

**GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE  
CARBONO EN LA EVALUACIÓN AMBIENTAL  
ESTRATÉGICA DEL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO  
DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA RIOJA**



Primera edición. Diciembre de 2017

©Gobierno de La Rioja, 2017

Dirección General de Calidad Ambiental y Agua

Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente

Prado Viejo, 62 bis

26071- Logroño (La Rioja)

T. 941291100

F. 941291705

© De los textos: Fernando Sobrino Olmedo (Universidad Politécnica de Madrid)

© Coordinación: Estela Carnero Fuente, José M<sup>a</sup> Infante Olarte (Dirección General de Calidad Ambiental y Agua)

Ninguna parte de esta publicación puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitido de ninguna manera, ni por ningún medio, sin la autorización previa, por escrito, de los titulares del copyright. Si solo va a constar una parte de este trabajo en algún documento, será suficiente con incluir una referencia a los autores del mismo.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	6
1. CÁLCULO DE EMISIONES DE ALCANCE 1 Y 2 DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (tCO <sub>2</sub> eq).....	10
1.1 CAMBIO DE USO DEL SUELO DE AGRÍCOLA O FORESTAL A URBANO (tCO <sub>2</sub> /ha) .....	10
1.2 OBRAS DE URBANIZACIÓN. REPERCUSIÓN POR VIVIENDA (tCO <sub>2</sub> eq/VIVIENDA Y AÑO).....	10
1.3 FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL DESARROLLO URBANO. REPERCUSIÓN POR VIVIENDA (tCO <sub>2</sub> eq/VIVIENDA Y AÑO) .....	11
1.3.1 Suministro y depuración del agua.....	12
1.3.2 Consumo eléctrico en los hogares.....	13
1.3.2.1 Demanda de energía .....	13
1.3.2.2 Demanda de energía eléctrica.....	14
1.3.3 Recogida de residuos sólidos urbanos .....	15
2. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS A INCORPORAR EN LA NORMATIVA URBANÍSTICA.....	16
1. Usos y consumo de suelo.....	16
2. Espacios naturales y biodiversidad.....	17
3. Gestión del agua .....	18
4. Gestión de la energía, calidad del aire y cambio climático.....	19
5. Condiciones acústicas, lumínicas y electromagnéticas.....	20
6. Gestión de residuos.....	20
7. Movilidad .....	20
8. Rehabilitación y recuperación de zonas urbanas.....	21
9. Materiales de construcción .....	21
10. Riesgos naturales y tecnológicos .....	22
11. Salud humana .....	22
12. Otros aspectos a considerar .....	22
2.1 COMPENSACIÓN DE LA PÉRDIDA DE RESERVAS DE CARBONO Y DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN.....	23
2.1.1 Porcentaje del suelo urbanizado destinado a zonas verdes.....	23
2.1.2 Establecimiento de cubierta vegetal en los edificios proyectados .....	24
2.2 REDUCCIÓN Y/O COMPENSACIÓN DE LAS EMISIONES DE ALCANCE 1 DE DIRECTA RESPONSABILIDAD DEL PROMOTOR .....	24

2.2.1 Obras de urbanización.....	25
2.2.1.1. Reutilización y compensación de tierras y residuos procedentes del movimiento de tierras .....	25
2.2.1.2 Dimensionado en planta del viario (calzadas y franjas de aparcamiento) .....	26
2.2.1.3 Redes de distribución de agua .....	26
2.2.2 Mantenimiento de jardines y elementos comunes .....	28
2.2.3 Movilidad obligada.....	28
2.3 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI GENERADAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LAS VIVIENDAS E INDUSTRIAS PROYECTADAS. APLICACIÓN DEL OBJETIVO DE "CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO" .....	30
2.4 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO GENERADAS POR EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD DE LA URBANIZACIÓN .....	33
2.4.1 Alumbrado público.....	33
2.4.2 Gestión de residuos.....	34
2.4.3 Energías alternativas .....	35
2.5 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR RECUPERACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA Y CONTRIBUCIÓN A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO .....	36
2.5.1 Reducción del consumo energético asociado al ciclo urbano del agua.....	37
2.5.2 Incorporación del agua local, aprovechamiento del agua de lluvia y reutilización de aguas grises.....	38
2.6 AUMENTO DE LA PERMEABILIDAD DE ACERAS Y DEMÁS ELEMENTOS DE LA URBANIZACIÓN.....	39
2.6.1 Reducción del abuso de productos cementosos.....	40
2.6.2 Reducción del abuso de productos bituminosos .....	41
2.6.3 Integración de alcorques en franjas de aparcamiento.....	41
2.6.4 Superficies permeables .....	42
3. REFERENCIAS .....	44

## INTRODUCCIÓN

La **evaluación ambiental estratégica (EAE)** o evaluación ambiental de planes y programas constituye uno de los instrumentos de prevención más útiles que existen para la integración de los aspectos ambientales en la toma de decisiones de planes y programas públicos.

Serán objeto de EAE, ya sea mediante procedimiento ordinario o simplificado, aquellos planes y programas, así como sus modificaciones, que se hallen en el ámbito de aplicación definido en el artículo 6 de la [Ley 21/2013](#), de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, según se recoge en los artículos 9 y 16 de la [Ley 6/2017](#), de 8 de mayo, de protección del medio ambiente de La Rioja.

Con la entrada en vigor de esta normativa ha quedado expresamente derogado el Decreto 20/2009, de 3 de abril, por el que se regula el procedimiento administrativo de evaluación ambiental de planes y programas, ya sin efectos desde la entrada en vigor en La Rioja de la mencionada Ley 21/2013.

Aunque las directivas comunitarias en materia de evaluación ambiental aún no obligan a ello, pero con la previsión de que en breve será un mandato comunitario, y en todo caso por entender que es una referencia ineludible, la Ley 21/2013 introduce la obligación de que la evaluación ambiental tenga en consideración el **cambio climático**, para lo cual deberán utilizarse las informaciones y técnicas disponibles en cada momento.

Y es que existe un consenso científico, casi generalizado, de que las emisiones antropogénicas de **gases de efecto invernadero (GEI)** están generando un calentamiento del planeta sin precedentes y una alteración climática global, con serios impactos sobre el planeta.

España en general, y La Rioja en particular, por su situación geográfica, su fisiografía y su climatología, son muy vulnerables al cambio climático.

El más importante de los GEI antropogénicos es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y para mitigar el desequilibrio de su alta concentración en la atmósfera hay dos vías principales: una es reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y otra aumentar la absorción de CO<sub>2</sub> por medio de la fotosíntesis de los vegetales.

Existe información de distintas fuentes que permite situarnos en un punto de partida a nivel municipal sobre las emisiones y proyección de emisiones de GEI. Cabe mencionar la información oficial del [Sistema Español de Inventario \(SEI\)](#) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, relativa a las emisiones de GEI por Comunidades Autónomas a partir del inventario español, que muestra para cada año el flujo anual de emisiones de GEI y de otros contaminantes a la atmósfera. Para ello se utilizan las fuentes de información por sectores disponibles y la metodología

internacionalmente acordada y recogida en las [Guías de IPCC](#) y complementariamente de [EMEP-CORINAIR](#), de estimación de emisiones por tipo de gas dentro de cada sector de actividad económica.

En base a dicha fuente se conocen los datos de emisiones a nivel nacional y autonómico. En el año 2014 las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente alcanzaron en España la cantidad de 328.926 kt y en La Rioja de 1.924 kt. Así, si consideramos la población actual de La Rioja, en dicho año cada habitante emitió **6,03 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente** (por debajo de la media nacional, que fue de 7,13).

Por todo ello, la **Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental** incorpora el factor del cambio climático tanto para el procedimiento de evaluación ambiental estratégica de planes y programas como para el de evaluación de impacto ambiental de proyectos.

En cuanto al procedimiento de **EAE ordinaria** se refiere, esta obligación se desarrolla a lo largo de distintas fases de la tramitación (artículo 17):

a) **Solicitud de inicio** (artículo 18): El documento inicial estratégico deberá contener información acerca de los potenciales impactos ambientales del plan o programa evaluado, tomando en cuenta el cambio climático.

b) **Elaboración del estudio ambiental estratégico** (artículo 20):

Además del definido por el órgano ambiental en el documento de alcance, su contenido mínimo viene recogido en el anexo IV de esta Ley, donde el cambio climático queda expresamente citado en los siguientes apartados:



“3. Las características medioambientales de las zonas que puedan verse afectadas de manera significativa y su evolución teniendo en cuenta el cambio climático esperado en el plazo de vigencia del plan o programa;

6. Los probables efectos significativos en el medio ambiente, incluidos aspectos como la biodiversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, su incidencia en el cambio climático, en particular **una evaluación adecuada de la huella de carbono asociada al plan o programa**, los bienes materiales, el patrimonio cultural, el paisaje y la interrelación entre estos factores;

7. Las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, compensar cualquier efecto negativo importante en el medio ambiente de la aplicación del plan o programa, incluyendo aquellas para mitigar su incidencia sobre el cambio climático y permitir su adaptación al mismo.”

c) **Análisis técnico del expediente** (artículo 24): El órgano ambiental realizará un análisis técnico del expediente y de los impactos significativos de la aplicación del plan o programa en el medio ambiente, que tomará en consideración el cambio climático.

En lo que respecta al procedimiento de **EAE simplificada**, el documento ambiental estratégico que el promotor debe elaborar en la fase de inicio deberá incluir, entre otra información, las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, corregir cualquier efecto negativo relevante en el medio ambiente de la aplicación del plan o programa, tomando en consideración el cambio climático (artículo 29).

Por tanto, y a pesar de que el cambio climático es considerado en ambos procedimientos, solo el trámite ordinario exige la evaluación de la huella de carbono asociada al plan o programa, que adquiere especial importancia en las figuras del planeamiento urbanístico e instrumentos de ordenación del territorio, ya que en La Rioja suponen el 95% de los planes y programas sometidos a EAE.



A la vista de todo lo anterior, deberá realizarse un análisis de la huella de carbono asociada en aquellos estudios ambientales estratégicos elaborados en los procedimientos de evaluación ambiental ordinaria de aquellas figuras del planeamiento urbanístico e instrumentos de ordenación del territorio que deben someterse a este trámite según la normativa vigente en La Rioja.

Con el fin de facilitar esta labor, la [Dirección General de Calidad Ambiental y Agua](#), como órgano ambiental de la Comunidad Autónoma de La Rioja, edita esta Guía en la que se proporcionan las herramientas para el cálculo de la huella de carbono (HC) de un futuro desarrollo urbanístico en función de la superficie a urbanizar y del número de viviendas proyectadas en el mismo.

La HC permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que son liberados a la atmósfera como consecuencia de una actividad determinada, bien sea la actividad necesaria para la fabricación de un producto, para la prestación de un servicio, o para el funcionamiento de una organización.

Esta cuantificación facilita ser conscientes del impacto que genera dicha actividad en el calentamiento global, convirtiendo de esta manera la HC en una herramienta de sensibilización ambiental de gran valor. Hoy en día, ya se perfila como un elemento diferenciador de las organizaciones que deciden comprometerse con el medio ambiente y apuestan por el desarrollo de una actividad sostenible.

Es crucial, por otro lado, entender la HC no sólo como un mero elemento de cálculo, sino como un primer paso en el camino de la mejora y el compromiso en la reducción de emisiones de GEI. En ello reside, sin duda, su gran contribución a la lucha contra el cambio climático.



La Guía incluye asimismo un listado de actuaciones y recomendaciones a la hora de proyectar y construir un desarrollo urbanístico, así como para su posterior mantenimiento y gestión, encaminadas a reducir las emisiones y aumentar las inmisiones de CO<sub>2</sub>.

Todas estas intervenciones quedarán integradas dentro de una **hoja de cálculo** que permitirá cuantificar cada actuación y medir el impacto tanto del propio desarrollo urbanístico como de las posibles medidas correctoras a tomar con el fin de minimizar su contribución al cambio climático.



## 1. CÁLCULO DE EMISIONES DE ALCANCE 1 Y 2 DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ( tCO<sub>2</sub>eq)

### 1.1 CAMBIO DE USO DEL SUELO DE AGRÍCOLA O FORESTAL A URBANO (tCO<sub>2</sub>/ha)

El papel de los bosques frente al cambio climático es esencial, ya que acumulan el 80% del carbono de la biomasa aérea vegetal mundial y son el sumidero natural de CO<sub>2</sub> más importante del que dispone la sociedad.

En la siguiente tabla se describe la captura potencial de CO<sub>2</sub> en función del tipo de cubierta vegetal, lo que permite calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> que se va a dejar de capturar si se realiza un desarrollo urbanístico en una zona agrícola o forestal.

Uso del suelo	Captura potencial (tCO <sub>2</sub> /ha)
Chopera	18,66
Coníferas	19,24
Cultivos herbáceos de regadío	36,75
Cultivos herbáceos de secano	13,45
Arbustos	4,5
Olivar de secano	6,59
Olivar de regadío	20,12
Pradera	8,82
Pradera con arbustos	5,94
Viñedo de regadío	19,11
Viñedo de secano	6,26
Frutales de regadío	21,92
Frutales de secano	6,3
Cultivos hortícolas	12,58
Coníferas y eucalipto	31,26
Viñedo con frutales	6,28
Pastos naturales	6,33

**Tabla 1: Captura potencial de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>/ha)**

## 1.2 OBRAS DE URBANIZACIÓN. REPERCUSIÓN POR VIVIENDA (tCO<sub>2</sub>eq/VIVIENDA Y AÑO)

Tras consultar los distintos autores que han realizado estudios sobre la HC de las diferentes obras de construcción (*Suzuki y Oka, 2011; La Roche, 2010; Onat et al, 2014; Strobele, 2013*) para la realización de esta Guía, se han elegido dos de ellos y se ha calculado la media. Dado que estas emisiones tienen una naturaleza puntual en la construcción de las mismas, es conveniente repercutirlas durante la vida útil de la vivienda (50 años). *La Roche (2010)* realiza esta aproximación: **1,061 tCO<sub>2</sub>eq/vivienda**, lo que representa **0,303 tCO<sub>2</sub>eq/habitante** si consideramos una ocupación media de **3,5 habitantes por vivienda**.

Además, *Espelt y Adarve (2009)* calcularon, para un desarrollo urbanístico tipo en la ciudad de Barcelona, un valor de 871 kg/hab para la urbanización y 15.221 kg/hab para la edificación. Sumando estas cifras y repercutiéndolas durante la vida útil (50 años) se obtiene una cifra de 0,322 tCO<sub>2</sub>eq/habitante y año y de **1,127 tCO<sub>2</sub>eq/vivienda y año**.

Las dos cifras son similares y teniendo en cuenta que proceden de fuentes y métodos de cálculo diferentes, nos permite tomar como válido el promedio de ambos valores, siendo éste:

**312,5 kg CO<sub>2</sub>eq/habitante y año y 1,094 tCO<sub>2</sub>eq/vivienda y año**



### 1.3 FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DEL DESARROLLO URBANO. REPERCUSIÓN POR VIVIENDA (tCO<sub>2</sub>eq/VIVIENDA Y AÑO)

Se ha utilizado el factor de emisión del *mix* de generación eléctrica peninsular de **0,27 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh** referido a las emisiones del sector eléctrico español en el año 2015.<sup>i</sup>

A la mezcla (*mix*) de energía comercializada resultante se le aplican los factores de emisión asociados a cada tecnología de generación (obtenidos por elaboración propia a partir de datos de la [Red Eléctrica Española](#)), obteniendo así, para la totalidad de energía eléctrica producida, las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes.

Para el consumo directo de gas natural en las viviendas se utilizará un factor de **0,2 kg CO<sub>2</sub>eq/kWh** (MARM, 2011), mientras que para el transporte con vehículo privado se utilizará un factor de **0,20487 kgCO<sub>2</sub>eq/km** (Zubelzu *et al*, 2011).

#### 1.3.1 Suministro y depuración del agua

El proceso para el cálculo de la HC referido al consumo de agua potable requiere conocer el consumo total de agua potable (m<sup>3</sup>) y el coste energético del suministro (KWh/m<sup>3</sup>). Según el [Instituto Nacional de Estadística](#) (INE, 2014), el consumo medio de agua potable en La Rioja ascendió a 132 litros por habitante y día.



Para la realización del cálculo se considera el siguiente coste energético por suministro de agua: **1,02 kWh/m<sup>3</sup>**.

En cuanto a las aguas residuales, la Comunidad Autónoma de La Rioja llevó a cabo un estudio sobre la mitigación del cambio climático en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) de La Rioja (2010) a través del programa [INTERREG IVC Regions for Sustainable Change](#).

En dicho estudio se determinaron unas emisiones en el año 2009 de 72.450 tCO<sub>2</sub>eq para una depuración equivalente a 505.570 habitantes equivalentes y un volumen de agua tratada en EDAR de 51,07 Hm<sup>3</sup>. Bajo estos datos se puede determinar un factor de emisión de **0,14 tCO<sub>2</sub> eq/hab y año**, por lo que considerando el *mix* eléctrico ( 270 gCO<sub>2</sub>/kWh) se obtienen:

**0,653 tCO<sub>2</sub>/vivienda y año**

## 1.3.2 Consumo eléctrico en los hogares

### 1.3.2.1 Demanda de energía

El planeamiento urbanístico debe profundizar en la demanda de energía en los hogares, especificando si se considera alguna medida especial de pasividad en la demanda o bien se exigen las características estándar del [Código Técnico de la Edificación](#) y la correspondiente zona climática.

De este modo, los planes urbanísticos deben establecer la zona climática en la que se ubica el municipio de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, de acuerdo con el siguiente ejemplo:

#### Alternativa A1.3. Demanda estándar de climatización

Área de La Rioja	Zona climática	Demanda de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )	Demanda de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Demanda ACS (kWh/m <sup>2</sup> )
Valle del Ebro y Sur-oriental.	D2	47,4	5,9	13,2
Sotomonte	D2	50,6	0	13,1
Sierra	E1	77,1	0	13,8

**Tabla 2: Demanda estándar de climatización**

#### Alternativa B1.3. Edificación de alta eficiencia

Área de La Rioja	Zona climática	Demanda de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )	Demanda de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	Demanda de ACS (kWh/m <sup>2</sup> )
Valle del Ebro y Sur-oriental.	D2	15	0	13,2
Sotomonte y Sierra	D2	22	0	13,1
Sierra	E1	22	0	13,8

**Tabla 3: Edificación de alta eficiencia**

Por otra parte, el planeamiento urbanístico también debe concretar si está previsto:

- El desarrollo de redes de calor, climatización colectiva o individual.
- La previsión de uso de energías renovables en las edificaciones.
- El acceso a la red de gas natural.

Para la realización de los correspondientes cálculos se tendrá en cuenta la siguiente tabla de factores de emisión:

Fuente de energía	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)
Gasóleo	74,1	10	0,6
G.L.P.	63,1	5	0,1
Gas natural	56,1	5	0,1
Madera o residuos de madera	110	300	4
Carbón vegetal	110	200	1

**Tabla 4: Factores de emisión**

### 1.3.2.2 Demanda de energía eléctrica

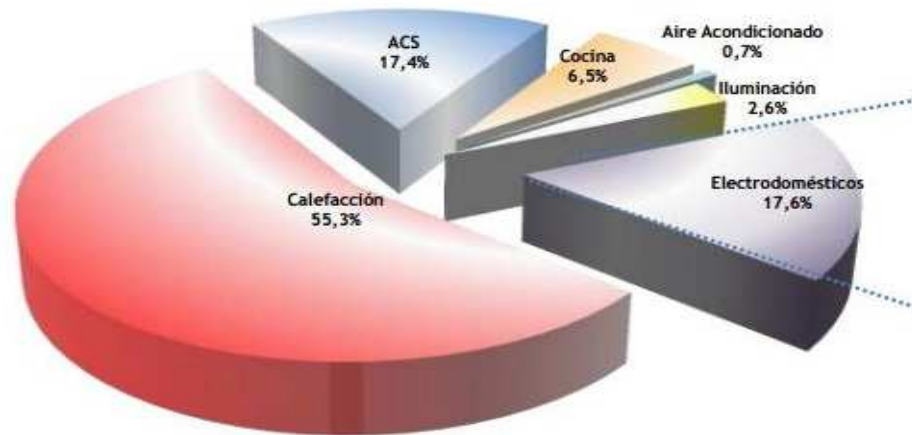
Para los cálculos habrá que elegir la zona en la que se planea el desarrollo urbanístico y una superficie media de cada vivienda así como el tipo de edificación en cuanto a la eficiencia energética. Se toma como superficie media 102,4 m<sup>2</sup> ([IDAE, 2011](#)).

		Año de construcción			
		Total España	Anteriores a 1979	Entre 1979 y 2005	De 2006 en adelante
Características de la vivienda	Media de estancias	8,0	7,5	8,5	8,2
	Media de tamaño en m <sup>2</sup>	102,4	92,8	109,9	109,7

Base: Total hogares 2010 (17.199.630)

**Tabla 5: Hogares según número de estancias y antigüedad de las viviendas**

El consumo medio de los hogares ubicados en la zona continental es de 13.141 kWh al año. Los consumos de calefacción, basados preferentemente en sistemas térmicos, representan el 55% del consumo del sector. Y el resto de consumos medios son los que aparecen en el siguiente gráfico.



Dada la variabilidad geográfica de la región y considerando dos tipos de construcción y tres fuentes de combustible para calefacción, los valores de HC en tCO<sub>2</sub>/vivienda y año pueden consultarse en las siguientes tablas.

Demanda estándar de climatización (tCO <sub>2</sub> /vivienda y año)			
Área de La Rioja	Tipo de combustible		
	Gas natural	Biomasa	Gasóleo
Valle del Ebro y Sur-oriental	2,462	1,472	2,865
Sotomonte y Sierra	2,363	1,306	2,793
Sierra	2,936	1,325	3,591

Tabla 6: HC para una demanda estándar de climatización

Edificación de alta eficiencia (tCO <sub>2</sub> /vivienda y año)			
Área de La Rioja	Tipo de combustible		
	Gas natural	Biomasa	Gasóleo
Valle del Ebro y Sur-oriental	1,622	1,309	1,750
Sotomonte y Sierra	1,766	1,306	1,953
Sierra	1,785	1,325	1,972

Tabla 7: HC para una edificación de alta eficiencia

### 1.3.3 Recogida de residuos sólidos urbanos

Para esta fuente de emisión se considera el dato de la HC asociada a los residuos domésticos en el año 2014 del [Plan Director de Residuos de la Rioja 2016-2026](#). Las emisiones generadas por habitante en el año 2014 ascendieron a **0,253 t CO<sub>2</sub> eq/hab y año** y por tanto por vivienda sería de:

**0,886 t CO<sub>2</sub>eq/vivienda y año**

## 2. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS A INCORPORAR EN LA NORMATIVA URBANÍSTICA

Una vez calculada la huella de carbono, en la presente guía se proponen una serie de medidas preventivas correctoras y compensatorias desarrolladas en base a los siguientes criterios ambientales estratégicos para la elaboración del planeamiento urbanístico.



### 1. Usos y consumo de suelo

- **Ordenar el territorio** para establecer los distintos usos en zonas lo más vocacionales posible para los mismos y de forma coherente con las características del entorno, teniendo en cuenta la capacidad de acogida del medio para cada tipo de actividad. Propuesta de posibles medidas para el desarrollo de este criterio:
  - Zonas verdes ubicadas en humedales o terrenos que reciban siempre sol desde el sur.
  - Áreas residenciales situadas en terrenos soleados.
  - Previsión de zonas industriales alejadas de las urbanizadas.
- Definir los límites y proyectar el **borde del núcleo urbano**, tanto en sus aspectos perspectivas como de uso, para evitar que se convierta en un espacio sin ordenación ocupado por todo aquello que no tiene cabida en los núcleos y marcado por las expectativas de revalorización especulativa por parte de sus propietarios.
- Propiciar zonas urbanas razonablemente **compactas**, y variadas y espacialmente continuas, con una densidad media (superior a 25 hab/ha) y una buena mezcla de usos.
- Fomentar el **carácter policéntrico** de los sistemas y tejidos urbanos.
- Establecer **bandas de protección o restricción de usos** respecto a focos contaminantes o áreas especialmente sensibles, como las captaciones de abastecimiento de agua.
- Inventariar los **suelos potencialmente contaminados** y las ruinas industriales y considerar la contaminación del suelo en la asignación de usos.



- Antes de edificar en nuevas zonas vírgenes, analizar las **alternativas al proyecto** en curso mediante la recuperación de zonas interiores al entorno construido, intentando evitar el crecimiento y la expansión urbana y favoreciendo la rehabilitación, reutilización y recuperación de espacios intersticiales, degradados o infrautilizados.
- Utilizar **bases de urbanización** que causen el menor impacto ambiental posible. Propuesta de posibles medidas para el desarrollo de este criterio:
  - Mínimos movimientos topográficos.
  - Compensación de desmontes y terraplenes.
  - Recuperación de las capas de tierra vegetal para la creación de zonas verdes.
  - Reducción de superficies duras e impermeables frente a zonas blandas que permitan la evapotranspiración y la infiltración.
- Intentar definir un **modelo arquitectónico** que respete las características de las edificaciones de la zona, en cuanto a tonalidades, formas, materiales de construcción, etc., con la finalidad de favorecer la integración paisajística de los elementos construidos.

## 2. Espacios naturales y biodiversidad

- Proteger y preservar las **zonas de mayor valor ecológico o fragilidad**, tanto en el interior de los núcleos (ríos, bosques urbanos, zonas de elevada pendiente, etc.) como en el resto de la zona objeto del planeamiento, interviniendo para mantener su diversidad biológica cuando sea necesario.
- Propiciar la **continuidad ecológica** entre las áreas protegidas y las zonas verdes producto del planeamiento con el fin de evitar la fragmentación de los espacios naturales, uniéndolos mediante corredores o anillos verdes y apoyándose en los cursos de agua existentes y sus riberas.
- Diseñar **zonas verdes** en lugares con valor ambiental y en zonas colindantes a espacios naturales protegidos a modo de áreas de amortiguación de impactos (perímetro de protección), sin perjuicio de la habilitación precisa para el esparcimiento urbano, en la que se tienen en cuenta criterios de proximidad de las zonas verdes a las áreas residenciales, por ejemplo.
- Considerar la mejora y recuperación de **espacios degradados** del medio rural o natural (riberas fluviales, canteras abandonadas, vertederos incontrolados, etc.).
- Fomentar la **integración natural del espacio urbano**. Propuesta de posibles medidas para el desarrollo de este criterio:
  - Naturalización de cubiertas de edificios.
  - Mantenimiento de corredores ecológicos.
  - Creación de huertos urbanos.



### 3. Gestión del agua

- Garantizar la **existencia del agua** como recurso para los nuevos usos previstos en el ámbito objeto de ordenación.
- Proteger las **captaciones y puntos de agua** e infraestructuras para el abastecimiento urbano.
- **Adecuar la calidad de agua** para cada uso concreto, ajustando las condiciones de calidad y cantidad de cada agua al uso final que se le va a dar, con el fin de evitar el incremento de demanda de agua potable y fomentar la reutilización de aguas residuales para usos secundarios.
- Analizar y reducir en la medida de lo posible las **pérdidas** de agua en las redes de distribución, estimando una dotación de referencia de 340 l/ habitante y día.
- Ejecutar por separado las **redes de saneamiento** y de recogida de aguas pluviales y fomentar la vuelta directa de éstas al medio natural evitando su contaminación. Para ello, en caso necesario se tomarán medidas como construir tanques de tormenta, favorecer la infiltración natural o almacenar el agua de lluvia para usos posteriores de forma previa a su contacto con los viales de tráfico rodado.
- Proyectar instalaciones que faciliten el **ahorro y la reutilización del agua**, así como incluir criterios de diseño de jardinería autóctona o ahorradora de agua. Propuesta de posibles medidas para el desarrollo de este criterio:
  - Instalaciones sanitarias de bajo consumo de agua.
  - Diseño de redes de conducción que permitan la recirculación del recurso para usos sucesivos, por ejemplo aguas de lavado y aseo dirigidas a cisternas.
  - Uso de especies autóctonas o xerófilas en la jardinería.
  - Instalación de sistemas de riego por goteo o aspersión ajustados a las necesidades hídricas de cada especie.
  - Utilización de aguas grises o depuradas para el riego.
  - Desconexión de acequias de riego y retornos de depósitos de fuentes de la red de saneamiento.
- Eliminar las **aguas parásitas**.
- Favorecer la **infiltración natural** de las aguas pluviales reduciendo la impermeabilización del suelo y fomentando el ajardinamiento de cubiertas y terrazas. Propuesta de posibles medidas para el desarrollo de este criterio:
  - Mantenimiento de las **vaguadas naturales**.
  - Uso de pavimentos permeables al agua en las áreas peatonales, evitando las soleras de hormigón.
  - Uso de pavimentos permeables al agua en áreas de aparcamiento distintas de la calzada normal de vehículos.



#### 4. Gestión de la energía, calidad del aire y cambio climático.

- **Adaptar la planificación urbanística** a los aspectos **microclimáticos del territorio** a todas las escalas y mejorar la eficiencia energética de las edificaciones fomentando el ahorro energético (diseños de alineaciones y estructura urbana de las nuevas áreas, orientación de los edificios, arquitectura bioclimática pasiva, certificación energética, etc.).

Propuesta de posibles medidas para el desarrollo de este criterio:

- Estructura viaria organizando manzanas alargadas en dirección este- oeste (fachadas principales en orientación norte- sur).
  - Tipologías de vivienda con doble fachada a calle y a patio manzana o espacio libre.
  - Aceras asimétricas, de modo que sean más anchas las orientadas al sur o al sudeste (las más soleadas en invierno).
  - Organización de parcelas: bloques de vivienda ubicados manteniendo las distancias de soleamiento en invierno.
  - Carriles exclusivos para los servicios públicos de transporte.
  - Carriles- bici.
  - Estudio de rutas peatonales.
  - Arbolado urbano en las medianas de calles de más de 30 m de anchura, en las aceras anchas o en zonas de aparcamiento junto a fachadas orientadas al oeste con especies de hoja caduca y en todas las calles de anchura superior a 20 m. Será siempre de hoja caduca, salvo en zonas verdes, en fachadas orientadas al norte y cuando se trate de especies de pequeño porte.
- Facilitar o exigir la inserción de instalaciones de **energías renovables**, especialmente placas solares tanto para usos propios como la iluminación general, la calefacción o el agua caliente sanitaria, como para la incorporación de energía a la red, equilibrando el impacto de las fuentes de energías no renovables de las nuevas áreas.
  - Planificar **zonas verdes y espacios libres** y fomentar el arbolado para contribuir al control climático y la mejora del ambiente atmosférico.



#### 5. Condiciones acústicas, lumínicas y electromagnéticas

- Realizar **zonificaciones acústicas** a partir de los mapas de ruido del ámbito objeto de ordenación. Propuesta de posibles medidas para el desarrollo de este criterio:
  - Alejamiento de las zonas urbanas de las fuentes de ruido.
  - Realización de estudios técnicos de detalle.
  - Uso de pavimento de menor impacto acústico en las vías rápidas.



- Diseño de viales locales de zonas residenciales de modo que resulten velocidades inferiores a 30 km/h.
- Colocación de pantallas acústicas.
- Regular las características técnicas del **alumbrado público** para conseguir un elevado rendimiento energético y la reducción de la contaminación lumínica. Propuesta de posibles medidas para el desarrollo de este criterio:
  - Sustitución de lámparas de incandescencia y vapor de mercurio de color corregido por lámparas de bajo consumo LED o de vapor de sodio de alta presión.
  - Instalación de reguladores- estabilizadores de tensión.
  - Corrección del factor de potencia.
- Ordenar adecuadamente mediante la **creación de pasillos** las instalaciones de radiocomunicación y transporte de energía eléctrica para minimizar sus efectos ambientales.

## 6. Gestión de residuos

- Reservar zonas bien ubicadas para la **recogida y tratamiento** de los residuos urbanos.
- Diseñar las nuevas formas urbanas e industriales de forma que se favorezca la implantación de las instalaciones necesarias para la **reutilización y recogida selectiva** de residuos.
- Prever la gestión de los **residuos de construcción y demolición**, evitando la proliferación de puntos incontrolados de vertido en las afueras de los núcleos urbanos y restaurando aquellos que aparezcan. En concreto, se reservarán espacios accesibles a los ciudadanos para la recogida tanto de los residuos de obras menores como de los restos de poda de las zonas residenciales.

## 7. Movilidad

- Fomentar la **diversidad de usos** en todos los proyectos urbanos, ya sean de nueva creación o de rehabilitación, teniendo en cuenta el **concepto de proximidad**.
- Priorizar el diseño de **áreas urbanas razonablemente compactas**, con densidad suficiente para hacer viables los sistemas de transporte público.
- Fomentar el **transporte público** y su **intermodalidad** en el diseño de la viabilidad. Propuesta de posibles medidas para el desarrollo de este criterio:
  - Carriles exclusivos para los servicios públicos de transporte.
  - Carriles- bici.
  - Planificación de aparcamientos.
- Evitar ubicar **grandes centros de atracción** (centros comerciales, deportivos, culturales) fuera de la ciudad.

- Garantizar el **transporte público** y la buena **accesibilidad** peatonal y en bicicleta para cualquier nuevo desarrollo urbano, conectando con los espacios urbanos existentes a través de vías pecuarias, vías verdes y redes de senderos e itinerarios peatonales.
- Planificar las **rutas de circulación** de tráfico pesado por aquellas que menos perjudiquen a las poblaciones cercanas en el diseño de las nuevas zonas industriales.
- Prever áreas para la **logística** y la distribución de mercancías.
- Reducción de la superficie destinada a **calzadas y aparcamientos**.



## 8. Rehabilitación y recuperación de zonas urbanas

- Rehabilitación de **cascos antiguos o barrios en declive** teniendo en cuenta aspectos urbanizadores (recuperación de espacios para uso público), arquitectónicos (rehabilitación de viviendas y restauración del patrimonio histórico- artístico), sociales y económicos (implantación y rehabilitación de locales de actividad comercial).
- Descontaminación previa de **suelos contaminados** por antiguos usos industriales y recuperación ambiental para su reutilización como suelo urbano.

## 9. Materiales de construcción

- Seleccionar **materiales duraderos** cuyo proceso productivo implique el menor impacto ambiental posible y que se hallen disponibles en el entorno o sean transportados al menor coste ambiental (de bajo consumo energético en su producción, que no produzcan residuos peligrosos en su eliminación y que sean reciclables):
  - Materiales idóneos: yesos y escayolas naturales, cerámica, aislamientos naturales (corcho, lino, cáñamo, fibras vegetales, celulosa...), termo- arcilla, morteros de cal, madera con garantías de procedencia, pinturas y barnices naturales, etc.
  - Materiales tolerables: Vidrio, hierro, acero, cobre, plásticos ecológicos (PP, PE, PB...), etc.
- Utilizar **materiales reciclables y/o reciclados** para las obras de construcción.

## 10. Riesgos naturales y tecnológicos

- Evitar o **minimizar en lo posible los riesgos de inundaciones, movimientos de laderas**, colapsos de subsuelo, incendios forestales u otros **riesgos naturales**.
- Evitar o minimizar en lo **posible riesgos tecnológicos** ocasionados por la actividad industrial o el transporte de mercancías peligrosas.

## 11. Salud humana

- Disminuir la exposición humana al **ruido** originado por cualquier tipo de actividad.
- Ordenar adecuadamente las instalaciones con **emisiones radioeléctricas** y de abastecimiento de energía eléctrica para disminuir la exposición de las personas a **campos electromagnéticos**.
- Garantizar el abastecimiento de **agua de consumo humano** salubre y limpia para prevenir las enfermedades de transmisión hídrica.
- **Garantizar la evacuación, tratamiento y vertido** o reutilización de las **aguas residuales** en condiciones sanitarias tales que no originen riesgos para la salud.
- Reducir la exposición humana a **contaminantes atmosféricos** de cualquier origen.
- **Disminuir la exposición a los riesgos para la salud humana** que se puedan originar por la **gestión de residuos**.
- Reducir la exposición humana a **materias peligrosas**, ya sea como tales sustancias, en preparados, contenidas en artículos (almacenamiento, producción, transporte, uso de productos químicos) o incluidas en suelos contaminados.



## 12. Otros aspectos a considerar

- Propuesta de **medidas compensatorias** de los impactos ambientales negativos para los que no sea suficiente con la ejecución de medidas correctoras.
- Aprobar **ordenanzas municipales** para la protección del medio ambiente: control de ruidos y vibraciones, uso de zonas verdes, tenencia de animales, contaminación lumínica, uso de placas solares, contratación verde, promoción de la rehabilitación de viviendas, materiales de construcción sostenibles, etc.
- Favorecer la implantación de **sistemas de gestión ambiental**, tanto en el ámbito público como privado.
- Fomentar la **educación ambiental**.
- Potenciar el consumo de productos que fomenten la **sostenibilidad**.

## 2.1 COMPENSACIÓN DE LA PÉRDIDA DE RESERVAS DE CARBONO Y DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN

Las plantas no son capaces de fijar todo el carbono que se emite a la atmósfera, pero dada su capacidad de fijación y almacenamiento permiten mitigar el problema durante un tiempo. Es decir, las plantas permiten ganar tiempo para llevar a cabo estrategias que reduzcan las emisiones (Jandl, 2001).



Se ha estimado que, combinando estrategias de **conservación forestal** con proyectos de **replantación**, los bosques podrían suponer un **sumidero neto de carbono** durante los próximos cien años, permitiendo fijar entre un 20% y un 50% de las emisiones netas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (IPCC, 1996).

Los estudios de *Montero y Cols* realizados por el Instituto Nacional de Investigación Agraria han estimado que los bosques españoles fijan en la actualidad el 19% de las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> España (según datos del año 2006), y ello sin tener en cuenta el carbono fijado en los suelos y en los productos de la madera y el CO<sub>2</sub> que no se emite en la combustión de combustibles fósiles por la utilización de biomasa.

Es por esto que resulta conveniente llevar a cabo distintas medidas para compensar las emisiones producidas por la urbanización del suelo.

### 2.1.1 Porcentaje del suelo urbanizado destinado a zonas verdes

Dentro del planeamiento urbanístico se destinará el mayor porcentaje posible al establecimiento de zonas verdes, de forma que éstas sirvan para fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico. En este sentido, se ha considerado un valor medio de compensación de:

5,94 tCO<sub>2</sub>/ ha y año

## 2.1.2 Establecimiento de cubierta vegetal en los edificios proyectados

Las cubiertas vegetales tienen dos efectos positivos sobre la reducción de HC: por un lado, la **fijación de CO<sub>2</sub>** por parte de los elementos vegetales y, por otro, la **reducción en el consumo de energía** del edificio.

En los países del sur de Europa, la demanda de refrigeración se vuelve cada vez más importante para el consumo total de energía de un edificio debido al aumento de las necesidades en

relación con el confort térmico. En zonas climáticas cálidas, la demanda de refrigeración puede ser reducida en un porcentaje elevado si se ejecuta la edificación realizando un adecuado aislamiento.

En general, de la radiación solar total recibida por la cubierta vegetal aproximadamente el 27% se refleja, el 60% es absorbido por las plantas y el suelo a través de la evaporación y el 13% se transmite al suelo.



En cuanto a la fijación de CO<sub>2</sub> por las plantas se ha considerado un valor medio de compensación de:

8,82 t CO<sub>2</sub>/ha y año



## 2.2 REDUCCIÓN Y/O COMPENSACIÓN DE LAS EMISIONES DE ALCANCE 1 DE DIRECTA RESPONSABILIDAD DEL PROMOTOR

A continuación se enumeran las medidas a tomar para reducir las emisiones de alcance 1 y que son responsabilidad directa del promotor. Estas medidas estarán relacionadas con las obras de urbanización, con el mantenimiento de zonas verdes y elementos comunes y por último, con la movilidad obligada.

### 2.2.1 Obras de urbanización

#### 2.2.1.1. Reutilización y compensación de tierras y residuos procedentes del movimiento de tierras

Cuando se realiza cualquier obra de urbanización se producen excavación y transportes de grandes volúmenes de tierras. Estos movimientos de tierras se realizan con maquinaria pesada, siendo ésta retroexcavadoras y camiones basculantes, principalmente. Esto provoca la mayoría de las veces enormes vaciados en el terreno, originando taludes con una pendiente elevada con elevado peligro de caídas y con un alto impacto visual. Para evitar esta circunstancia sería aconsejable perfilar los taludes con **pendientes suaves**.



Es frecuente en este tipo de obras enviar a vertederos cercanos tierras y restos vegetales procedentes de operaciones de desbroce, tierras sobrantes de labores de explanación y desmonte y escombros generados en labores de demolición. Y con posterioridad, son recepcionadas tierras para terraplenados, distintos áridos para capas granulares y, por último, tierras vegetales y mantillos para aporte en arbolado de alineación y zonas verdes. Todo esto aumenta el **consumo de combustibles fósiles**. Este elevado consumo se puede evitar procediendo de la siguiente manera:

- Mejorar la **explanada natural**, reduciendo a grosores mínimos estas capas mediante procesos físicos o químicos en vez de prevalecer la rapidez de la ejecución de las obras, razón que lleva a aumentar espesores de bases y sub-bases.
- **Escoger de entre las soluciones de firme disponibles** aquellas que permitan un mayor uso de suelos y áridos presentes en la zona de actuación, **minimizando el aporte de material exterior**.
- Disponer de espacios para **acopiar las tierras vegetales** procedentes del desbroce, reduciendo el transporte de materiales y por lo tanto de combustibles fósiles.

- Realizar dentro de la misma obra la **enmienda orgánica** necesaria mejorar las propiedades físico químicas de los suelos, utilizando como compost los materiales originados en labores de desbroce, tala y extracción de tocones o realizando hidrosiembras de leguminosas sobre las tierras acopiadas. De esta manera se puede producir un material que cumpla las mismas funciones que el mantillo.
- Llevar los restos de poda y desbroce astillados a una **planta de compostaje** o bien al Ecoparque de La Rioja, como alternativa a lo anterior en el caso de no disponer de medios de control del compostaje. El retorno del transporte se aprovechará para trasladar compost o material bioestabilizado para la generación de nueva tierra vegetal y rellenos.
- **Reutilizar los escombros** producidos en las fases iniciales de demolición dentro de la misma obra, ya que adecuadamente triturados y cribados pueden ser materiales sustitutos de capas granulares para firmes y encachados.
- Usar **áridos reciclados** preferiblemente frente al árido natural para las sub-bases y rellenos de acuerdo con sus características físicas.

### 2.2.1.2 Dimensionado en planta del viario (calzadas y franjas de aparcamiento)

Cuando se realiza el proyecto de urbanización, se establece la sección de sus calles. En función de los anchos de calzada, las franjas de aparcamiento y acera, así estarán dispuestas las superficies pavimentadas y en función de los grosores de las capas interiores del firme variarán los volúmenes de áridos aportados. Es por esto que la decisión del ancho del carril de una calzada repercute directamente en la cantidad de recursos necesarios.

**Reducir el ancho de calzada a 2,75 metros** permite contar con adecuadas vías urbanas y representa una disminución importante de la superficie diseñada para calzada. También implica otras consecuencias positivas, como por ejemplo una reducción de la velocidad de circulación y, por lo tanto, menor consumo de los vehículos y menos emisiones. También supone un menor impacto acústico que una rodadura más rápida y una disminución del sobrecalentamiento que producen estos pavimentos en los espacios urbanos.

### 2.2.1.3 Redes de distribución de agua

Es necesario que las obras de urbanización aseguren un suministro de agua adecuado y de buena calidad para garantizar una buena calidad de vida en los nuevos desarrollos urbanísticos. Asimismo, es un factor productivo de primer orden para los sectores económicos y agente principal de la ordenación natural del territorio.

Una correcta gestión del ciclo urbano del agua no solo proporciona una mejora en la disposición de los recursos hídricos, sino que también lleva aparejada una disminución de las emisiones

de GEI generada en los consumos de energía utilizados en los bombeos, potabilización y aireación principalmente. Por ejemplo, el consumo medio de agua en temporada alta de un municipio de menos de 1000 habitantes supera los 570 litros por habitante y día. Sin embargo, con un adecuado sistema de control y mantenimiento de redes de distribución, este consumo disminuye en un 52%.

Por ello, desde el momento de la planificación es importante establecer dos vías de trabajo:

- Los sistemas de control y gestión del **ciclo urbano de agua**.
- Las mejoras de las **redes de distribución y saneamiento**.

En cuanto a la **red de agua potable**, es fundamental que en el momento de la planificación urbanística se tenga constancia de los detalles de los sistemas de captación, depósitos, trazados de la red de distribución y estado de la misma.

Para ello, es recomendable incorporar en la redacción del plan un **estudio de fugas de la red de distribución**, así como un programa de sustitución y mejoras de la misma, exigiendo calidades mínimas que garanticen la disminución de pérdidas de agua.



Igualmente, en cuanto al sistema de control conviene destacar las siguientes operaciones:

- El control del **llenado del depósito**, dotándolo de válvulas de corte para evitar los reboses.
- El control de **entrada y salida del depósito** y de grandes áreas.
- La **telegestión** del suministro de agua.

En cuanto al diseño de redes de abastecimiento se preverán dos redes:

- La **red de distribución de agua potable**.
- La **red de distribución de agua bruta**, en la que se incorporarán aguas no potables procedentes de fuentes, pozos y captaciones del sistema de abastecimiento no supramunicipal, así como aguas regeneradas procedentes de la depuradora. Esta red se emplearía para servicios auxiliares como riego, red de incendios, zona de limpieza de vehículos, llenado de cisternas de fitosanitarios, etc.

Por otra parte, en lo que se refiere a **saneamiento**, como norma general se suele diseñar una **red separativa** consistente en una red de fecales y otra de pluviales. Este diseño puede mejorarse de cara al ahorro de agua, y por tanto de la sostenibilidad, subdividiendo la red de fecales en dos redes separadas, una de las cuales recogerá las aguas negras propiamente dichas y otra que recogerá aquellas que, sin ser aptas sanitariamente para el consumo humano, sí lo son para otros usos como el riego de calles, evacuación de sanitarios, etc. A estas últimas se las conoce como aguas grises.

Por lo tanto, a la hora de diseñar las redes de evacuación de aguas de las zonas a urbanizar se considerarán tres redes para las distintas aguas que fluyen por las ciudades, que serán:

- **Red de aguas negras**, que llevará éstas a la estación depuradora de aguas residuales para su depuración.
- **Red de pluviales** (provenientes directamente de la lluvia), cuyo volumen podría destinarse al riego de zonas verdes y ajardinadas.
- **Red de aguas grises** (aquellas que provienen de los desagües de los aparatos sanitarios de aseo personal, tales como bañeras, duchas, lavabos o bidés, no siendo aptas sanitariamente para el consumo humano) para su incorporación a la red de aguas brutas.

### 2.2.2 Mantenimiento de jardines y elementos comunes

- Se propondrá la elección de **especies autóctonas** en los parques y jardines públicos, ya que tienen una mejor adaptación al medio y unos menores requerimientos hídricos, y se evitará utilizar flor de temporada por el mismo motivo.
- Se proyectará una red de **riego por goteo subsuperficial**, lo que supondrá un 80% de ahorro de agua frente al riego por aspersión.

A continuación aparecen las necesidades hídricas de las distintas elecciones a proyectar en los parques y jardines públicos:

- Césped: 7 litros/m<sup>2</sup>.
- Arbustos: 4,3 litros/m<sup>2</sup>.
- Plantas autóctonas: 1,8 litros/m<sup>2</sup>.
- Árboles: 10,5 litros/árbol.
- Flores de temporada: 4,7 litros/m<sup>2</sup>.

En función de la elección realizada y teniendo en cuenta el ahorro de agua del riego por goteo subsuperficial se obtendrá el valor correspondiente, que se mostrará en la hoja de cálculo.



### 2.2.3 Movilidad obligada

El sector del transporte en Europa es uno de los principales sectores contaminantes, no en vano es el responsable del 32% de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, siendo el 80% correspondiente al transporte por carretera. Estos altos niveles de emisión se deben fundamentalmente a que el sector de la automoción es completamente dependiente de los **productos derivados del petróleo**. De hecho, es el principal consumidor de este tipo de energía.



En este sentido, se pondrán medidas que potencien el uso del **transporte público** y, por lo tanto, reduzcan el uso del coche para así disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Asimismo se proyectará en cada zona un **carril bici** para potenciar el uso de la bicicleta en los recorridos de corto alcance de las aglomeraciones de más de 5000 habitantes y como recorrido alternativo en las vías y travesías de mayor capacidad. Se estima que por cada kilómetro de infraestructura ancha que se construye para bicicletas hay un potencial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de 250 toneladas al año.



Por otra parte, dentro del planeamiento se detallará la necesidad y ubicación de **puntos de recarga para vehículos eléctricos**.

La utilización de **vehículos híbridos o eléctricos** conlleva una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que estos vehículos tienen un menor consumo de combustibles fósiles.

La medida de ahorro energético consiste en sustituir un vehículo convencional, por ejemplo una berlina diésel (100 CV) que estimamos que anualmente realiza 30.000 km, por un vehículo híbrido (99 CV). Las emisiones y consumos específicos de estos vehículos son:

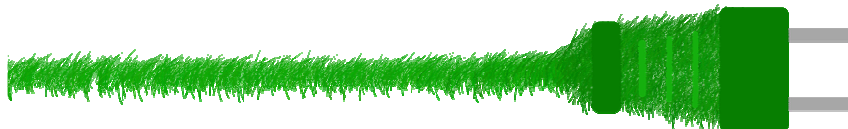
- Emisiones berlina diésel (100 CV): 165 gr CO<sub>2</sub> eq/km; 6,9 litros/100 km.
- Emisiones vehículo híbrido (99 CV): 89 gr CO<sub>2</sub> eq/km; 4,3 litros/100 km.
- Km anuales recorridos: 30.000 km.
- Emisiones GEI evitadas = Consumo energético x (FE inicial – FE final).
- Emisiones GEI evitadas = 30.000 km x (165 gr CO<sub>2</sub> eq/km – 89 gr CO<sub>2</sub> eq/km).
- Emisiones GEI evitadas = 2.280.000 gr CO<sub>2</sub> eq/año = 2.280 kg CO<sub>2</sub> eq/año.

**Emisiones GEI evitadas por cada vehículo y punto de recarga = 2,28 t CO<sub>2</sub>eq/año**

## 2.3 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO GENERADAS EN EL FUNCIONAMIENTO DE LAS VIVIENDAS E INDUSTRIAS PROYECTADAS. APLICACIÓN DEL OBJETIVO DE "CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO"

El artículo 2 apartado 2 de la [Directiva 2010/31/UE](#) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios define como **edificio de consumo de energía casi nulo** aquel *“con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”*.

En España se ha optado por la disminución de las emisiones de los **sectores difusos** más importantes mediante políticas estratégicas para favorecer el ahorro y la eficiencia energética. En concreto, la [Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética E4](#) promulgada en 2003 planteó los objetivos y las líneas básicas de actuación para el sector de la edificación, considerando tanto las medidas sobre la edificación existente como la mejora de la prestaciones de la nueva edificación que, en cumplimiento de la Directiva europea de eficiencia energética en edificación, se consideraron en la promulgación del [Código Técnico de la Edificación](#). Asimismo, la estrategia y sus sucesivos desarrollos tuvieron en cuenta la mejora de la eficiencia del equipamiento, tanto residencial como terciario.



La edificación en España es uno de los sectores clave y, concretamente, el **sector residencial**. El gran crecimiento que se produjo durante los años 90 generó una fuerte demanda de emisiones en el sector de la fabricación de materiales. Además supuso un incremento del consumo energético medio en el sector residencial y terciario. De esta manera, el uso de energía eléctrica por metro cuadrado de edificación aumentó entre 1990 y 2005 hasta alcanzar una tasa de crecimiento entre esas dos fechas del 151%, teniendo en cuenta solo el sector residencial.

El total de emisiones de GEI cuyo origen está en el uso de energía en el sector de la edificación, incluyendo las emisiones generadas en los edificios y las generadas por la energía eléctrica usada en la edificación, aumentó un 200% entre esos años, mientras la superficie del parque existente lo hizo en una tasa mucho menor, un 150%.

Así, en 2005, cerca del 20% de las emisiones imputables a España estaban directamente relacionadas con el uso de la energía en las viviendas. Un tercio del total de las emisiones generadas en España ese año era generado por el sector de la edificación considerando la construcción y el uso de edificios.



Algunas vías para reducir las emisiones de GEI son la mejora del *mix* eléctrico, la eficiencia de electrodomésticos e iluminación y la eficiencia energética y la introducción de renovables en climatización y agua caliente sanitaria (ACS).

Las medidas encaminadas a mejorar la **eficiencia energética** de los edificios son:

- **Exigir que todos los nuevos edificios**, así como los edificios sujetos a reformas, cumplan con los [códigos de energía y las normas mínimas de eficiencia energética](#) (NMEE).
- Apoyar y fomentar la construcción de edificios con un **consumo cero de energía neta**.
- Exigir la instauración y desarrollo de las **etiquetas de eficiencia energética** o certificados que proporcionen información a los propietarios, compradores y arrendatarios.

Este conjunto de medidas está recogido en la legislación europea y ha comenzado a aplicarse en España de la siguiente manera:

- El [Código Técnico de la Edificación](#) (CTE) se aplica obligatoriamente a los nuevos edificios desde abril de 2009.
- España ha comenzado a construir **edificios de consumo de energía casi nulo**. [IDAE](#), junto con algunas comunidades autónomas, y [Ciemat](#) están promoviendo el concepto.
- La emisión de [Certificados de Eficiencia Energética en España](#) está aplicada parcialmente.



En lo que respecta a **La Rioja**, en el siguiente mapa se puede observar que esta Comunidad Autónoma se encuentra en la **zona climática D2**.



En las siguientes tablas se muestran las emisiones de cada tipo de vivienda según su **etiqueta de certificación energética**, siendo la A las más eficientes y F las menos eficientes. Estos datos están en Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> y año, distinguiendo entre vivienda unifamiliar y bloque de viviendas.

Clase	Demanda (kWh/m <sup>2</sup> y año)		Consumo (kWh/m <sup>2</sup> y año)				Emisiones (kWh/m <sup>2</sup> y año)			
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	total	cal.	ref.	ACS	total
<b>A</b>	28,9	3,9	41,9	4,0	10,4	51,6	9,2	1,0	2,5	11,6
<b>B</b>	46,8	6,4	67,9	6,5	12,3	83,6	15,0	1,6	3,0	18,8
<b>C</b>	72,6	9,9	105,2	10,1	14,9	129,6	23,2	2,5	3,6	29,2
<b>D</b>	111,6	15,2	161,8	15,5	18,7	199,3	35,7	3,8	4,5	44,8
<b>E</b>	178,3	18,3	310,3	18,7	28,5	357,4	67,8	4,6	6,9	79,2
<b>F</b>	208,6	22,5	381,7	23,0	31,0	461,1	87,4	5,6	8,1	103,8

**Tabla 8: Demanda, consumo y emisiones de viviendas unifamiliares según certificación energética**



Clase	Demanda (kWh/m <sup>2</sup> y año)		Consumo (kWh/m <sup>2</sup> y año)				Emisiones (kWh/m <sup>2</sup> y año)			
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	total	cal.	ref.	ACS	total
<b>A</b>	11,7	2,1	16,9	2,1	7,7	35,3	4,9	0,5	1,9	7,9
<b>B</b>	27,0	3,9	39,2	4,0	9,0	57,2	9,3	1,0	2,2	12,9
<b>C</b>	48,7	6,6	70,7	6,7	10,9	88,7	15,8	1,7	2,6	20,0
<b>D</b>	81,6	10,6	118,3	10,8	13,8	136,3	25,3	2,6	3,3	30,7
<b>E</b>	144,1	12,8	250,8	13,0	20,9	284,7	54,8	3,2	5,1	63,0
<b>F</b>	157,1	15,7	293,4	16,0	22,8	333,1	64,1	3,9	5,9	73,7

**Tabla 9: Demanda, consumo y emisiones de bloques de viviendas según certificación energética**

El objetivo es que todas las viviendas proyectadas tengan el **certificado energético A**. Para calcular las emisiones que se dejan de emitir como resultado de una buena edificación se comparará cada vivienda proyectada con una vivienda tipo F y en función del porcentaje de cada clase y de la superficie media de cada tipología de vivienda se calcularán las potenciales emisiones no emitidas. Estos cálculos se muestran en la correspondiente hoja de cálculo.

## 2.4 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO GENERADAS POR EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD DE LA URBANIZACIÓN

### 2.4.1 Alumbrado público

La iluminación de las zonas residenciales y urbanas es necesaria para poder tener una buena calidad de vida y es un punto estratégico en el ahorro energético de las ciudades. Por ello se debe conseguir el máximo ahorro llevando a cabo medidas como:

- Redacción del **proyecto inicial ajustado a la realidad** de la utilización (niveles lumínicos, tipo de funcionamiento), introduciendo los elementos de calidad (fuentes de luz, luminarias, etc.) y las tecnologías más adecuadas (elementos de control y equipos asociados) para la optimización global. Para una correcta redacción del proyecto es fundamental el conocimiento de las características fotométricas, cromáticas, eléctricas y de duración de las lámparas, así como el programa de actividades de cada uno de los espacios a iluminar. Se perseguirá un **equilibrio adecuado entre los parámetros de bienestar y eficiencia**. En cuanto a los elementos, se recomienda el uso de lámparas de tipo LED o bien de descarga. En carreteras primará la seguridad vial y se usarán preferentemente lámparas de vapor de sodio. Para tramos urbanos de carreteras secundarias de menor tráfico se estudiará la incorporación de la tecnología LED.

- **Gestión continuada de las instalaciones**, realizando un seguimiento constante de los parámetros eléctricos, lumínicos y de seguridad de la instalación e incorporando el mantenimiento preventivo como elemento definitorio posterior del índice de la calidad del servicio. En los alumbrados con lámparas de descarga se puede reducir el consumo energético en las horas de madrugada mediante la reducción del flujo luminoso utilizando una luminaria con una sola lámpara de descarga incorporada y con equipo de doble nivel.



Para alcanzar este objetivo, se deben compaginar **tres aspectos fundamentales**:

- Ahorro de **energía**.
- Mantenimiento de **niveles de iluminación aceptables**.
- Reducción de la **contaminación lumínica**.

Para calcular las emisiones no realizadas debido a la reducción en el consumo eléctrico por alumbrado público se tendrá en cuenta el mix eléctrico mencionado anteriormente (270 gCO<sub>2</sub>/kWh).

#### 2.4.2 Gestión de residuos

La **gestión de los residuos municipales** de La Rioja se realiza a través del [Consortio de Aguas y Residuos de La Rioja](#), y se basa en la recogida separada de las cuatro fracciones principales, contando con contenedores específicos para ellas: contenedor verde, para la fracción resto (fracción orgánica, restos de poda, etc); contenedor amarillo, para los envases ligeros (envases de plástico, metal y bricks); contenedor azul, para la recogida de papel y cartón y contenedor verde, (iglú) para el vidrio.

Medidas a implementar:

- Fomento del empleo de **material bioestabilizado** y materia orgánica como medida de valorización en suelos agrícolas. Establecimiento de estándares de calidad.
- Incremento de las **campañas de sensibilización** e información e impulso de las campañas de concienciación.
- **Recogida selectiva de materia orgánica** en mercados, supermercados y grandes superficies.
- Posibilidad de la **recogida selectiva de fracción orgánica**.

Estas cuatro medidas tienen como objetivo **reducir la cantidad de residuos** que aparecen como resto, ya que este tipo de residuos son los que tienen un factor de emisión más alto. Por lo tanto, se podrán cuantificar estas medidas a partir de la cantidad en kilos de residuo que no aparece en el porcentaje de resto utilizando los siguientes factores de emisión (kg CO<sub>2</sub> eq/kg):

Material	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> eq/kg)
Vidrio	0,03050
Envases	0,12009
Papel/Cartón	0,05641
Materia orgánica	0,30719
Fracción resto	0,57297

**Tabla 10: Factores de emisión de las distintas fracciones de residuos.**

Para el cálculo de estas emisiones se parte de un escenario muy negativo de reciclaje nulo donde todo iría a la fracción resto y a partir del tanto por ciento que se consiga reciclar de cada material hasta eliminar esta fracción por completo variarán los resultados obtenidos.

### 2.4.3 Energías alternativas

Según los datos aportados por [Red Eléctrica de España](#), en 2013 la **potencia** instalada del régimen ordinario era en la Rioja de **829 MW**, en su mayor parte proveniente de las plantas de ciclo combinado (799) y de la energía hidráulica (30). En cuanto al régimen especial de renovables, ésta ascendía a 564 MW, principalmente proveniente de la energía eólica (448) y en menor medida de otras renovables (89), como solar fotovoltaica (85), hidráulica (27) y térmica renovable (4). Destacan por el alto valor alcanzado proporcionalmente en relación con la media española el ciclo combinado (2,9%) y la energía eólica (2%) y la solar fotovoltaica (1,9%).

En cuanto al **consumo de productos petrolíferos**, las gasolinas, gasóleos y fuelóleos contabilizaron 271.194 toneladas y el gasóleo tipo B (agrícola) 45.858 toneladas. El gas natural constituye frente a otras fuentes energéticas el recurso menos impactante por emisiones a la atmósfera. La menor generación de dióxido de carbono permite una menor repercusión en la causa del efecto invernadero.

Se considerará que las **energías renovables** tienen factor de emisión 0 (neutro). Son las de origen solar, eólico, hidroeléctrico y biomasa eléctrica. Si comparamos éstas con el factor de emisión de la electricidad en España (0,270 kg CO<sub>2</sub>/kWh), por cada MWh que se produzca con renovables se estarán reduciendo 270 Kg de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

## 2.5 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR RECUPERACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA Y CONTRIBUCIÓN A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo a lo dispuesto en el apartado 2 del capítulo I. Calidad Ambiental del Anexo V del [Documento de Recomendaciones Técnicas para coordinar y agilizar el procedimiento de redacción y aprobación del planeamiento urbanístico del Gobierno de La Rioja](#), las dotaciones de agua (incluida población, industria, servicios, etc.) referidas al recurso en su punto de captación no deberán rebasar los siguientes valores para la población permanente:

Población abastecida por el sistema	Valor de referencia (litros/hab y día)	Rango admisible (litros/hab y día)
Menos de 50.000	340	180-640
De 50.000 a 100.000	330	180-570
De 100.000 a 500.000	280	180-490
Más de 500.000	270	180-340

Tabla 11: Dotaciones de agua (litros/habitante y día)



Las dotaciones máximas admisibles de consumo doméstico no rebasarán los siguientes valores por habitante y día:

Población abastecida por el sistema	Valor de referencia (litros/hab y día)	Rango admisible (litros/hab y día)
Menos de 50.000	180	100-330
De 50.000 a 100.000	180	100-270
De 100.000 a 500.000	140	100-190
Más de 500.000	140	100-160

Tabla 12: Dotaciones de agua para consumo doméstico (litros/habitante y día)

Se considera una dotación mínima como derecho básico de abastecimiento humano estricto de 60 litros por persona y día.

Para la población estacional se consideran las siguientes dotaciones máximas:

Establecimiento	Dotación (litros/hab y día)
Camping	120
Hotel	240
Apartamento	150
Adosado y vivienda aislada	350

**Tabla 13: Dotaciones de agua población estacional (litros/habitante y día)**

### 2.5.1 Reducción del consumo energético asociado al ciclo urbano del agua

En España, según estimaciones del [ITA](#) (anteriormente Instituto Tecnológico del Agua) de la Universidad Politécnica de Valencia, el consumo energético del suministro de agua urbana está por encima de **3 kWh/m<sup>3</sup>**, y se estima que un ahorro del 30% en el consumo de agua supondría una disminución del consumo eléctrico total nacional del 2%.



Según un estudio desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de California, que analiza la relación de los consumos de agua y energía desde el de los hogares hasta la gestión de cuenca, el ahorro de agua se podría incrementar hasta un 20% si los consumidores tuvieran en cuenta los gastos energéticos asociados a su consumo, lo que a su vez permitiría reducir un 30% el consumo de energía y los gases de efecto invernadero.

Centrando el foco en un abastecimiento urbano, existen cuatro etapas más importantes en lo que a consumo energético y peaje energético se refiere. En cada una de ellas el origen es distinto y afecta a distintos agentes, analizando las cifras obtenidas en un caso de estudio de una red sintética de una ciudad de unos 20.000 habitantes y 40 km de tuberías (inyección 1,6 hm<sup>3</sup>/año, consumo 1,3 hm<sup>3</sup>/año y rendimiento general del 77%).

Las etapas principales en cuanto a eficiencia energética son las siguientes:

- **Presurización de la red en cabecera.**
- **Transporte del agua por la red de distribución.**
- **Aljibes domiciliarios.**
- **Agua caliente en usos finales.**

Suponiendo un ahorro total con estas medidas del 30% se obtienen las emisiones reducidas en función de las viviendas proyectadas, usando para ello el valor calculado en el apartado 1.3 de 0,0296 tCO<sub>2</sub>/vivienda y año.

### 2.5.2 Incorporación del agua local, aprovechamiento del agua de lluvia y reutilización de aguas grises

Existen dos opciones diferentes de reciclaje de agua en el hogar. Se pueden reciclar las aguas grises (provenientes de lavabos y duchas) y se puede aprovechar, así mismo, el agua de lluvia que cae sobre nuestro tejado.

El tratamiento de este tipo de aguas difiere bastante entre sí, aunque lo que tienen en común es que necesitan **circuitos hidráulicos separados** dentro de la casa. Normalmente plantearse este tipo de instalación es recomendable antes de la construcción de la casa, dada la obra que requiere la construcción de estos diferentes circuitos.

- **Agua de lluvia:**

Gracias a la instalación de un sistema de recuperación de agua de lluvia se puede ahorrar hasta un 50% del consumo de agua potable de una vivienda.

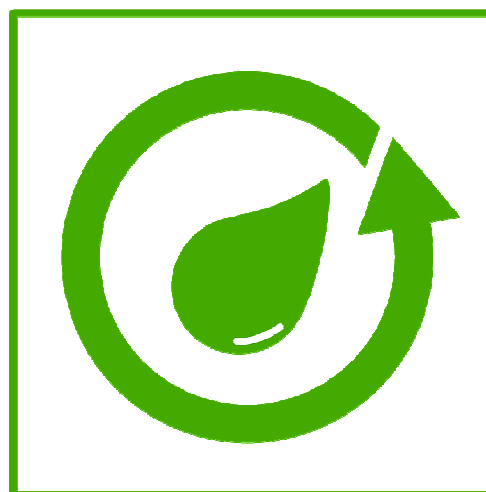
Este sistema consiste en utilizar las cubiertas de los edificios como **captadores**. De este modo, el agua se recoge mediante canalones o sumideros en un tejado o una terraza y se almacena en un depósito.

Este depósito puede estar enterrado en el jardín o situado en superficie, en un espacio de la vivienda. A la entrada del depósito se coloca un filtro para evitar suciedades y elementos no deseados, como hojas. Este depósito se dimensiona en función de los usos acordados, la superficie de la cubierta y la pluviometría de la zona; posteriormente el agua disponible se impulsa y distribuye a través de un circuito hidráulico independiente de la red de agua potable.

Los consumos admisibles o autorizados con agua pluvial son usos donde no se requiere agua potable: lavadora, cisterna del inodoro, lavado de suelos, riego, etc.

Con esta medida podría ahorrarse el 50% del agua consumida en cada vivienda, lo que supondría una reducción de emisiones de:

0,015 tCO<sub>2</sub>eq/vivienda y año



#### ▪ Aguas grises:

El gasto doméstico diario por persona es de **132 l** y la mitad provienen de la ducha y la cisterna. Aparte de limitar ese gasto, se puede optar por sistemas de reciclado para mejorar el consumo.

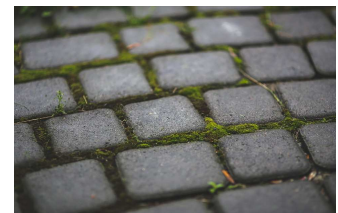
Se podrían ahorrar hasta 90.000 litros de agua al año por familia con un **sistema de tratamiento** de aguas grises, donde su función será limpiar el agua procedente del aseo personal (lavabo, ducha, baño) haciéndola útil para otros usos con agua no potable: lavar la ropa, rellenar la cisterna, riego del jardín, etc.; en definitiva, para aquellos usos no potables. El agua se limpia con una calidad constante y fiable, cumpliendo las normativas europeas en cuestiones de higiene en aguas del cuarto de baño.

Las previsiones en el planeamiento de estas medidas a nivel individual o colectivo conllevarían un ahorro del 30% del agua consumida en cada vivienda, lo que supondría una reducción de emisiones de:

0,009 tCO<sub>2</sub>eq/vivienda y año

## 2.6 AUMENTO DE LA PERMEABILIDAD DE ACERAS Y DEMÁS ELEMENTOS DE LA URBANIZACIÓN

Al urbanizar se procede a la impermeabilización del terreno y, como consecuencia directa, se altera el ciclo natural del agua. Se producen mayores volúmenes de escorrentía y mayores caudales punta, además de producirse con mayor velocidad. A su vez se impide que la lluvia se infiltre en el terreno y se recarguen los acuíferos.



Los pavimentos pasan a ser **conductores o recolectores del agua de escorrentía**. Por un lado se produce la circulación del agua sobre el pavimento desde el punto de caída hasta el de recogida y por otro lado este agua circula desde el punto de recogida hasta el de vertido con el agua ya canalizada. Es necesario dar al pavimento una pendiente hacia los puntos de recogida para que el agua circule por superficie.

La pendiente vendrá definida por la rugosidad del pavimento:

- Los pavimentos lisos aceptarán pendientes mínimas del 0,5%.
- Los pavimentos rugosos, como los bituminosos o los hormigones lavados, requerirán pendientes mínimas del 1,5%.
- Los pavimentos muy rugosos como los adoquines o losas en seco, requerirán pendientes por encima del 2%.
- Los pavimentos de tierra y los pavimentos granulares admitirán pendientes menores, en torno al 0,5%.

Se calcularán las dimensiones del conducto en base a los principios de la hidrología, teniendo en cuenta la superficie, pendiente, tipo de material, etc.

Limitando la velocidad de circulación del agua y minimizando los arrastres de finos que produce su circulación se podrá conseguir una mejor gestión del agua en superficie, reduciendo así las emisiones de GEI producidas en el abastecimiento de agua en los futuros desarrollos urbanísticos.

Así, en términos generales, sería conveniente adoptar estas cuatro grandes medidas:

### 2.6.1 Reducción del abuso de productos cementosos

Las mezclas de cemento con distintos áridos (hormigón, suelocemento, gravacemento y mortero) son los materiales más utilizados en la ejecución de vías urbanas, a pesar de su elevado coste ambiental y de existir materiales alternativos para todas las aplicaciones donde son empleados, excepto en recibido de bordillos y elementos verticales. Se recomienda el uso del resto de productos cuyo uso causa menor impacto:

- En pavimentos de acera como baldosas hidráulicas, losas de terrazo, hormigones continuos, etc., es perfectamente evitable el uso de cemento sustituyendo estos productos por adoquines y losas de piedra natural, que aún con mayor precio de suministro son superiores en términos de calidad, vida útil y mantenimiento.
- En elementos lineales prefabricados de hormigón como bordillos, ríoglas, caces, etc. es igualmente evitable sustituyendo estos productos por piezas labradas de piedra natural, que, de igual manera, aún con mayor precio de suministro son superiores en términos de calidad, vida útil y mantenimiento.

### 2.6.2 Reducción del abuso de productos bituminosos

Los productos bituminosos han hecho casi desaparecer al resto de productos utilizados en pavimentación de calzadas, llegando a encontrarnos en algunas ciudades que los antiguos pavimentos pétreos han sido cubiertos por mezclas bituminosas. Esto se justifica por el impacto acústico producido por los pavimentos articulados. Aunque es poco factible la pavimentación de una extensa red de calzadas con adoquines de piedra, sí es una opción clara como pavimento en **áreas de moderada velocidad**, como:

- Franjas de estacionamiento y playas de estacionamiento de cualquier tipo.
- Calzadas de coexistencia y de tráfico local con velocidades máximas de 20 km/h.
- Senderos peatonales en espacios libres (muchas veces ejecutados con aglomerados bituminosos).



### 2.6.3 Integración de alcorques en franjas de aparcamiento

Los espacios destinados a plantación de alineaciones arbóreas en calles suelen ser de dimensiones mínimas, próximas a un cuadrado de 80 cm de lado interior, de las que resulta una superficie útil de 0,5 m<sup>2</sup>, habida cuenta de la merma que produce el recibido de bordillos. Esto y la excesiva compactación de la explanada (el cajeadado y compactación es realizado para todo el ancho de vía) dificulta enormemente el arraigamiento y crecimiento de especies arbóreas.



Además supone una desproporción de bordillo por superficie de alcorque (aproximadamente 5 m/m<sup>2</sup>, algo menos en caso de coincidir uno de los lados con el límite de calzada) y obliga a un incómodo zigueo de las canalizaciones subterráneas de los servicios urbanos, sobre todo el alumbrado público y red de riego, que son los más cercanos a la calzada. Un diseño mucho más eficiente de alcorques pasa por ubicarlos en las **franjas de aparcamiento** asociadas a la mayoría de calles urbanas.

Esta situación ofrece las siguientes ventajas:

- Permite un mejor crecimiento aéreo del árbol, al aumentar la distancia con respecto a las fachadas, lo que posibilita operaciones menos frecuentes de poda y formación de copas mucho más voluminosas, con el consecuente beneficio de sombra para la edificación.
- Ofrece una mayor superficie de plantación sin restar espacio de acera, permitiendo mejor crecimiento subterráneo del árbol y el consecuente ahorro de riego de arraigamiento y mantenimiento, puesto que el sistema radicular de la planta profundiza en menos tiempo y cuenta con mayor superficie de captación.
- Evita los quiebras en el trazado de canalizaciones subterráneas, puesto que de esta forma todo el ancho de acera es apto para trazado lineal y paralelo de las mismas.

### 2.6.4 Superficies permeables

Los pavimentos permeables son superficies que, al mismo tiempo que son aptas para el paso de peatones o de tráfico rodado, permiten al agua la filtración vertical a su través, abriendo la posibilidad a que ésta se infiltre en el terreno pudiendo recargar los acuíferos, o bien sea captada y retenida en capas sub-superficiales para su posterior reutilización o evacuación.

Con las superficies permeables, además de atenuar el caudal punta de escorrentía (ya que aumentará su coeficiente y la porosidad del terreno), también se mejora la calidad del agua debido a la

eliminación de aceites, grasas, metales, sólidos en suspensión y otras sustancias que el agua de lluvia transporta después de arrastrarlos del pavimento.

Esta disminución de la escorrentía provocada también aumentará la seguridad del tráfico que circule por estas superficies en episodios de precipitación, ya que impide la formación de charcos que disminuyen la adherencia de los neumáticos con el firme.

En la actualidad se desaconseja su uso en zonas donde puedan producirse heladas que podrían provocar el agrietamiento de estos sistemas o en firmes con alta carga de tráfico, pero están siendo investigados para poder ser utilizados en cualquier tipo de firmes en un futuro, aunque el principal factor limitante, es la capacidad estructural del suelo saturado.

Pueden ser pavimentos continuos (hormigón o asfalto) o discontinuos mediante elementos modulares y pueden ser utilizados en una gran variedad de espacios, como carreteras, aparcamientos, aceras, parques, terrazas, patios interiores...

Existen diversas tipologías, entre ellas césped o gravas (con o sin refuerzo), bloques impermeables con juntas permeables, bloques y baldosas porosas, pavimentos continuos porosos (asfalto, hormigón, resinas, etc.).

Las capas inferiores deberán garantizar la infiltración del agua o bien acumularla y retenerla para una progresiva evacuación.

Para ser capaces de gestionar adecuadamente los episodios extraordinarios de precipitación que superan el periodo de retorno para el que han sido diseñados, es necesario que se disponga de un **aliviadero perimetral** que sea capaz de disipar el flujo de agua excedente y conducirlo hacia el sistema de drenaje convencional.

Con estas medidas se consigue aumentar la cantidad de agua que penetra en el subsuelo y por lo tanto reducimos la cantidad de agua que entra en las redes de alcantarillado, con lo que se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al tratamiento de aguas pluviales.

Por otro lado, se reduce el dimensionamiento de la red de pluviales y, por tanto, también se reducen las emisiones debidas a las obras de urbanización.

---

Las emisiones del sector eléctrico español fueron en 2015 : 73820 Gg CO<sub>2</sub> eq en tanto que la producción eléctrica neta fue 268.766, en tanto que por Red Eléctrica Española figura la generación de 248.326 GWh. Por ello se ha considerado un factor de emisión de **0,27** kgCO<sub>2</sub>eq/k Wh

### 3. REFERENCIAS

- British Standards Institution. (2008) Londres: Department for Environment Food and Rural Affairs.
- Cabrera, E., Pardo, M. A., Cabrera, E., & Cobacho, R. (2010). Agua y Energía en España. Un reto complejo y fascinante. *Ingeniería del Agua*, 17(3), 235-246
- California Energy Comisión (2005). California's water-energy relationship. Final staff report. CEC 700-2005-011 SF. California: California Energy ComisiOn.
- Comisión Nacional de la Energía (2011). Informe de supervisión del mercado minorista del gas natural en España 2010. Madrid: Comisión Nacional de la Energía.
- Dhakal, S. (2009). Urban energy use and carbon emissions from cities in China and policy implications. *Energy policy*, 37, 4208-4219.
- Dong, H. J., Geng, Y., Xi, F. M., & Fujita, T. (2013). Carbon footprint evaluation at industrial park level: A hybrid life cycle assessment approach. *Energy Policy*, 57, 298-307.
- Espelt, P., & Adarve, P. (2009). Consumo energético y emisiones de la Construcción de 6 modelos urbanísticos. Sesión presentada en el II Congreso Internacional de Medida y Modelización de la Sostenibilidad, Barcelona.
- Farreny, R., Oliver-Sola, J., Montlleo, M., Escribá, E., Gabarrell, X., & Rieradevall, J. (2011). The ecodesign and planning of sustainable neighbourhoods: the Vallbona case study (Barcelona). *Informes de la Construcción*, 63, 115-124.
- Hardy L. & Garrido A. (2010). Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España. *Papeles de agua virtual* nº 6. Madrid: Fundación Botín.
- Ho, C. S., Matsuoka, Y., Simson, J., & Gomi, K. (2013). Low carbon urban development strategy in Malaysia - The case of Iskandar Malaysia development corridor. *Habitat International*, 37, 43-51.
- IDAE, (2011) Proyecto Sech-Spahousec. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético.
- INE (2013). Censo de Población y Vivienda 2011. Instituto Nacional de Estadística. Obtenido de [http://www.ine.es/inebmenu/mnu\\_cifraspob.htm](http://www.ine.es/inebmenu/mnu_cifraspob.htm).
- INE (2014). Encuesta sobre suministro y saneamiento de agua 2009. Instituto Nacional de Estadística.
- Jandl R. 2001. Medición de tendencias en el tiempo del almacenamiento de carbon o del suelo Simposio Internacional: Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia (Chile).
- Jones, C. H., & Kammen, D. M. (2013). Quantifying Carbon Footprint Reduction Opportunities for U.S. Households and Communities. *Journal of Environmental Science and Technology*, 48, 895-902.
- Kim, T. & Kim H. (2013). Analysis of the effects of intra-urban spatial structures on carbon footprint of residents in Seoul, Korea. *Habitat International*, 38, 192-198.
- La Roche, P. (2010). Calculating green house gas emissions for buildings: analysis of the performance of several carbon counting tools in different climates. *Informes de la Construcción*, 62, 61-80.

- Lin, J. Y., Liu, Y., Meng, F. X., Cui, S. H., & Xu, L. L. (2013). Using hybrid method to evaluate carbon footprint of Xiamen City, China. *Energy Policy*, 58, 220-227.
- MARM (2011). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España e información adicional años 1990-2009. Madrid: Dirección General Ofician Española de Cambio Climático. Ministerio de Medio ambiente, Medio Rural y Marino.
- Minx, J., Baiocchi, G., Wiedmann, T., Barrett, J., Creutzig, F., Feng, K., Förster, K., Pichler, P., Weisz, H., & Hubacek, K. (2013). Carbon footprints of cities and other human settlements in the UK. *Environmental Research Letter*. 8(035039).
- Monzón de Cáceres, A. & De la Hoz, D. (2009). Efectos sobre la movilidad de la dinámica territorial de Madrid. *Urban*, 14, 58-71.
- Mühle, S., Balsamb, I., & Cheeseman, C. R. (2010). Comparison of carbon emissions associated with municipal solid waste management in Germany and the UK *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 793-801.
- Onat, N. C., Kucukvar, M., & Tatari, O. (2014). Scope-based carbon footprint analysis of U.S. residential and commercial buildings: An input-output hybrid life cycle assessment approach. *Building and Environment*, 72, 53-62.
- Petsch, S., Guhathakurta, S., Heischbourg, L., Müller, K., & Hagen, H. (2011). Modeling, Monitoring, and Visualizing Carbon Footprints at the Urban Neighborhood Scale. *Journal of Urban Technology*, 18(4), 81-96.
- Puliafito, S. E., & Allende, D. (2007). Patrones de Emisión de la Contaminación Urbana. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía*, 42, 38-56.
- Qi C., & Ni-Bing C. (2013). Integrated carbón footprint and cost evaluation of a drinking wáter infrastructure system for screening expansión alternatives. *Journal of Cleaner Production*, 60, 170-181.
- Ramaswami, A., Hillman, T., Janson, B., Reiner, M., & Thomas, G. (2008). A demandcentered, hybrid life cycle methodology for city-scale greenhouse gas emissions, in press. *Environmental Science and Technology*, 42, 6455-6461.
- Rodríguez-García, C., Hospido, A., Bagley, D. M., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2012). A methodology to estimate greenhouse gases emissions in Life Cycle Inventories of wastewater treatment plants. *Environmental Impact Assessment Review*, 37, 37-46.
- Romero, A (2010). Las emisiones de GEI en el tratamiento de Residuos Municipales en el Área Metropolitana de Barcelona. Sesión presentada en las IX Jornadas sobre Biometanización de Residuos Sólidos Urbanos, Barcelona.
- Sala L. (2007). Balances energéticos del ciclo de agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava. Comunicación presentada en Seminario Agua, Energía y Cambio Climático, Valencia.

- Sovacool, B. K., & Brown, M. A. (2010). Twelve metropolitan carbon footprints: A preliminary comparative global assessment. *Energy Policy*, 38, 4856-4869.
- Strobele, B. (2013). Limits of the carbon footprint for the assessment of ecological construction. *Bauphysik*, 35(5), 338-345
- Suzuki, M., & Oka, T. (2011) Estimation of life cycle energy consumption and CO2 emission of office buildings in Japan. *Energy and Buildings*, 28(1), 33-41.
- Weber C. L., & Matthews, H. S. (2008). Quantifying the Global and Distributional Aspects of American Household Carbon Footprint. *Ecological Economics*, 66(2-3), 379-391.
- Zubelzu, S., Álvarez, R. (2016). A simplified method to assess the influence of the power generation mix in urban carbon emissions. *Energy*, 115: 875-887.
- Zubelzu, S., Álvarez, R., Hernández, A. (2015). Methodology to calculate the carbon footprint of household land use in the urban planning stage. *Land Use Policy*, 48: 223-235.
- Zubelzu, S., Álvarez, R. (2015). Urban planning and industry in Spain: a novel methodology for calculating industrial carbon footprints. *Energy Policy*, 83: 57-68.
- Zubelzu, S., Isidro, A., Blanco, F., & Gutiérrez, M. A. (2011). Los Métodos Gravitacionales como herramienta para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del tráfico rodado en la planificación urbana. *Revista de construcción*, 26(2): 187-207