivienda existente	1.069,93	613,23	42,68%
Consumo nueva vivienda	61,30	97,08	-58,38%
Consumo total	1.131,22	710,31	37,21%

Consumo tendencial 2020 y de máxima eficiencia en doméstico

3.3. SECTOR TERCIARIO Y EQUIPAMIENTOS

Los criterios de máxima eficiencia en estos sectores son los mismos que en el residencial, potenciando además la instalación de sistemas de captación y aprovechamiento de luz natural, sistemas de suelo radiante en edificios con techos altos, sistemas de microgeneración, etc.

El nº de nuevas actividades se considera que aumenta proporcionalmente al crecimiento de la población, mientras que el nº de equipamientos futuros se ha calculado según el PGOU.

Aplicando criterios de máxima eficiencia en la nueva construcción y remodelación de locales, utilizando tecnologías más eficientes y mediante buenos hábitos, se puede lograr ahorros del 45% en el consumo total de energía del sector comercial y equipamientos, reduciendo el consumo anual a 439 GWh.

	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Sector terciario [GWh/año]	706,58	388,42	45,03%
Equipamientos [GWh/año]	86,68	50,54	41,69%
Total [GWh/año]	793,26	438,96	44,66%

Consumo tendencial y de máxima eficiencia en el sector terciario y de equipamientos

3.4. ESPACIO PÚBLICO

Considerando los nuevos barrios, el consumo derivado del alumbrado público en 2020 será de 36,12 GWh. Aplicando criterios de máxima eficiencia este consumo se puede reducir a 21,66 GWh/año (incluso por debajo aplicando tecnología LED).

El consumo de los semáforos en el 2020 podría llegar a ser de 2,15 GWh, que con el cambio de todos ellos a LEDs se vería reducido a 0,37 GWh.

El consumo derivado del mantenimiento de parques y jardines pasa de 0,39 GWh a 0,35 GWh. Es un consumo muy pequeño y su potencial de ahorro muy reducido.

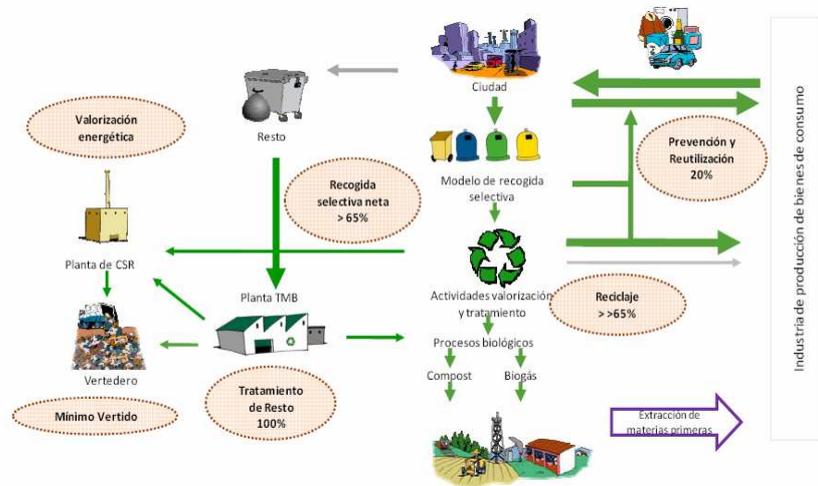
El consumo del espacio público en una situación de máxima eficiencia es de 22,38 GWh/año, con una reducción de más del 42%, debida a la reducción en el AP.

[GWh/año]	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Alumbrado público	36,12	21,66	40,03%
Semáforos	2,15	0,37	82,86%
Parques y jardines	0,39	0,35	10,18%
Total	38,66	22,38	42,11%

Consumo actual y de máxima eficiencia en el espacio público

3.5. GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS Y LIMPIEZA PÚBLICA

Modelo de gestión de residuos



Un aspecto básico en el escenario de emisiones neutras es el modelo de gestión de los residuos, tanto en lo que refiere a la disminución de emisiones directas como de opciones de recuperación energética y de materiales que ayudan a evitar o reducir las emisiones de otros ámbitos.

<p><i>Promover la prevención y la reutilización</i></p> <p><i>Incrementar la valorización de materiales</i></p> <p><i>Optimizar y ambientalizar los servicios de recogida de residuos y limpieza urbana:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> o Disponer de porters eléctricos o Disponer de vehículos híbridos para la recogida (vaciado contenedores, etc.). o Optimizar los programas de recogida neumática. o Reducir los consumos energéticos de las instalaciones y oficinas. <p><i>Tratar el 100% de la fracción Resto y conseguir el mínimo vertido</i></p> <p><i>Maximizar la valorización energética:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> o Fabricación de CSR 	<p><i>Evolución del consumo energético por tipo de servicio</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Tendencial</th> <th>Máxima eficiencia</th> <th>Reducción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recogida de residuos</td> <td>12,51</td> <td>8,71</td> <td>30,38%</td> </tr> <tr> <td>Limpieza urbana</td> <td>5,83</td> <td>3,49</td> <td>40,14%</td> </tr> <tr> <td>Inspección y otros</td> <td>0,16</td> <td>0,11</td> <td>31,25%</td> </tr> <tr> <td>Edificios</td> <td>1,16</td> <td>0,69</td> <td>40,00%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>19,6</td> <td>13,0</td> <td>34,00</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Evolución del consumo energético por tratamiento</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Tendencial</th> <th>Máxima eficiencia</th> <th>Reducción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tratamiento de residuos (Total)</td> <td>11,89</td> <td>12,55</td> <td>-5,55%</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Evolución del consumo energético limpieza y gestión de residuos</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Tendencial</th> <th>Máxima eficiencia</th> <th>Reducción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Limpieza urbana y recogida residuos</td> <td>19,67</td> <td>13,00</td> <td>34,00%</td> </tr> <tr> <td>Tratamiento de residuos</td> <td>11,89</td> <td>12,55</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>31,56</td> <td>25,55</td> <td>19,04%</td> </tr> </tbody> </table>	Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción	Recogida de residuos	12,51	8,71	30,38%	Limpieza urbana	5,83	3,49	40,14%	Inspección y otros	0,16	0,11	31,25%	Edificios	1,16	0,69	40,00%		19,6	13,0	34,00	Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción	Tratamiento de residuos (Total)	11,89	12,55	-5,55%	Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción	Limpieza urbana y recogida residuos	19,67	13,00	34,00%	Tratamiento de residuos	11,89	12,55	-		31,56	25,55	19,04%
Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción																																														
Recogida de residuos	12,51	8,71	30,38%																																														
Limpieza urbana	5,83	3,49	40,14%																																														
Inspección y otros	0,16	0,11	31,25%																																														
Edificios	1,16	0,69	40,00%																																														
	19,6	13,0	34,00																																														
Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción																																														
Tratamiento de residuos (Total)	11,89	12,55	-5,55%																																														
Año	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción																																														
Limpieza urbana y recogida residuos	19,67	13,00	34,00%																																														
Tratamiento de residuos	11,89	12,55	-																																														
	31,56	25,55	19,04%																																														

3.6. CICLO HIDROLÓGICO

3.6.1. Disminución del consumo de agua potable

En 2020 se pretende reducir el consumo residencial per cápita (256.485 habitantes) desde 126 litros diarios en 2008 hasta 99 litros diarios, y alcanzar una eficiencia de la red del 92% (88% en 2008), para una demanda en fuente de 19,00 hm³/año (20,54 hm³/año en 2008) y a 0,87 GWh/año (0,94 GWh/año en 2008) en potabilización.

En 2050 se incrementará la reducción en el consumo residencial per cápita (276.046 habitantes) hasta los 79 litros diarios y la eficiencia de la red se situará en el 95%, con una demanda en fuente de 18,13 hm³/año y a 0,83 GWh/año en potabilización.

3.6.2. Optimización del funcionamiento del sistema de drenaje urbano

La optimización de la EDAR de Crispijana se logra a partir de la disminución de los caudales de las aguas de entrada. El plan de ahorro doméstico reduce a su vez las aguas residuales que llegan a la estación. La reducción en el consumo energético debido a la reducción del caudal, se asume en un 4% para el 2020 y en un 5% para 2050, en referencia a su mismo año sin la aplicación de medidas.

Consumo tendencial y de máxima eficiencia para el ciclo hídrico

[GWh/año]	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Potabilización	1,12	0,83	25,89%
Suministro	6,67	4,97	25,49%
Saneamiento	6,53	5,95	8,88%
Total	13,20	10,92	17,27%

(el suministro Incluye el bombeo y la potabilización)

3.7. SECTOR PRIMARIO

Con la aplicación de las acciones descritas se puede reducir el consumo energético del sector primario en 10,80 GWh/año.

- Agricultura de conservación: uso de los residuos del cultivo anterior, disminuyendo el consumo de energía, principalmente asociada a la maquinaria.
- Optimización en el uso de fertilizantes: ajuste de las dosis de nutrientes, logrando niveles óptimos de productividad y minimizando el impacto ambiental.
- Uso de leguminosas como abonado verde: introducción de cultivos de leguminosas en periodos intermedios, dentro del ciclo anual de los cultivos, incrementando la fertilidad del suelo, mejorando la producción del cultivo asociado, y permitiendo a medio y largo plazo un ahorro sustancial en fertilizantes nitrogenados.
- Uso de los residuos ganaderos como fertilizantes orgánicos: el abono de fondo enriquece el suelo con nutrientes y materia orgánica, preparándolo para la siembra, con un ahorro en fertilizantes químicos.
- Explotaciones de ganadería extensiva: uso de pastos, pastizales y herbazales para la alimentación de ganadería mediante explotaciones de ganadería extensiva.
- Desarrollo de ganadería extensiva de equino y caprino mediante sistemas silvopastoriles.

Consumo actual y de máxima eficiencia en el sector primario

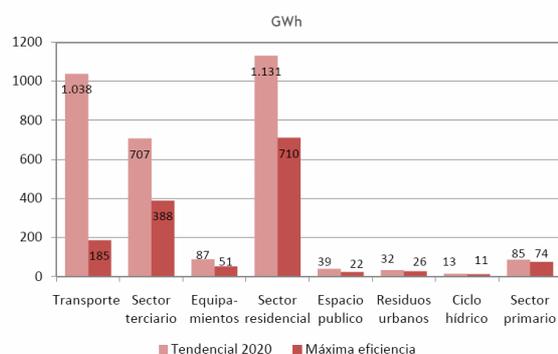
[GWh/año]	Tendencial 2020	Máxima eficiencia	Reducción
Sector primario	85,15	74,35	12,68%

3.8. CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL

En el escenario de máxima eficiencia, el consumo energético del municipio de Vitoria-Gasteiz se puede reducir más de un 53%, lo que supone un consumo de 1.467,36 GWh/año. El consumo anual por habitante es de 5,32 MWh, siendo el sector residencial el más consumidor, seguido por el sector terciario y la movilidad.

Consumo energético tendencial 2020 y de máxima eficiencia por sectores

Usos [GWh]	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Transporte	1.037,62	184,90	82,18%
Sector terciario	706,58	388,42	45,03%
Equipamientos	86,68	50,54	41,69%
Sector residencial	1.131,22	710,31	37,21%
Espacio público	38,66	22,38	42,11%
Residuos urbanos	31,56	25,55	19,04%
Ciclo hídrico	13,20	10,92	17,27%
Sector primario	85,15	74,35	12,68%
Total	3.130,68	1.467,36	53,13%



Si se diferencia el consumo energético por fuentes se obtiene la siguiente distribución:

Fuentes [GWh]	Tendencial	Máxima eficiencia	Reducción
Electricidad	939,11	795,41	15,30%
E. Térmica	1.136,50	574,84	49,42%
Combustible	1.055,07	97,11	90,80%
Total	3.130,68	1.467,36	53,13%

Consumo energético tendencial y de máxima eficiencia por fuentes (GWh/año)

4. PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ESCENARIO DE MÁXIMA EFICIENCIA

Cubrir el 100% de la demanda energética con fuentes renovables no es una tarea fácil.

Por un lado, existe una limitación en la producción, ya que el municipio dispone de recursos finitos. Dentro de la propia ciudad solo se proponen instalaciones solares térmicas, solares fotovoltaicas, mini eólicas, geotérmicas y el aprovechamiento de los residuos sólidos. Esta limitación obliga a proponer que se utilice la totalidad del territorio de Álava para abastecer Vitoria mediante otras tecnologías (eólica, hidráulica, biomasa, etc.), considerando que solo una parte de la energía producida irá destinada a la misma. Este porcentaje se calcula en base a la población, como el 75% reside en Vitoria, un reparto equitativo supondría mantener el mismo porcentaje de energía destinada a la ciudad.

Por otro lado, existen problemas de acople de la producción a la demanda, tanto en la demanda-producción térmica como eléctrica. Además, en el caso de la electricidad, la actual red no está diseñada para soportar un sistema basado en energías renovables.

4.1. ENERGÍA EÓLICA

El aprovechamiento de los recursos eólicos es básico para una ciudad autosuficiente energéticamente. El problema es el tamaño de los generadores, que pueden llegar a medir más de 100 m, por eso su implantación dentro de la ciudad no es posible.

Por otro lado, se están desarrollando generadores de menor tamaño que pueden ubicarse dentro de la ciudad, en tejados o en zonas poco urbanizadas. Esta es una tecnología en desarrollo, con precios de mercado elevados si se los compara con los generadores de gran tamaño.

4.1.1. Parques eólicos

Actualmente hay una potencia instalada de 109,1 MW, con una producción eléctrica anual de 291 GWh. La potencia instalada a corto plazo (2020) puede aumentar hasta 300 MW, mediante la instalación de nuevos mini parques y la repotenciación y ampliación de los parques existentes. La producción energética será proporcional a la potencia instalada con unas reducciones de un 20% por aprovechamiento de emplazamientos con bajas velocidades, del 5% por el transporte de la electricidad, y solo un 75% corresponde al municipio de Vitoria-Gasteiz. Así, la producción eléctrica sería de 497,57 GWh/año.

4.1.2. Energía mini eólica

El potencial estimado establece una potencia instalada de 4 MW. Para establecer la producción energética se analizaron varios modelos de generadores mini-eólicos para las condiciones generales en Vitoria, obteniendo 4,5 kWh/Wp. Considerando unas pérdidas por transporte del 5%, se obtiene una producción eléctrica de 17,10 GWh/año.

La potencia instalada en energía eólica puede aumentar de forma sostenible hasta llegar a los 304 MW. La energía generada se estima en 514,67 GWh/año.

Tecnología	Potencia [MW]	Energía [GWh/año]
Parques eólicos	300	497,57
Generadores mini eólicos	4	17,10
Total	304	514,67

Potencia instalada y producción energética con energía eólica

4.2. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Se propone un sistema capaz de cubrir el 100% de la demanda térmica de baja temperatura (calefacción y ACS) a partir paneles solares térmicos. Estos se complementan con un sistema auxiliar para condiciones meteorológicas adversas: una bomba de calor en que el foco frío es un depósito estacional alimentado por los mismos paneles solares térmicos. Las placas térmicas se ubican en la cubierta, junto a una instalación fotovoltaica que suministra la electricidad necesaria para el funcionamiento de la bomba. Incluye una caldera auxiliar de GN para cuando se interrumpa el funcionamiento de la bomba térmica (por avería o mantenimiento).

También se ha analizado el sistema con la incorporación de una máquina de adsorción, para generar frío a partir del sol, lo que requeriría una superficie mayor de placas.

Debido a las condiciones meteorológicas de la ciudad, el consumo en refrigeración es bajo, por lo que no se recomienda el sistema para las viviendas, si en cambio para servicios y equipamientos.

Se propone la Implantación del sistema en todos los edificios de nueva construcción. Para los edificios existentes se propone una instalación de paneles solares térmicos para cubrir el 65% de la demanda de ACS.

La demanda térmica en el sector residencial en situación de máxima eficiencia (2050) se ha calculado en 471,88 GWh. Con la instalación de los sistemas descritos se cubriría un total de 177,38GWh, es decir un 37,59% de la demanda térmica total.

La demanda térmica (calor y frío) en el sector servicios en situación de máxima eficiencia (2050) se ha calculado en 101,85 GWh. Con la instalación de los sistemas descritos se cubriría un total de 24,77 GWh, es decir un 24,12% de la demanda térmica total.

La demanda térmica (calor y frío) en los equipamientos en situación de máxima eficiencia (2050) se ha calculado en 27,72 GWh. Con la instalación de los sistemas descritos se cubriría un total de 8,80 GWh, es decir un 31,76% de la demanda térmica total.

	Demanda total [GWh/año]	Solar térmica [m ²]	Solar FV [kW]	Energía cubierta [GWh/año]	% cobertura
Residencial	471,88	280.344	1.968	177,38	37,59%
Servicios	27,72	15.000	150	8,80	31,76%
Equipamientos	101,85	48.500	800	24,57	24,12%
Total	601,44	343.844	2.918	210,75	35,04%

Demanda, cobertura y características de las instalaciones de energía solar térmica para los distintos sectores en escenario de máxima eficiencia

Con energía solar térmica se podría cubrir hasta el 35% de la demanda de calor y frío de las edificaciones en el escenario de máxima eficiencia.

4.3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía fotovoltaica ofrece uno de los mayores potenciales de producción de energía eléctrica dentro de la ciudad. En la actualidad es una tecnología cara y con eficiencias muy bajas.

4.3.1. Parques solares

Se propone instalar, con la ampliación de los huertos existentes y la creación de nuevos, una potencia de 10 MW, que producirían aproximadamente 13,68 GWh/año. Considerando unas pérdidas del 5% en la red y que solo el 75% de la energía se asignaría a Vitoria-Gasteiz, se disponen de 9,75 GWh/año.

4.3.2. Instalaciones solares fotovoltaicas sobre tejado

Se estima que la superficie total de cubiertas en el municipio es de 25.500.000 m². No obstante, por orientaciones inadecuadas, sombras u otros problemas técnicos, además de la superficie requerida para cubrir la demanda térmica, solo se considera la utilización potencial del 10%. El escenario más viable para el 2050 es el que supondría una potencia instalada de 75 MW, con una producción de 71,52 GWh/año.

4.3.3. Otras instalaciones solares fotovoltaicas. Nuevas tecnologías fotovoltaicas

Las ventanas solares son las que están más desarrolladas y probablemente tengan una implantación a corto plazo. El escenario más viable para el 2050 es el que supone una superficie aproximada de ventanas de 475.000 m², y una producción de 71,78 GWh/año.

Tecnología	Potencia [MW]	Energía [GWh/año]
Instalaciones sobre tejado	75	71,52
Ventanas solares	47	71,78
Parques solares	10	9,75
Total	132	153,05

Potencia instalada y producción energética con energía solar fotovoltaica

4.4. HIDROELÉCTRICA

Hay un potencial de 62 MW de centrales mini-hidráulicas. Además, Álava dispone de dos centrales hidroeléctricas, con una potencia total de 113 MW. Considerando unas pérdidas del 5% por transporte y una reducción del 25% por la parte que le corresponde al territorio alavés, obtenemos una producción eléctrica de 407,04 GWh/año (429,65 GWh/año).

4.5. BIOMASA

Solamente se plantea la obtención de energía a partir de los residuos de la biomasa, sin considerar los cultivos energéticos.

4.5.1. Residuos agrícolas

Hay un potencial de 180.000 t/año, básicamente paja de cereal, que actualmente es enviada en una parte fuera de Álava. Existe un proyecto aprobado de una planta de cogeneración para tratar 110.000 t/año de este residuo, con una potencia eléctrica de 18 MW y térmica de 60 MW. La planta funcionaría 8.000 h anuales, con una producción eléctrica de 136,80 GWh. Considerando la parte correspondiente a Vitoria (75%) y unas pérdidas del 5% en la red, la energía sería de 102,60 GWh/año. Para las 70.000 t/año restantes, se propone su fermentación para producir bioetanol, con una producción estimada de 28.000.000 litros de bioetanol, que considerando que sólo un 75% pertenece a Vitoria, daría una energía equivalente de 124,13 GWh/año.

4.5.2. Residuos forestales

Solo se considera el potencial dentro del municipio. Este se estima en 7.640 t/año de biomasa residual (considerando que un 20% vuelve a la tierra). Se propone el tratamiento de estos residuos forestales en una planta de cogeneración (eficiencia eléctrica del 35% y eficiencia térmica del 50%). La energía producida es de 7,68 GWh/año (pérdidas del 5% en la distribución) y 11,55 GWh/año.

4.5.3. Residuos de ganadería

Existe un proyecto aprobado para la construcción de una planta de metanización con cogeneración para el aprovechamiento de los purines, con una potencia eléctrica de 3 MW y térmica de 16 MW. Se estima una producción anual de 12,9 GWh eléctricos, de los cuales 9,19 GWh corresponden a Vitoria. La energía térmica se usa en el propio proceso para el secado de los residuos.

4.5.4. Madera industrial

Hay un potencial de 6.000 t/año de residuos de madera, lo que supone un potencial energético de 29,08 GWh/año. Se propone el uso de ese potencial en la misma planta de cogeneración de los residuos forestales (eficiencia eléctrica del 35% y eficiencia térmica del 50%). Se aplican los rendimientos descritos y se considera que solo un 75% corresponde a Vitoria. Con el potencial descrito se podrían generar cada año aproximadamente 7,25 GWh eléctricos y 10,91 GWh térmicos.

A partir del aprovechamiento de estos residuos, la biomasa puede tener una contribución muy importante en el suministro energético que se estima en 273,31 GWh/año.

	Energía eléctrica [GWh/año]	Energía térmica [GWh/año]	Combustibles [GWh/año]	Total [GWh/año]
Residuos agrícolas	102,60	-	124,13	226,73
Residuos forestales	7,68	11,55	-	19,23
Residuos ganaderos	9,19	-	-	9,19
Madera industrial	7,25	10,91	-	18,16
Total	126,72	22,46	124,13	273,31

Producción energética a partir de residuos de biomasa

4.6. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Se estima una generación energética de 81,98 GWh/año a través de la gestión de los residuos urbanos.

La energía de los RSU puede obtenerse de 4 procesos principalmente:

- tratamiento de la fracción orgánica por metanización: biogás y energía eléctrica.
- Mantenimiento de los niveles de captura de biogás en el vertedero para la generación de electricidad.
- valorización energética del rechazo de la planta de TMB a través de la producción de combustible sólido recuperado (CSR) para su posterior uso como combustible alternativo en cementeras.
- producir biodiesel a partir de aceites vegetales usados.

Valorización energética de los residuos

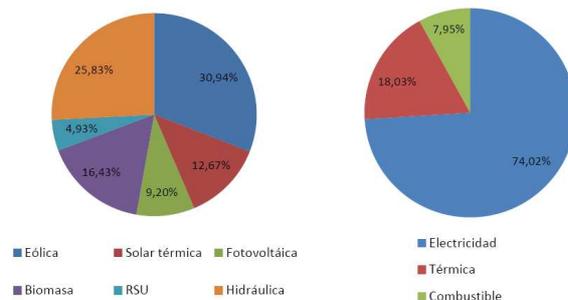


4.7. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA TOTAL

La producción total que se puede obtener para Vitoria es de 1.663,42 GWh/año.

Fuente	Electricidad [GWh/año]	Térmica [GWh/año]	Combustible [GWh/año]	Energía total [GWh/año]
EÓLICA	Minieólica	17,10		17,10
	Eólica convencional	497,57		497,57
	TOTAL EOLICA	514,67		514,67
SOLAR		210,75		210,75
	Fotovoltaica	153,05		153,05
	Residuo Agrícolas	102,60		102,60
BIOMASA	Residuos forestales	7,68	11,55	19,23
	Ganadería	9,19		9,19
	Madera Industrial	7,25	10,91	18,16
TOTAL BIOMASA	126,72	22,46	124,13	273,31
RSU	7,12	66,76	8,10	81,98
HIDRÁULICA	429,65			429,65
TOTAL	1.231,22	299,97	132,23	1.663,42

Potencial de producción de energía renovable para Vitoria-Gasteiz.



Distribución de la producción de energía renovable por tecnologías y fuentes.

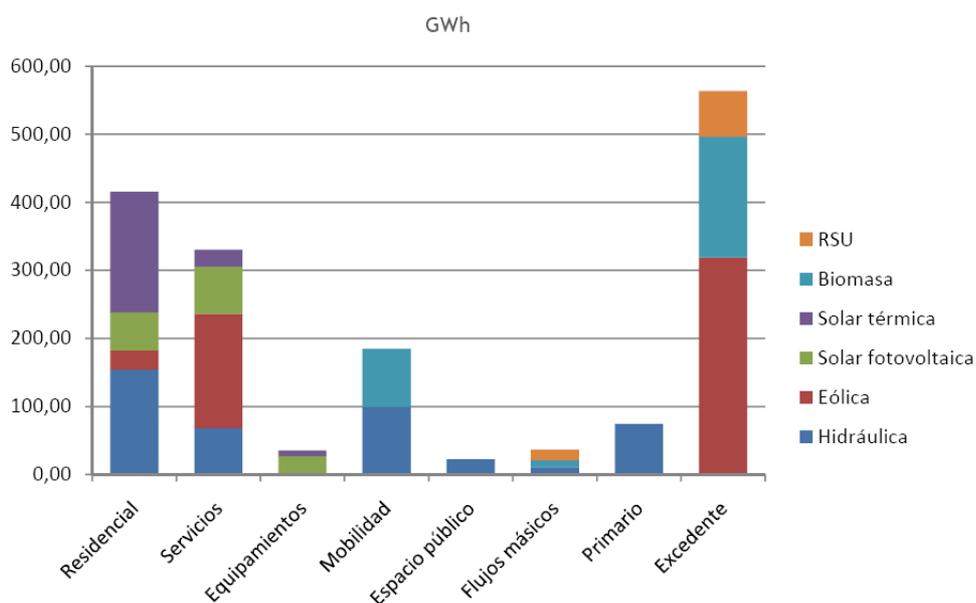
5. BALANCE ENERGÉTICO Y DE EMISIONES GEIs

5.1. BALANCE ENERGÉTICO.

Generando el máximo potencial en energías renovables y reduciendo el consumo al máximo se llega a un balance en que la energía producida supera a la consumida:

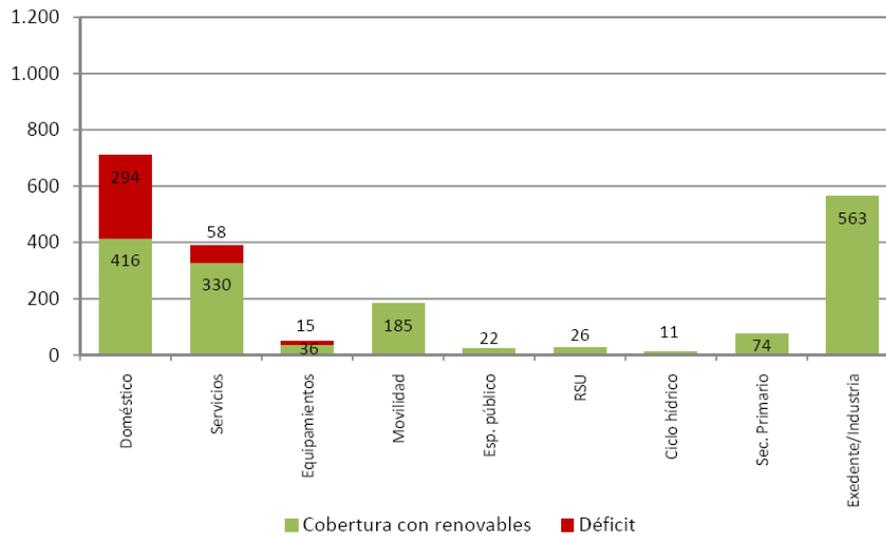
Fuentes	Consumo energético [GWh/año]	Energía producida con renovables [GWh/año]	Balance [GWh/año]
Electricidad	795,41	1231,22	435,80
E. Térmica	574,84	299,97	-274,88
Combustible	97,11	132,23	35,13
Total	1.467,36	1.663,42	196,05

Balance energético en el escenario de autoabastecimiento y máxima eficiencia



Demanda por sectores y cobertura por cada tecnología de renovables

El principal problema del autoabastecimiento es cubrir la demanda térmica en edificaciones existentes. Las viviendas nuevas pueden diseñarse para autoabastecerse térmicamente con placas solares y acumuladores de energía, con energía geotérmica, etc.



Distribución de la producción de energías renovables en los diferentes sectores

5.2. BALANCE DE EMISIONES

5.2.1. Emisiones directas

Con el escenario de máxima eficiencia y producción de energías renovables, las emisiones únicamente son debidas a cubrir la demanda térmica en los edificios existentes que no puede ser cubierta con fuentes renovables.

La energía necesaria para esos edificios es de 367,41 GWh/año, que considerando GN como combustible, supone unas emisiones de 74.507,79 t CO_{2e}/año.

Estas emisiones suponen una reducción del 88,1% respecto al escenario de eficiencia 2020, donde se aplican las acciones de reducción y producción de renovables, y una reducción de 91,3% respecto el 2006 (año base del Plan de Lucha contra el Cambio Climático de Vitoria-Gasteiz).

5.2.2. Sumideros

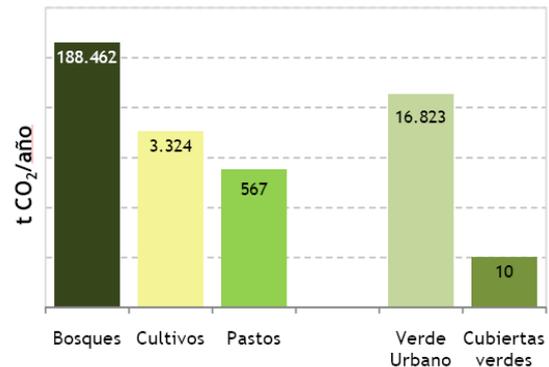
El potencial como sumidero de la superficie forestal del municipio es considerablemente elevado, siendo bosques naturales más del 29% de su superficie. Se puede potenciar todavía más su capacidad aumentando la superficie forestal, en zonas intersticiales, es decir, entre campos de cultivo y entre infraestructuras viarias, aumentando el potencial de sumidero hasta las 188.462 t CO_{2e}/año.

Para aumentar la capacidad de fijación del verde urbano se propone aumentar la superficie de cubiertas y muros verdes en la ciudad. Considerando unos 40.000 m² como superficie potencial para la instalación de cubiertas verdes en equipamientos, se conseguiría aumentar el potencial sumidero del verde urbano en unas 10 t CO_{2e}/año.

Con las acciones propuestas, aumento de la masa boscosa intersticial y con cubiertas verdes en los equipamientos públicos se pueden llegar a fijar anualmente un 30% más de CO₂.

	Actual [t CO ₂ eq fijado/año]	Futuro [t CO ₂ eq fijado/año]
Sumideros	160.546	209.186

Potencial actual y futuro de secuestro de CO₂eq por usos del suelo



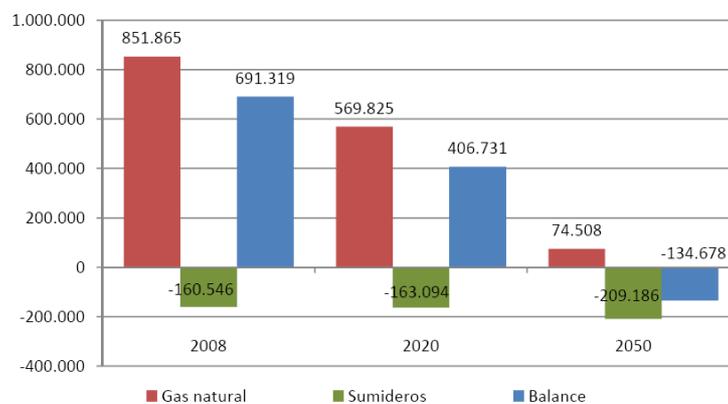
5.2.3. Balance total

En total se llega a un escenario en que el computo total de emisiones es negativo (-134.678 t CO₂eq/año). Este es un objetivo muy ambicioso y que requiere un gran esfuerzo, tanto social como económico.

Sin embargo lograr una ciudad que absorbe carbono en lugar de emitirlo y que prácticamente tiende al autoabastecimiento con recursos propios, y lo que es más importante renovables, sería un modelo a seguir en todas las ciudades del mundo.

Fuentes	Emisiones [tn CO ₂ /año]
Gas natural	74.508
Sumideros	-209.186
Total	-134.678

Emisiones en el escenario neutro en emisiones



Balance de emisiones para los distintos escenarios

6. CONCLUSIONES

Lograr que Vitoria-Gasteiz sea una **ciudad neutra en emisiones y autoabastecible energéticamente** es un objetivo ambicioso, pero **viable**, que plantea las siguientes líneas de actuación:

- i. **Replantar el sistema de movilidad interna actual**, reduciendo drásticamente los desplazamientos en vehículo privado (> 70%) y potenciando sistemas de transporte más eficientes y respetuosos: mayor uso del transporte público y de la bicicleta, transición hacia vehículos eléctricos e híbridos,... Con ello se puede reducir el consumo de este sector en un 82%.
- ii. **Reducir la demanda energética de los edificios actuales**, por un lado, rehabilitando la envolvente, por otro, reduciendo el consumo, sustituyendo electrodomésticos, iluminación, calderas por sistemas más eficientes. Con ello se puede lograr un consumo medio por vivienda inferior a 7.000 kWh/año (reducción de más del 40% respecto el valor actual).
- iii. **Diseñar y construir los nuevos edificios con criterios de máxima eficiencia** (orientación adecuada, sistemas solares pasivos, captación de luz natural, suelo radiante, equipos de máxima eficiencia...). Con estos criterios se puede lograr un consumo inferior a 5.000 kWh/año por vivienda.
- iv. **Reducir el consumo energético del espacio público**, principalmente sustituyendo el alumbrado y los semáforos por sistemas más eficientes, logrando una reducción del consumo energético de más del 40%.
- v. **Minimizar la generación de residuos** e implantar un modelo de gestión que potencie, en primer lugar, **su valorización material** y, en segundo lugar, **su valorización energética**. Esto aunque no supone un ahorro energético genera energía, unos 88,4 GWh anuales.
- vi. **Disminuir el consumo de agua potable** mediante la mejora en la eficiencia de la red, el cambio en los hábitos de consumo, la instalación de ahorradores y el impulso al uso de fuentes hídricas no convencionales (pluviales, grises...). Estas acciones permiten alcanzar un ahorro energético del 17% respecto al valor actual.
- vii. **Reducir las emisiones del sector primario y conseguir el autoabastecimiento en alimentos**. Se puede lograr mediante la producción sostenible de productos locales y promocionando su consumo en el municipio. Se promueve el comercio local, estableciendo una red de productores locales de alta calidad.
- viii. **Lograr los potenciales de producción energética con fuentes renovables dentro del municipio**. El techo de producción se sitúa en 460 GWh/año, principalmente a partir de la captación de energía solar (térmica y fotovoltaica), con contribución de la mini eólica y del aprovechamiento de los RSU.
- ix. **Aumentar la producción energética renovable en el territorio alavés** (biomasa, hidráulica, eólica, huertos solares) para abastecer al municipio de Vitoria. La energía producida es básicamente eléctrica (centrales hidroeléctricas y parques eólicos). También es destacable la contribución de la biomasa, principalmente para la generación de biocombustibles.

- x. **Desarrollar un sistema eléctrico inteligente** capaz de garantizar el suministro eléctrico en todo momento y en todas partes del municipio (redes inteligentes, sistemas de almacenamiento mediante centrales hidroeléctricas reversibles, ...).
- xi. **Aumentar la capacidad de captación de CO₂ del verde urbano** a partir de cubiertas verdes (+40.000 m²) **y del área forestal** (+2.500 ha), consiguiendo una capacidad de fijación total de unas 209.186 t CO₂.

7. REFERENCIAS

- o Plan de Lucha contra el Cambio Climático de Vitoria-Gasteiz (2010-2020). Agencia de Ecología Urbana de Barcelona / Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.
- o Vitoria-Gasteiz: ciudad neutra en carbono. Escenario 2020-2050. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona / Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

