



6

ARQUITECTURA,
URBANISME
I EDIFICACIÓ



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

→ **UPCPOSTGRAU**

Construcción sostenible de espacio público →

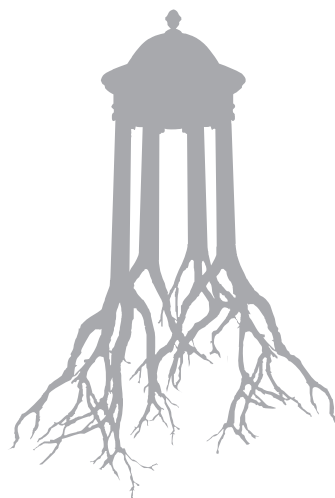
María del Mar Pérez Cambra





6

ARQUITECTURA,
URBANISME
I EDIFICACIÓ



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



iniciativa
digital politècnica
Publicacions Acadèmiques UPC

→ **UPCPOSTGRAU**

Construcción sostenible de espacio público →

María del Mar Pérez Cambra

Primera edición: febrer de 2015

- © María del Mar Pérez Cambra, 2015
- © Iniciativa Digital Politècnica, 2015
Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC
Jordi Girona 31,
Edifici Torre Girona, Planta 1, 08034 Barcelona
Tel.: 934 015 885
www.upc.edu/idp
E-mail: info.idp@upc.edu

Depósito legal: B-3631-2015
ISBN: 978-84-9880-516-1

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede realizarse con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista en la ley.



Índice

Introducción	7
1. Agua	13
1.1 Conceptos generales y ejemplos	13
1.1.1 El problema del agua	13
1.1.2 El contexto mundial	14
1.1.3 Reacciones frente a esta situación	18
1.2 Sistemas constructivos	30
1.3 Superficies de infiltración y/o control en el origen	30
1.3.1 Superficies permeables y/o control en el origen	30
1.3.2 Superficies continuas permeables	37
1.3.3 Pavimentos y juntas permeables	42
1.3.4 Pavimentos permeables y juntas impermeables	45
1.3.5 Pozos y zanjas de infiltración	50
1.3.6 Depósitos o cuencas de infiltración	51
1.4 Sistemas de transporte permeables	52
1.4.1 Drenes filtrantes o franceses	52
1.4.2 Cunetas verdes	54
1.4.3 Franjas filtrantes	56
1.5 Sistemas de tratamiento pasivo	59
1.5.1 Depósitos de detención	59
1.5.2 Estanques de retención	61
1.5.3 Tierras húmedas o humedales	62
2. Verde	67
2.1 Conceptos generales	67
2.1.1 El contexto global y el confort psicológico y emocional	67
2.1.2 El confort térmico: estudio de un caso	73
2.1.3 El confort acústico	76
2.2 Sistemas constructivos	78
2.2.1 Fachadas: el jardín vertical	78
2.2.2 Fachadas verdes interiores	81



2.2.3	Umbráculos verticales	83
2.2.4	Umbráculos horizontales	85
2.2.5	Cubiertas ajardinadas.....	90
2.2.6	Césped natural.....	95
2.2.7	El verde como estructura	98
2.2.8	Taludes verdes.....	100
3.	Materiales	111
3.1	Conceptos generales	111
3.1.1	Concepto de materiales sostenibles para la construcción del espacio público	111
3.1.2	El ciclo de vida de los materiales.....	112
3.2	Bases de datos de materiales y sistemas constructivos sostenibles para la construcción del espacio público	113
3.2.1	Cradle to cradle o C2C.....	113
3.2.2	Agenda de la Construcción Sostenible.....	117
3.2.3	Producto Sostenible	118
3.2.4	Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia.....	119
3.2.5	InsMed.....	121
3.3	Sistemas constructivos, ordenados en función de los materiales utilizados	122
3.3.1	Vidrio reciclado.....	122
3.3.2	Plástico reciclado	127
3.3.3	Moqueta de automoción	132
3.3.4	Áridos reciclados	134
4.	Energía	139
4.1	Conceptos generales	139
4.1.1	Plan de Fomento de las Energías Renovables en España (2000-2001).....	139
4.1.2	Energías renovables que pueden aplicarse en un proyecto de urbanización redactado y dirigido por un arquitecto	140
4.2	Sistemas constructivos.....	140
4.2.1	La energía solar fotovoltaica	140
4.2.2	Señalización	146
4.2.3	Potencia eléctrica	150
4.2.4	Energía eólica.....	151
5.	Atmósfera	157
5.1	Conceptos generales	157
5.1.1	Contexto	157
5.1.2	Sistemas constructivos	163
6.	Anexo	167
6.1	Ejemplo resumen de la aplicación de elementos y sistemas constructivos sostenibles aplicables a un proyecto de urbanización..	167
7.	Conclusión	171
8.	Bibliografía	177



Introducción

Objetivo y estructura del libro

El propósito de este libro es ofrecer un manual práctico y de fácil lectura sobre la construcción del espacio público conforme a criterios de responsabilidad medioambiental.

Inicialmente, este manual va destinado a los estudiantes de Construcción del Espacio Público del grado, pero es bienvenido *todo lector interesado en la materia*.

El libro se estructura en cinco apartados para construir nuestro espacio público: agua, verde, materiales, energía y atmósfera. A su vez, cada apartado contiene dos subapartados.

El primero subapartado es de conceptos generales. En él se exponen estudios, casos de éxito reales construidos y tesis doctorales que cuantifican los beneficios medioambientales en la gestión del agua, del verde, de los materiales, de la energía y de la atmósfera al construir el espacio público. Una vez demostrada la eficacia de estos conceptos generales, podemos pasar al segundo subapartado.

El segundo subapartado trata de las herramientas técnicas: de los sistemas constructivos específicos que ponen en práctica estos beneficios medioambientales.

El manual expone algunos criterios para intentar construir un espacio público *captador, gestor y optimizador de los recursos de y para la ciudad*, mejorando su confort y habitabilidad (mejora medioambiental). Por tanto, el espacio público se convierte no solo en un lugar social de ocio, sino también en un órgano vital para la ciudad, como si fuera un ser vivo, una entidad viviente que respira, consume CO₂, capta y consume agua, energía y materiales, e incluso padece el estrés.



Este espacio público resulta esencial para administrar todas estas funciones y recursos, mediante microestrategias que permitan el crecimiento de las ciudades, el crecimiento estratégico de las entidades vivientes.

Conceptos básicos generales

Comenzamos exponiendo el concepto general de espacio público, entendido como las zonas no cerradas en alguna de las caras de su envolvente y accesibles por todos los habitantes y usuarios, de uso y dominio públicos.

Si tenemos en cuenta el *entorno* del espacio público, entonces encontramos otros conceptos, como los de exterior y semiexterior. Si consideramos su *funcionalidad*, aparecen nuevos conceptos: espacios públicos de encuentro y ocio (plazas, parques, jardines), de circulación (aceras, calzadas, paseos peatonales, carriles bici, ferrocarriles carreteras); espacios públicos memoriales: cementerios, espacios monumentales, etc.

En relación con el segundo concepto del título del libro—“sostenible”—, es necesario referirse al concepto de desarrollo sostenible acuñado en 1987 por la doctora Gro Harlem Brundtland en el *Informe Brundtland*, donde lo describía como un proceso de cambio por el que la explotación de los recursos, la priorización de las inversiones, la orientación de los progresos tecnológicos y la reinención de las instituciones concuerdan con las necesidades sociales, tanto presentes como futuras.

La combinación de ambos conceptos, la construcción *sostenible* del *espacio público*, se basa, por tanto, en los siguientes *principios*, siguiendo el criterio de Kibert, profesor de Construcción Sostenible de la Universidad de Florida (Kibert, 1994):

- Captación de los recursos
- Conservación de los recursos
- Reutilización de los recursos
- Utilización de recursos reciclables, renovables y reciclados en la construcción
- Consideraciones con respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones
- Reducción en la utilización de la energía
- Incremento de la calidad, tanto en lo que se refiere a los materiales, como a los recursos y al entorno urbanizado
- Protección del medio ambiente

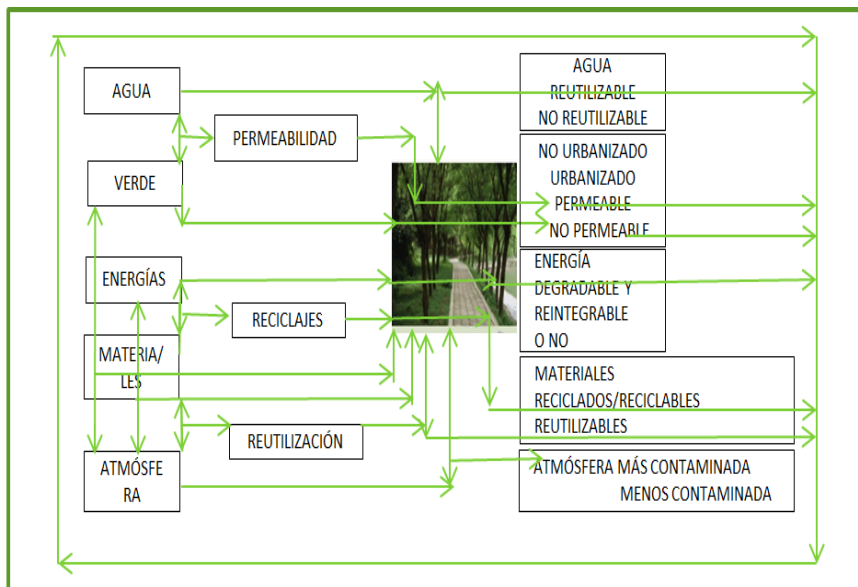
Estos principios se aplican no solo en la construcción del espacio público, sino también en su utilización, para conseguir la optimización de los recursos a escala urbana.

En otras palabras, hay que reconvertir el ciclo lineal de la construcción del espacio público en una construcción circular para que sea responsable medioambientalmente, respetando los principios expuestos, para conseguir la “reencarnación de los recursos”.

La reencarnación de los recursos



A continuación, introducimos en el cuadro los conceptos de reciclabilidad, reutilización y reducción La reencarnación de los recursos en construcción de espacio público.





Centrándonos en cada uno de los cinco apartados: agua, verde, materiales, energía y atmósfera, los sistemas constructivos propuestos deberían aportar:

1. Agua. Estrategias de gestión de la captación, el transporte, la reutilización, el almacenaje y la mejora de calidad del agua (por ejemplo, superficies permeables, pavimentos y alcorques, etc.).
2. Verde. Su uso para proporcionar confort térmico y acústico, así como beneficios psicoemocionales y de habitabilidad (por ejemplo, sistemas de contención que incluyan el verde, fachadas y cubiertas vegetales, etc.).
3. Materiales. Optimización del ciclo de vida de los materiales, ahorro de residuos, incremento de la durabilidad y uso de materiales reciclados (por ejemplo, ecoproductos, dimensionado de firmes, etc.).
4. Energía. Utilización de fuentes de energía renovables (por ejemplo, placas fotovoltaicas para diferentes usos, mini centrales eólicas, sensores piezoeléctricos, etc.).
5. Atmósfera. Reducción de las emisiones de CO₂, tanto en la construcción de los materiales como en los sistemas constructivos en general (por ejemplo, utilización de “sumideros” de CO₂, etc.).

El espacio público como estrategia para la captación, la gestión y la optimización de los recursos de la ciudad no es ningún concepto innovador sino *milenario*, puesto que ya en el siglo V a.C. los persas lo pusieron en práctica en la ciudad de Shushtar, en Irán.

Veamos algunos ejemplos de Shushtar¹:

El agua se capta, se almacena en espacios públicos y se transporta al resto de la ciudad a través de canales de irrigación, y se generan saltos de agua para el uso de molinos. La construcción de estos espacios se realiza sin menguar los recursos de las genera-



1 Fuente: *Shushtar Historical Hydraulic System: Bridges, dams, canals, buildings and watermills. From ancient times to present.* UNESCO, World Heritage Convention, Nomination of Properties for Inclusion on the World Heritage List. Teherán, 2008. Iranian Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism Organization.



ciones venideras. Es más, en el siglo XX, los saltos de aguas generados en Shushtar fueron aprovechados por la nueva factoría de electricidad inaugurada por el Sha de Persia.



Fig. 1 y 2
Canales de irrigación (adoptados por los egipcios)
Molinos, cascadas y espacios para el ocio

→ 1



Agua

Agua: escasez, inundaciones y responsabilidad medioambiental, un problema global.

1.1 Conceptos generales y ejemplos

1.1.1 El problema del agua

El desarrollo no sostenible de los recursos hídricos en las aglomeraciones urbanas

En 1987, la Dra. Gro Harlem Brundtland convocó una comisión que redactó un informe para las Naciones Unidas, titulado *Our Common Future*, en el cual se utilizaba el término *desarrollo sostenible*, que se definía como aquel desarrollo “que satisface las necesidades del presente, sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones” .

Actualmente, el desarrollo sostenible de los recursos hídricos resulta una tarea difícil, incluso imposible, en las aglomeraciones urbanas. Abastecer su demanda produce un agotamiento y un deterioro de la calidad de los recursos hídricos existentes. Es decir, abastecer la cantidad y la calidad de agua que requiere nuestra generación compromete, en muchos casos, la garantía de abastecimiento de agua (cuantitativa y cualitativamente) de las generaciones futuras.

El problema es que la especie humana tiende, y tenderá en el futuro, a habitar en aglomeraciones urbanas:

En 2006, la cifra de población mundial que habitaba en las ciudades superó, por primera vez, la que habitaba en los entornos rurales (fuente: Fondo de Población de las Naciones Unidas, UNFPA).

En 2010, el 4 % de la superficie de la Tierra (equivalente a 471 millones de ha) correspondía a ecosistemas urbanos, espacios de máximo impacto ecológico.



En 2020, el 80% de la población mundial que habite en países desarrollados lo hará en entornos urbanizados (actualmente, es el 77 %).

1.1.2 El contexto mundial

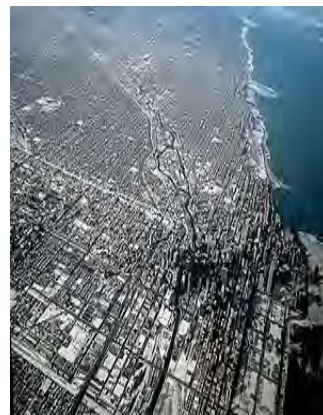
El contexto mundial actual se ilustra mediante la evolución de la tasa de urbanización desde 1950 y la relación de las superficies de las áreas metropolitanas más extensas del mundo (de más de 10 millones de habitantes y con densidades superiores a los 2.000hab/km²).

Fig. 1.1 Evolución de la tasa de urbanización

Evolución de la tasa de urbanización

Las cifras desde 2005 son estimaciones.²

Años	Mundo	Países desarrollados	Países subdesarrollados
1950	29,1	52,5	17,9
1955	30,9	55,5	19,7
1960	32,9	58,6	21,7
1965	34,7	61,7	23,7
1970	36,0	64,2	25,2
1975	37,3	67,2	26,9
1980	39,2	69,2	29,5
1985	41,1	70,5	32,3
1990	43,2	71,8	35,2
1995	45,1	73,0	37,8
2000	47,1	73,9	40,5
2005	49,2	74,9	43,2
2010	51,3	76,1	45,9
2015	53,6	77,3	48,7
2020	55,9	78,7	51,4
2025	58,3	80,2	54,2
2030	60,8	81,7	51,7



Referencias

1. † El 50% de población vive en las ciudades [El Mundo](#) (El Salvador), 27.06.2007
2. † Burgos y Muñoz Delgado (2007) *Geografía*, Madrid: Anaya ISBN 978-84-667-6468-1, que cita fuentes de la ONU.

Figs. 1.2 y 1.3 Superficie de las principales áreas metropolitanas del mundo. Fuente: Demography, World Urban Areas: Pollution Projections: Edition 6.1 (2010).

Rango	Nombre del aglomerado	País	Población	superficie
01	Tokio	● Japón	34.450.000	4.987,08
02	México, D.F.	■ México	25.648.000	1.972
03	Nueva York	■ Estados Unidos	22.800.000	16.979,59
04	São Paulo	■ Brasil	22.500.000	2.522,98
05	Seúl	■ Corea del Sur	21.000.000	1.994
06	Manila ⁶	■ Filipinas	20.072.216	3.629,6
07	Bombay	■ India	19.280.000	837,77
08	Yakarta (Jabotabek)	■ Indonesia	19.300.000	950
09	Delhi	■ India	18.560.000	2.214
10	El Cairo	■ Egipto	16.000.000	11.510
11	Los Ángeles	■ Estados Unidos	15.350.000	12.948
12	Calcuta	■ India	14.580.000	1.752
13	Shanghai	■ China	14.530.000	3.340
14	Moscú	■ Rusia	14.100.000	1.781
15	Buenos Aires	■ Argentina	12.548.638 ⁶	2.590
16	Pekín	■ China	12.160.000	2.106
17	Shenzhen	■ China	11.820.000	960
18	Río de Janeiro	■ Brasil	11.080.000	1.882
19	Estambul	■ Turquía	11.000.000	2.538,77
20	París	■ Francia	10.570.000	105



SUPERFICIE DE SUELO DE CIUDAD - SUPERFICIE DE TESCO = SUPERFICIE DE ESCORRENTÍA

Permeabilidad del terreno.

Zonas sin urbanizar: *retorno a los cauces naturales* de un 95% y *escorrentía* de un 5%.

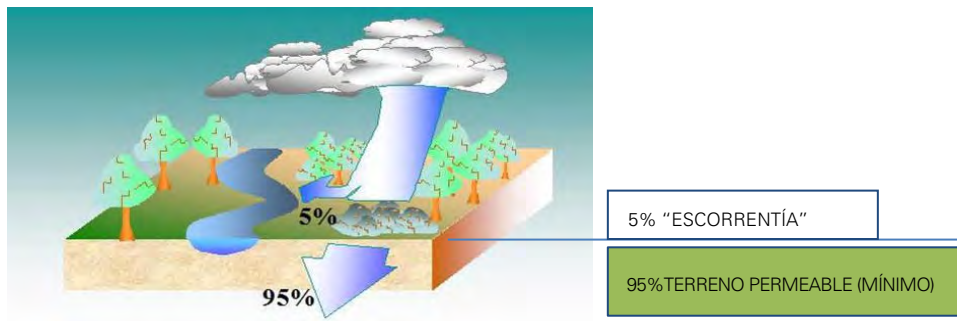


Fig. 1.4
Reparto de
escorrentía e
infiltración en un
entorno natural
Fuente: Coupe, S.

Zona urbanizada de baja densidad (*retorno a los cauces naturales* de un 30% y *escorrentía* de un 70%).

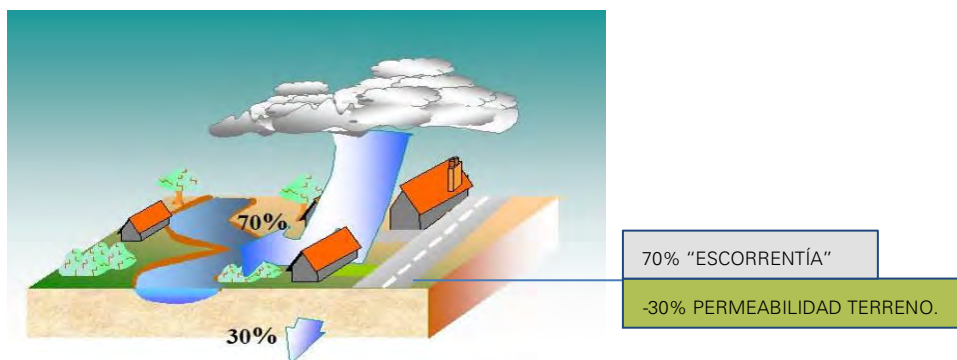


Fig. 1.5
Reparto de
escorrentía e
infiltración en un
entorno de baja
densidad.
Fuente: Coupe, S.

Zona urbanizada de alta densidad (ciudades): *retorno a los cauces naturales* de un 5% y *escorrentía* de un 95%. El 95% de *escorrentía* superficial. El agua se puede reaprovechar para reducir la demanda hídrica de la ciudad.

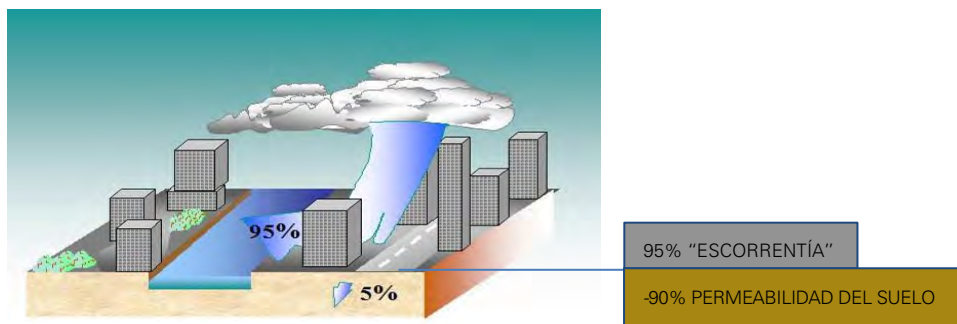


Fig. 1.6
Reparto de
escorrentía e
infiltración en un
entorno zona
urbanizada de alta
densidad.
Fuente: Coupe, S.



Algunos ejemplos

En el origen de las ciudades, la relación del hombre con los sistemas hídricos y geobiológicos se desarrollaba en un marco relativamente armónico. Actualmente, en cambio, esta relación pone en peligro el desarrollo sostenible.

Los sistemas de suministro no han de afectar la sostenibilidad de los recursos hídricos ni cuantitativa ni cualitativamente: los volúmenes extraídos no deben ser mayores a los volúmenes renovados, y la calidad del agua no debe degradarse. Además, el concepto de sostenibilidad ha de incluir también otros recursos naturales (los recursos hídricos, los ecosistemas fluviales o lacustres, etc.).

A continuación, se exponen algunos ejemplos de casos en que los recursos hídricos son cada vez menores, y se explican los problemas que generan.

CIUDAD DE MÉXICO

Según la Secretaría de Estado de la Ciudad de México el agua para el Distrito Federal se obtiene de dos fuentes principales: el 71 %, de los mantos acuíferos y, el resto, de los ríos Lerma, Cutzamala y Magdalena.

Los acuíferos son, pues, la principal fuente de abastecimiento de agua en la zona metropolitana de la Ciudad de México; el suelo de esta zona es de tipo volcánico y forma mantos acuíferos. La lluvia, al escurrir por la superficie del suelo, se infiltra directamente en el subsuelo hasta llegar a los acuíferos.

Actualmente, en la Ciudad de México, el volumen de agua que se extrae de los acuíferos es mayor que la que se recupera naturalmente por la lluvia: cada segundo, se extraen del subsuelo 45 m³ y solo se reponen 25 m³. En consecuencia, el suelo se compacta y se va hundiendo, a razón de 10 cm por año, aunque en ciertos lugares, como Xochimilco, Tláhuac, Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chalco, el suelo se ha compactado hasta 40 cm en tan solo un año. Alrededor del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, algunos registros estadísticos señalan hundimientos anuales de 15 a 25 cm.

Por todo ello, el agua que se extrae contiene cada vez más minerales, que la hacen de menor calidad.

El abastecimiento de agua de los ríos Lerma y Cutzamala requiere un sistema costoso y complejo, con 102 plantas de bombeo, y recorre de 60 a 154 km de distancia a una altura de 1.000 m, antes de llegar a la ciudad.

Por otro lado, en la parte oriental de la zona metropolitana de la Ciudad de México el agua escasea, debido a que la mayoría de las fuentes de abastecimiento están ubicadas a poniente, al norte y al sur de la ciudad, lo cual provoca una distribución irregular del agua.

BANGKOK

En el continente asiático, otro ejemplo de desarrollo insostenible de los recursos hídricos es Bangkok (Tailandia). Esta megápolis utiliza aguas subterráneas, cuyo bombeo continuado ha provocado el descenso de los niveles piezométricos y el hundimiento gradual del suelo. Como la ciudad se encuentra prácticamente al nivel del mar, se crean enormes problemas de drenaje y sanitarios durante las lluvias. Fenómenos similares se han registrado en Manila (Filipinas) y en Yakarta (Indonesia).

MELBOURNE

Australia es uno de los países más secos del mundo: el 70 % de la superficie es árida o semiárida y solo el 6,7 % de la tierra es cultivable. La grave sequía que ha padecido en los últimos años hace que el agua sea un bien escaso.

Cerca de tres cuartas partes de australianos viven en ciudades metropolitanas y áreas costeras, y una de las mayores aglomeraciones urbanas es la ciudad de Melbourne, capital del Estado de Victoria, situada en una zona templada, al sureste del país. En Melbourne, solo se pueden regar los jardines de las viviendas durante unas horas a la semana. Se utiliza agua reciclada y se aplica un sistema tarifario progresivo, que penaliza el consumo excesivo, de modo que, si un consumidor supera el límite, recibe la visita de los inspectores o le reducen la presión del agua.

Australia

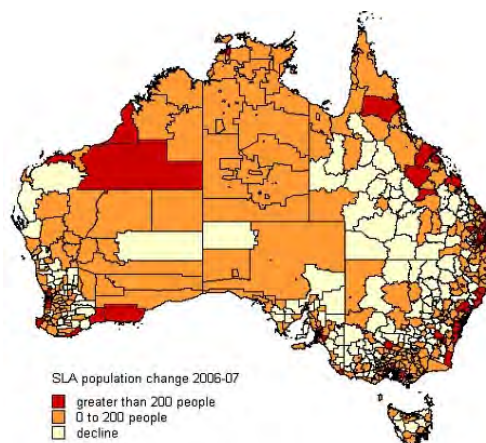
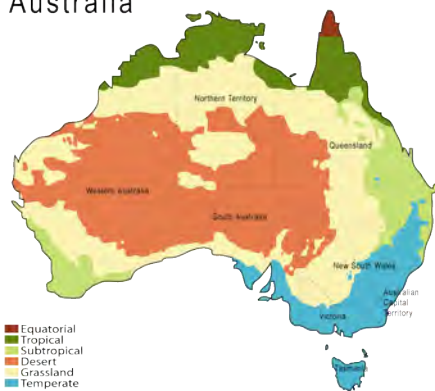


Fig. 1.7
Izquierda: Tipo de clima de cada zona
Fuente: Australian Bureau of Statistics

Fig. 1.8
Derecha: Crecimiento poblacional
Fuente: Australian Bureau of Statistics

Australia: clima y crecimiento poblacional

El primer mapa indica el tipo de clima de cada zona y el segundo, el crecimiento poblacional.

Melbourne, antigua capital de Australia, no tiene un clima desértico ni ecuatorial, sino templado, por lo que sus requerimientos hídricos no son excepcionales.



Junto a Sídney, es la capital que ha experimentado un mayor crecimiento en toda Australia entre 2001 y 2007. De hecho, en 2007, el 64 % de la población australiana (dos tercios del total, aproximadamente) residía en las capitales de los distritos estadísticos, que registraron un crecimiento de población del 66 % en esos primeros años del nuevo siglo, al tiempo que se iban despoblando las zonas rurales.

Este mayor crecimiento poblacional y el crecimiento de las ciudades son dos factores que provocan una mayor demanda de recursos hídricos para abastecer a los nuevos habitantes de las ciudades. Y el crecimiento de las superficies urbanizadas provoca los siguientes problemas globalizados.

En relación con el *ciclo del agua*, una mayor impermeabilización de la superficie terrestre, una mayor escorrentía, una menor recarga acuífera. En muchos casos, ello supone una “desertización” del terreno existente. Otro efecto que se puede producir es que el terreno impermeable facilita las inundaciones, en lugar de menguarlas, como haría un terreno virgen.

Con respecto a la *calidad*, se produce un efecto de “contaminación difusa”. El agua de escorrentía, al recorrer más camino en las superficies de drenaje y saneamiento, va perdiendo calidad. Así, en caso de reutilización, se podría requerir incluso que el agua de lluvia, inicialmente limpia, fuera tratada en una depuradora.

Por último, la urbanización y la impermeabilización tienen efectos *medio-ambientales a pequeña y gran escala*.

1.1.3 Reacciones frente a esta situación

Casos de éxito

WSUD (Water Sensitive Urban Design), www.wsud.org, Australia
CIRIA, SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems), www.ciria.org, Reino Unido
BMP (Best Management Practices), Sudáfrica y California, Estados Unidos
MPC (Mejores Prácticas de Control)
BPA (Buenas Prácticas Ambientales)
TEDUS (Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible)
LID (Low Impact Development), www.epa.gov/owow/NPS/lid, Estados Unidos

Instituciones y empresas que estudian el agua y su cadena de valor

SOSTAQUA

GITECO (Universidad Politécnica de Cantabria), www.giteco.unican.es
INSMED Proyecto de “cooperación territorial europea del Programa MED realizado entre 2009 y 2012”. El “Marketplace” basado en la cadena de valor está disponible en: www.marketplace.insmed.eu

Análisis de un caso de éxito: Australia y el WSUD

MELBOURNE²

El Gobierno australiano lleva más de veinte años intentando gestionar su carencia de agua, en cantidad y calidad. El sistema que ha creado, el *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), supone un caso de estudio para otros sistemas, como los SUDS, las BMP o el de GITECO. En el caso de Melbourne, su ayuntamiento ha cuantificado tanto la reducción de la demanda de fuentes no alternativas introducidas por WSUD como la mejora cualitativa del agua suministrada. Las mediciones del WSUD se monitorizan desde 1999 y se han conseguido resultados notables.

Por esta razón, los casos de estudio que analizaré, tanto los que abordan objetivos generales como los más específicos, partirán de la experiencia australiana, tomando el WSUD como caso de éxito.

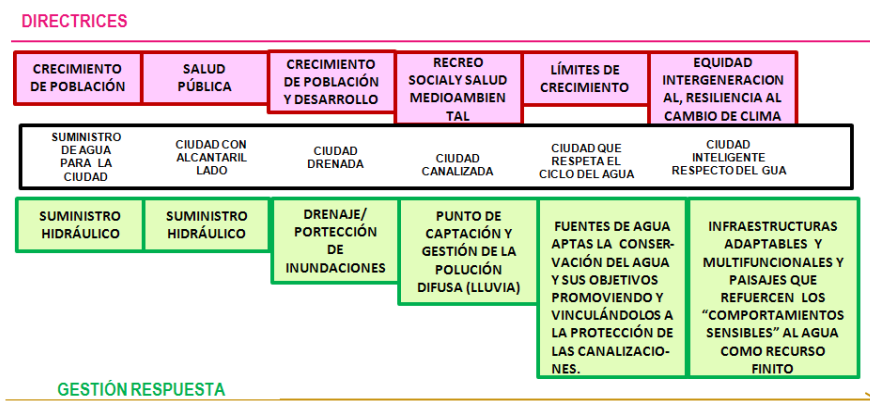


Fig. 1.9 Jerarquía de las fuentes alternativas de agua

¿Qué fuentes alternativas de agua aportan las mejores soluciones ambientales para la ciudad de Melbourne?

El principio fundamental de la ciudad como área de captación es hacer hincapié en las opciones de suministro descentralizado de agua, así como reducir la dependencia del agua potable procedente de fuera de la cuenca. WSUD recomienda la siguiente jerarquía general en cuanto a soluciones sostenibles para la gestión del agua en la ciudad de Melbourne.

Fuentes alternativas de captación local de agua

1. Reducción de la demanda de agua

Ahorrar agua en los edificios: accesorios, electrodomésticos, buen diseño y buen comportamiento.

2 Fuente: "City as a Catchment". *City of Melbourne's Sustainable Water Use Reference Group*. Grupo liderado por C.R.Fraser Brindley.



Ahorrar agua en los espacios abiertos: buen diseño y plantación con riego sensible a la humedad y, en la medida de lo posible, con especies que no requieran riego.

2. Captación de aguas pluviales

La captación de pequeños volúmenes de agua procedente de las precipitaciones, a través de tanques o estanques de almacenamiento, lagos, etc. Aunque este volumen de escorrentía sea relativamente pequeño, puede ayudar a satisfacer algunas de las demandas residenciales y municipales en materia de suministro de agua corriente.

3. Captación de aguas de tormenta

Permite captar cantidades mucho mayores del agua caída sobre la superficie impermeable de las ciudades. Requiere mayor gestión, financiación y energía que la captación de las aguas pluviales. En cuanto a la calidad del agua, cabe señalar que, en este caso, la reducción de los contaminantes es óptima, frente a otras fuentes de agua alternativas.

4. Reciclaje del agua

El reciclaje de las aguas grises y negras debe garantizar la salud pública y ha de ser viable económicamente.

5. Minas de agua

En este caso, los requisitos de almacenamiento son menores, pero cabe valorar la necesidad de rehabilitarlas, en función de su estado de conservación.

Esta fuente no depende de la existencia de una red continua de suministro, sino de que exista en el emplazamiento a suministrar.

6. Extracción de agua de las vías navegables

Si se produce por debajo de la cuenca, las consecuencias sobre el medio ambiente y el hábitat son menores.

La limitación de esta fuente es la posible salinidad del agua en las zonas costeras y la necesidad de tratarla para desalinizarla.

7. Las aguas subterráneas como recurso

Es una alternativa, siempre que el equilibrio hídrico lo permita (por ejemplo, habilitar pozos para el uso público, el riego y la limpieza de las calles, etc.).

En el caso de la ciudad de Melbourne, se combina el uso de agua potable con el agua de la lluvia. La escorrentía del agua de la lluvia es sustancial y muestra el potencial de captación de agua para ayudar a cubrir la demanda de agua local.



Entre los objetivos del presupuesto de agua para el 2020, se observa el incremento del tratamiento del agua de la lluvia, así como su captación y ahorro.

Las cifras del presupuesto de agua correspondientes al año 2000 muestran que el consumo principal de agua lo realizan los comercios (18.243ML/año), seguido por el residencial (5.541ML/año) y el municipal (1.585 ML/año).

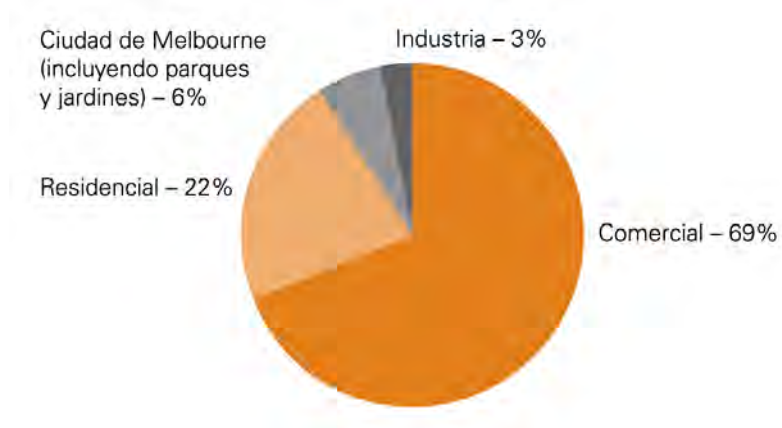


Fig. 1.10
Consumo total de agua potable en 1999-2000.

El 88 % del agua potable se utiliza y se evacua en las cloacas municipales (22.510ML/año).

Por tanto, es esencial gestionar la demanda en el área comercial para conservar las redes de agua y reducir los flujos de aguas residuales de todo el municipio.

El 11 % de las redes de agua (2.959 ML/año) se utilizan para finalidades como regar espacios públicos y jardines residenciales. En el municipio de Melbourne, el riego de estos espacios públicos representa el 65 % del uso de agua potable. Esta agua se puede derivar de la captación del drenaje que circula adyacente a los parques y jardines.

¿Cuánta lluvia cae en la ciudad de Melbourne al año y dónde cae?

Los 21.260MLtotales se reparten del modo siguiente:

- el 63 %, equivalente a 13.470ML, es agua de escorrentía;
- el 1 %, eso es, 220 ML, se devuelve a la atmósfera por vía de la evotranspiración;
- el 35 %, es decir, 7.560 ML, se infiltra en el subsuelo, y



- el 1 % restante, 280ML de la escorrentía infiltrada, contribuye a recargar el nivel freático del municipio.

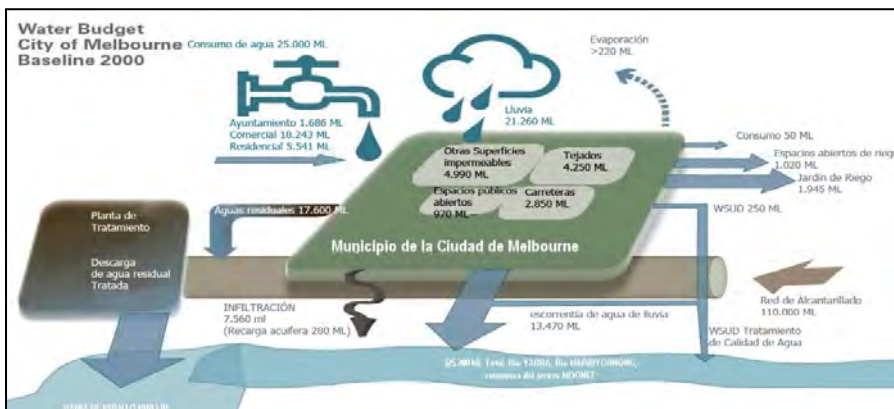
De esta cantidad total, 4.230ML/año se generan en las áreas residenciales y comerciales, lo cual supone una abundancia de agua que podría utilizarse para el riego, las cisternas de lavabos, el agua caliente y usos relacionados con la lavandería (v. figura adjunta).

Fig. 1.11
Calidad del agua.
Fuente: Ayuntamiento de Melbourne, WSUDS)



Según el Gobierno de Melbourne, ya se han puesto en marcha recursos para la captación de agua de fuentes alternativas y así poder reducir el consumo de agua potable: de este modo, el presupuesto de consumo de agua potable para el 2020 en la ciudad de Melbourne podrá reducirse en un 34 % en valores absolutos, incluyendo el aumento de la demografía (de 2001 a 2009, la población aumentó un 67 %, según las estadísticas publicadas por el Gobierno de Melbourne). Este ahorro ya era del 34 % en 2008. Por otra parte, se prevé una reducción de la pluviometría del 3 % para el 2020. (Vid. Tabla “WSUDS. Monitorización de un caso de éxito” y las gráficas adjuntas).

Fig. 1.12
Consumo de agua potable en Melbourne: datos del año 2000



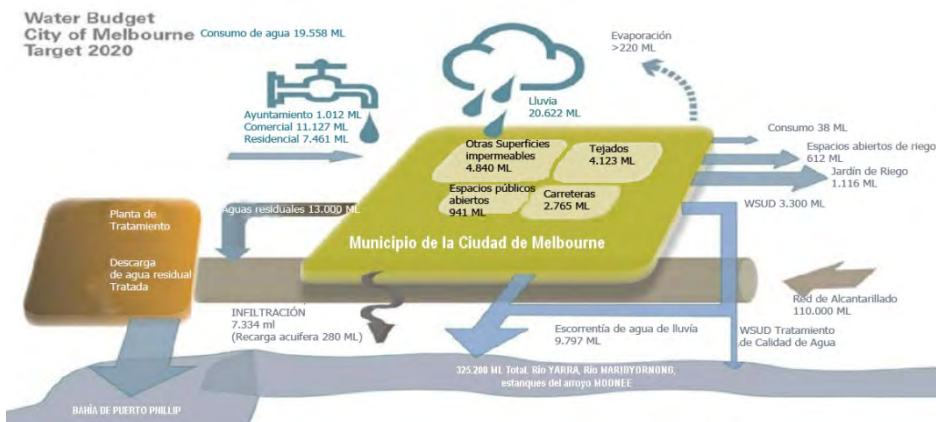


Fig. 1.13 Consumo de agua potable en Melbourne: objetivo 2020



Fig. 1.14 Ciclo del agua

¿Qué hacen en Melbourne con el agua captada para ahorrar el consumo de agua? Monitorización de un caso de éxito.

Año	Demanda de agua total para uso comercial (ML/año)	Demanda de agua total para uso residencial (ML/año)	Demanda de agua total para uso municipal (ML/año)
1999	18.243,00	5.541,00	1.686,00
2008	11.430,00	4.399,00	1.197,00
*2020	11.127,00	7.461,00	1.012,00

Tabla 1.1 Demanda de agua. Fuente: Gobierno de Melbourne

*Incluido el crecimiento residencial y comercial: entre 2001 y 2009, se ha registrado un incremento de la población residencial de un 67 % (de 55.742 a 93.105 habitantes). Fuente: Gobierno de Melbourne. <http://www.melbourne.vic.gov.au/AboutMelbourne/Statistics/Pages/Population.aspx>



Tabla 1.2
Ahorro de agua
para la ciudad
de Melbourne

AHORRO DE AGUA PARA LA CIUDAD DE MELBOURNE: OBJETOS Y MONITORIZACIÓN, 1999-2020				
AÑO DE INICIO	OBJETIVOS PARA 2004	PROGRESO MONITORIZADO EN 2005	OBJETIVOS PARA 2020	COMENTARIOS
1999-2000	Reducción del 40 % del agua potable por empleado para 2020	Reducción del 48 % del agua potable por empleado. Reducción de 181 L por persona y día a 95 L por persona y día (el objetivo es 109 L por persona y día). Reducción total del 38 % en el uso comercial (de 18.243 ML/año a 11.430 ML/año). El objetivo es 13.327ML/año, incluyendo el crecimiento del número de trabajadores.	Reducción del 50 % del agua potable /empleado para 2020	Relevante progreso del sector comercial. Incluye oficinas, ventas, negocios alimentarios, industria, etc. En julio-agosto de 2008, se llegó a 91 L por persona y día.
1999-2000	Reducción del 40 % del agua potable por residente para 2020	Reducción del 39% del agua potable por residente. Reducción de 295L por persona y día a 95L por persona y día (el objetivo es 178 L por persona y día).Hasta ahora, reducción total del 21 % en el uso residencial (de 5.541ML/año a 4.399ML/año). El objetivo es 7.461ML/año, incluyendo el crecimiento del área residencial.	Reducción del 40 % del agua potable/residente para 2020	Gran progreso para los habitantes de las zonas residenciales: objetivo casi conseguido. El objetivo fijado en 2000 suponía un aumento de población residencial del 140%, mientras que ha aumentado un 120%, lo cual ha ayudado a cumplir el objetivo.
1999-2000	Reducción del 40% del agua potable por parte del Ayuntamiento para 2020	Reducción del 29% del consumo de agua potable por parte del ayuntamiento. Reducción de 1.686ML/año a 1.197 ML/año. El objetivo es 1.012ML/año.	Reducción del 90% del consumo de agua potable por parte del Ayuntamiento para 2020	Excelente progreso por parte del Ayuntamiento. Los parques reducirán al 100% el consumo de agua potable en 2020 gracias a las fuentes de agua alternativa. Los edificios administrativos reducirán el consumo de agua en un 40%. La combinación de ambos factores llevará a una reducción del 90% del consumo de agua por parte del Ayuntamiento.
1999-2000	12% de ahorro de agua en valores absolutos para 2020	Actualmente, se ha reducido un 34%, con un crecimiento demográfico del 120%.	25% de reducción del consumo absoluto de agua para 2020	Actualmente, se ha reducido un 34% en valores absolutos.

Año	Demanda de agua total para uso comercial (ML/año)	Demanda de agua total para uso residencial (ML/año)	Demanda de agua total para uso municipal (ML/año)
1999	18.243,00	5.541,00	1.686,00
2008	11.430,00	4.399,00	1.197,00
*2020	11.127,00	7.461,00	1.012,00

*Incluido el crecimiento residencial y comercial: entre 2001 y 2009, se ha registrado un incremento de la población residencial de un 67 % (de 55.742 a 93.105 habitantes). Fuente: Gobierno de Melbourne. <http://www.melbourne.vic.gov.au/AboutMelbourne/Statistics/Pages/Population.aspx>

Tabla 1.3 Demanda de agua. Fuente: Gobierno de Melbourne

Reducción de consumo anual de agua potable

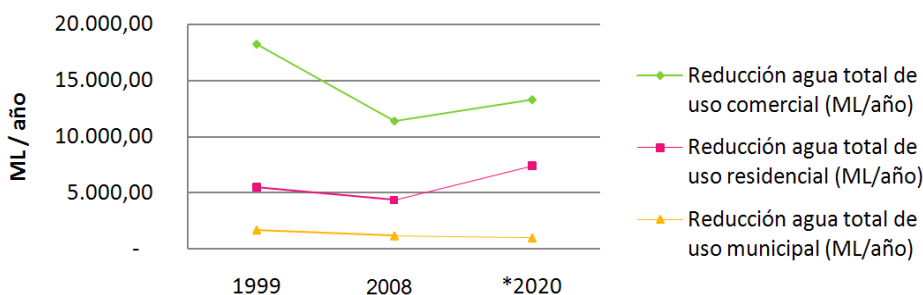


Gráfico 1.15 Reducción del consumo anual de agua potable. Estadísticas de la autora, a partir de los datos del Gobierno de Melbourne

AÑO	Reducción del consumo de agua (uso comercial) potable por empleado y día	Reducción del consumo de agua (uso residencial) potable por residente y día	Reducción del consumo de agua (uso municipal) potable por parte del Ayuntamiento
1999	0%	0%	0%
2008	48%	39%	29%
2020	50%	40%	90%

Tabla 1.4 Reducción del consumo de agua. Estadísticas de la autora, a partir de los datos del Gobierno de Melbourne

Reducción de consumo de agua potable MI/ persona y día

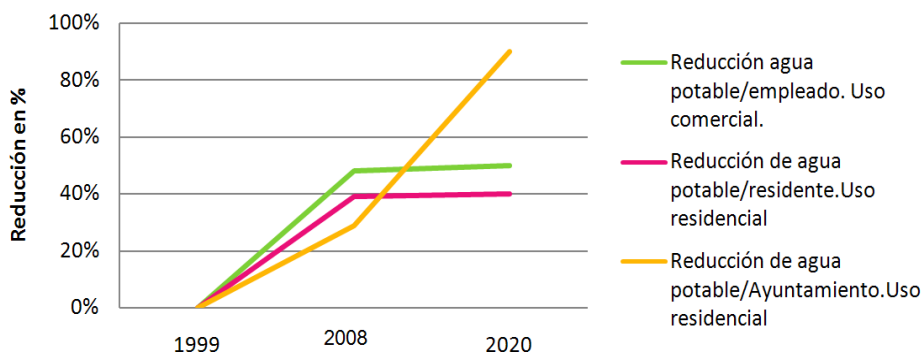


Gráfico 1.16 Reducción del consumo de agua potable por persona y día

EL CASO ESPECÍFICO DEL FAWKNER PARK



Fig. 1.17
Situación
del Fawkner Park



El Fawkner Park, de 41 ha, se halla al sur del distrito comercial central (CBD), flanqueado por la Toorak Road al norte, la StKilda Road al oeste y la Commercial Road al sur. El parque se caracteriza por sus amplios prados y campos de juego, atravesados por numerosas avenidas rectas, alineadas con árboles maduros de especies nativas y exóticas y nativas. El paisaje y el vecindario en general drenan en dirección sur-oeste hacia la intersección entre StKilda Road y Commercial Road.

Sus oportunidades de captación de agua son las siguientes:

- Captación de los jardines del parque
- Captación del oeste: cubiertas de StKilda Road
- Captación del este

Se ubica un depósito de agua en el sur-oeste, de 1.500m³, 580m² y 2 m de profundidad, puesto que el drenaje natural tiende hacia este punto. Si se instalara el

depósito subterráneo, podría almacenar el agua de lluvia e incluso habría espacio para doblar su capacidad de almacenamiento.

A



Fig. 1.18
Fotografía del Fawcner Park

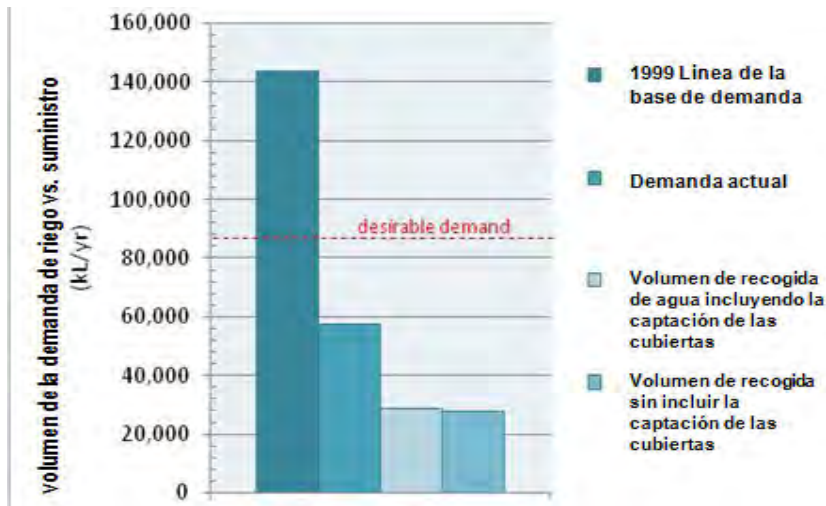
Fig. 1.19
Fotografía aérea del Fawcner Park



Fig. 1.20
Fawcner Park.
Captaciones



Gráfico. 1.21
Cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades de irrigación



En la gráfica, se expone la cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades de irrigación. En el peor de los casos, ha sido de 142.000 KL/año y actualmente es de 57.461 KL/año, por lo que la demanda media deseable a cubrir es de 86.261 KL/año.

Tabla 1.4
Captación de agua

Fawkner Park	Alm. incl. captación	Alm. sin incl. captación
Demanda de riego (KL/año)	86.261	
Volumen de suministro (KL/año)	28.800	27.900
Déficit de suministro (KL/año)	57.461	58.361
Propuestas de almacenamientos (m³ = KL)	1.000	1.000
Espacio de almacenamiento necesario a 2 m de profundidad (m²)	500	500
Confiabilidad del suministro (en %)	33 %	32 %

Las gráficas indican que se puede captar un 32 % de la demanda deseable (86.261KL/año) sin incluir el agua captada por las cubiertas ajardinadas, o un 33 %, incluyéndola; es decir, la aportación a la demanda comunitaria es pequeña. La diferencia se observa en las dos gráficas siguientes.

Se considera que se puede cubrir entre un 32 y un 33 %, básicamente con un depósito de 1.000 m³ que recoja, de forma óptima, los 27.900 KL/año o los 28.800 KL/año respectivamente, dada la pluviometría de Melbourne.

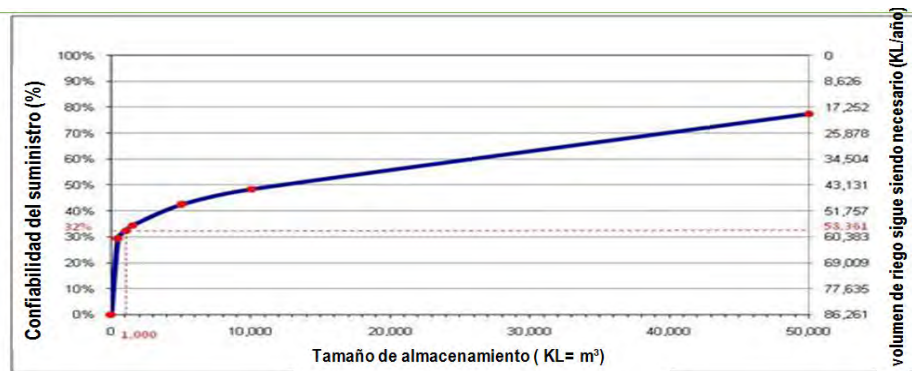


Gráfico 1.22: Capacidad de almacenamiento frente a la confiabilidad del suministro. Captación de un 32 %

En la gráfica adjunta, se expone el volumen necesario para cubrir la demanda de irrigación. En el peor de los casos, ha sido de 142.000 KL/año y actualmente es de 58.361 KL/año, por lo que la *demanda media deseable a cubrir es de 85.361 KL/año*.

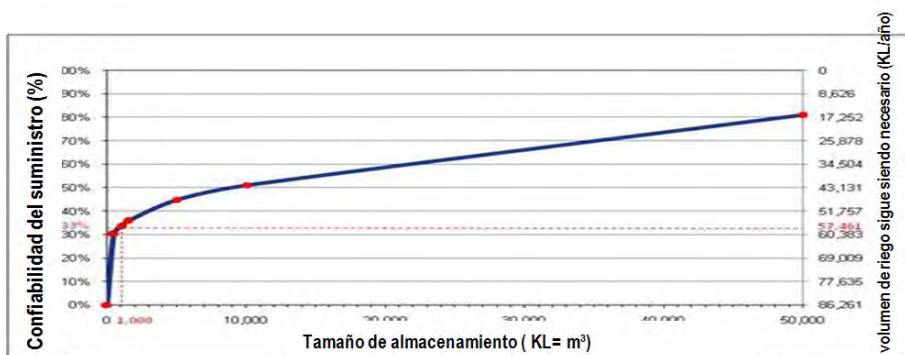


Gráfico 1.23: Capacidad de almacenamiento frente a la confiabilidad del suministro. Captación de un 33 %

1.2 Sistemas constructivos

Existen distintas soluciones estructurales constructivas para resolver los aspectos cuantitativos y cualitativos del agua, pero lo ideal es que vayan acompañadas de medidas legislativas, educativas, económicas e urbanísticas.

En cuanto a los aspectos *cuantitativos*, los sistemas constructivos han de permitir la recogida y la reutilización del agua de lluvia, la reducción de las superficies impermeables (la reposición del acuífero en el nivel freático) y la división de las cuencas urbanas, para evitar la concentración de grandes volúmenes de agua.

En cuanto a los *aspectos cualitativos*, se trata de aplicar recursos paisajísticos y sistemas constructivos que permitan el tratamiento pasivo del agua y su transporte, evitando la contaminación difusa.



Según el criterio del Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO) de la Universidad de Cantabria, se consideran medidas estructurales aquellas que gestionan la escorrentía contaminada mediante actuaciones que contengan, en mayor o menor grado, algún elemento constructivo.

1.3 Superficies de infiltración y/o control en el origen

1.3.1 Superficies permeables y/o control en el origen

Cubiertas³

Todas las cubiertas pueden captar y conducir el agua. En este apartado, analizaremos las *cubiertas vegetales*, no solo como sistema de captación, sino también como superficie permeable, pues presentan otras ventajas medioambientales que indicamos a continuación.

Las cubiertas vegetales son sistemas multicapa con cubierta vegetal que recubren tejados y terrazas de todo tipo. Están concebidas para interceptar y retener las aguas pluviales, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando los picos de caudal.

Además, retienen contaminantes, actúan como capa de aislante térmico en el edificio y ayudan a compensar el efecto “isla de calor” que se produce en las ciudades.

Las cubiertas vegetales presentan las siguientes ventajas (mejoras medioambientales):

- Contribuyen, en el caso de las cubiertas vegetales aljibe, captar y a retener el agua de la lluvia para su posterior reutilización: 3l/m² por cada 10 mm de profundidad, y entre el 50 y 90 % del agua de la lluvia. El agua puede ser almacenada y utilizada como “agua gris” no potable para usos como las cisternas de los inodoros (el 60 % del uso en un entorno comercial), o bien para el riego de las zonas verdes del entorno.
- Son respetuosas con el medio ambiente y contribuyen a un desarrollo sostenible: gracias a su capacidad aislante, reducen el gasto de gasóleo a 2 l/m².
- Mediante la fotosíntesis, disminuyen el nivel de CO₂, liberando oxígeno: en las cubiertas intensivas, es posible plantar árboles para aumentar la

³ Empresas y fuentes: ZinCowwww.zinco-cubiertas-ecologicas.es, Intemper www.intemper.com, TEXSA<www.texsa.com>

superficie de “verde” que se hubiera eliminado en el proceso de urbanización.

- Tienen un efecto positivo contra el calentamiento global del planeta: ayudan a evitar el sobrecalentamiento artificial de las grandes urbes.
- Tienen un gran poder de aislamiento térmico, con el ahorro energético que ello supone (v. cuadros comparativos siguientes).
- Tienen también capacidad de aislamiento acústico: reducen la reflexión sonora en 3 dB y aumentan el aislamiento acústico hasta los 8 dB.
- Eliminan algunas sustancias contaminantes del medio ambiente.
- Mejoran la estética de las cubiertas de las viviendas, los edificios de oficinas, los garajes...



Fig. 1.24 Mejoras medio-ambientales de las cubiertas vegetales. Fuente: ZinCo

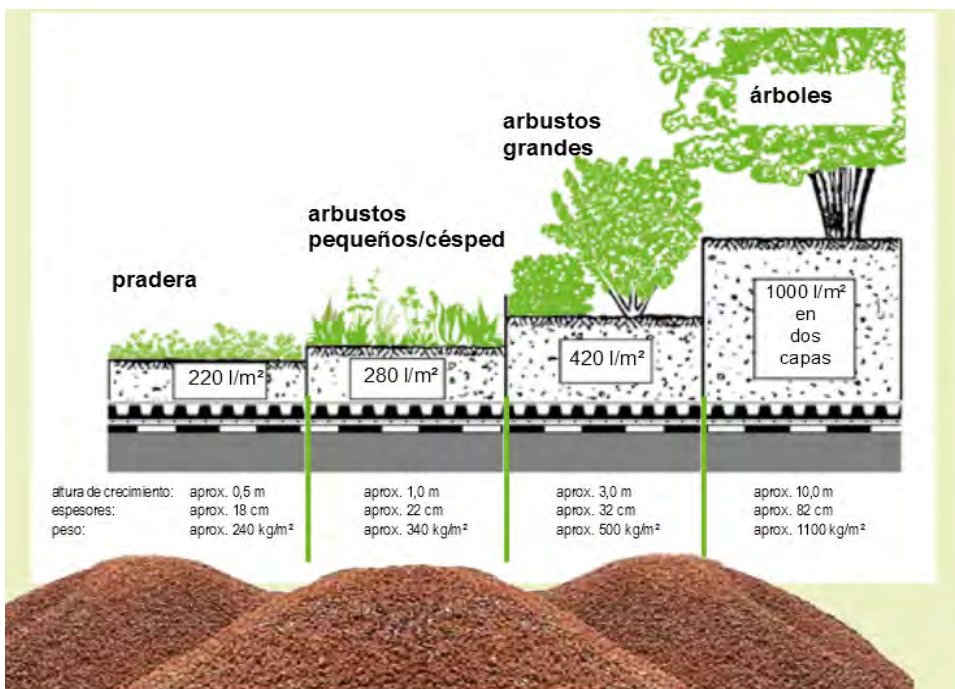


Fig. 1.25 Grosor del sustrato según la vegetación



Fig. 1.26
Forma de
almacenaje
del agua de
la lluvia

1. El sustrato intensivo/extensivo es muy poroso, almacena hasta 3 l/m^2 y 10mm. de profundidad de sustrato.
 2. Una vez el sustrato se satura, el exceso de filtros de agua se filtra dentro de la capa de drenaje y encima de la manta humidificadora que hay debajo.
 3. Los perfiles del drenaje permiten que el exceso de agua se drene en cualquier dirección hacia las salidas.
- LAS CUBIERTAS VERDES ALMACENAN ENTRE UN 50 Y UN 90% DEL AGUA DE LA LLUVIA.

FORMA DE ALMACENAJE DEL AGUA DE LA LLUVIA.

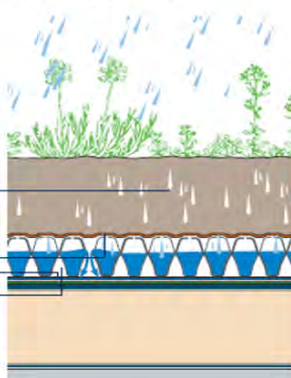
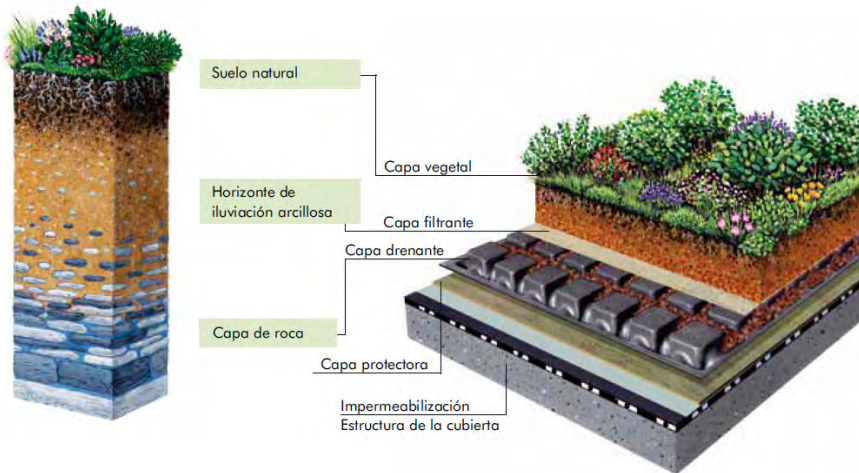
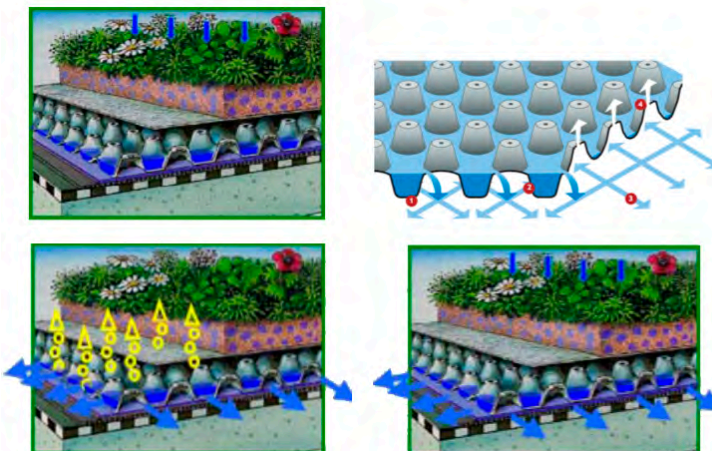


Fig. 1.27
Composición
genérica de la
cubierta vegetal



Funcionamiento del sistema del ciclo del agua:

Fig. 1.28
Funcionamiento del
sistema del ciclo del
agua



Tipologías de cubierta ecológica:

- Ecológica extensiva
- Ecológica intensiva

Extensiva:

Ejemplo con 42l/m² de retención

Características:

- Capacidad de retención de agua de hasta 42 l/m²
- Grosor del sustrato de 5 a 10 cm
- Plantas de tipo pseudo-multi-resistentes y autogenerables
- Poco volumen vegetal pero tapizante
- No necesita instalación de riego
- Bajo mantenimiento, inspección 1-2 veces/año
- Sobrecargas de 50 a 150 kg/m²
- Superficie plana: pendiente del 0 %

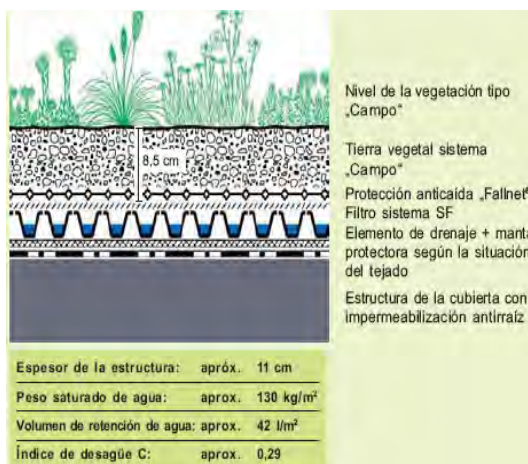


Fig. 1.29
Ejemplo de retención en cubierta extensiva.
Fuente: Intemper

Intensiva o ajardinada (con aljibe o sin):

Ejemplo con 113l/m² de retención con aljibe.

Características:

- Capacidad de retención de agua: hasta 1.000l/m²
- Grueso de sustrato > 10 cm
- Plantas, desde césped hasta arbustos y árboles
- Mucho volumen y emergente
- Necesidad de un sistema de riego y fertilización periódico
- Mantenimiento regular, una vez cada dos semanas

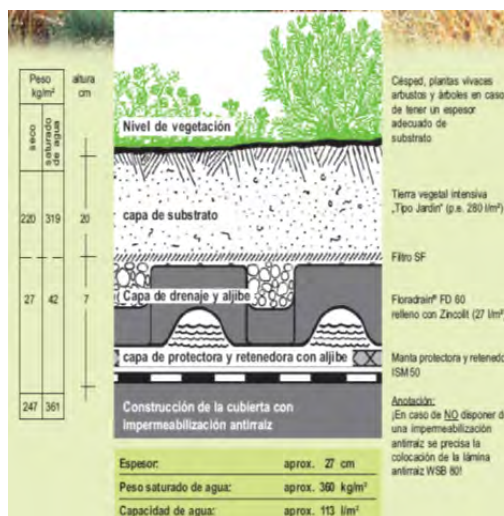


Fig. 1.30
Ejemplo retención en cubierta intensiva.
Fuente: Intemper



- Sobrecargas de 160 a 1.000 kg/m²
- Plana: pendiente del 0 %

Gráfico 1.31
Comportamiento
térmico de las
cubiertas

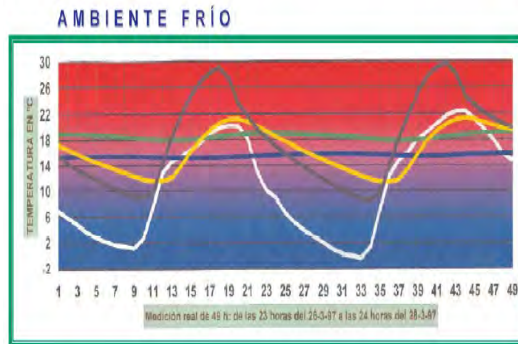
Otras características:

Integración de sistemas en cubierta:

- Transitabilidad
- Pérgolas
- Piscinas
- Fuentes
- Luminarias
- Placas de captación solar
- Aparatos de climatización
- Chimeneas de ventilación
- Pendientes asumibles
- Comportamiento térmico de diferentes cubiertas

Sistemas analizados. Leyenda:

- **Temperatura exterior** (sensor instalado elevado sobre la cubierta), **curva blanca.**
- **Sistema no transitable** (impermeabilización + lastre), **curva negra.**
- **Sistema ecológico simple** (lámina RHENOFOL CG + sustrato + plantas), **curva amarilla.**
- **Sistema intemper TF ecológico** (lámina RHENOFOL CG + FILTRÓN + sustrato + plantas), **curva verde.**
- **Sistema intemper TF ecológico aljibe** (lámina RHENOFOL CG + agua + soportes + losa FILTRÓN + fieltro absorbente + sustrato + plantas), **curva azul.**

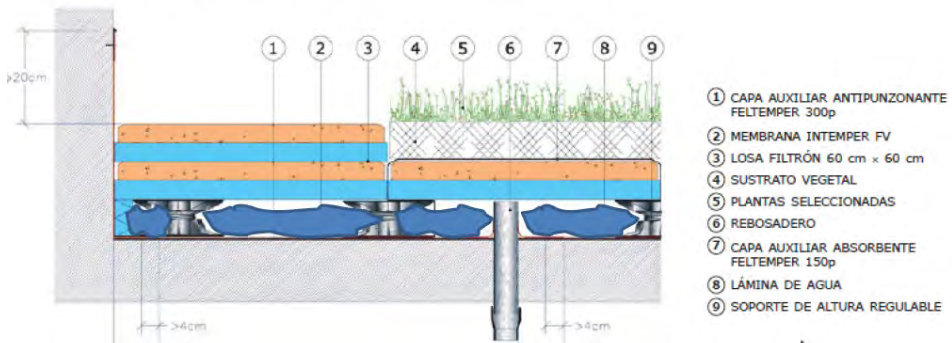


Existen otras soluciones de cubiertas vegetales, como la propuesta por Intemper. Esta empresa dispone de soluciones para cubiertas extensivas, intensivas y aljibe. El esquema siguiente corresponde a la cubierta aljibe.

Fig. 1.32
Detalle constructivo
cubiertas vegetales
aljibe

A.SISTEMAS DE INFILTRACIÓN Y CONTROL EN EL ORIGEN:

1.Superficies permeables: 1.1.Cubiertas vegetales



La cubierta aljibe proporciona al edificio un gran aislamiento térmico, que le hace reducir las necesidades energéticas para acondicionarlo térmicamente en invierno y en verano.

Además, la cubierta permite alimentar la vegetación gracias al agua acumulada en el aljibe, que asciende por capilaridad.

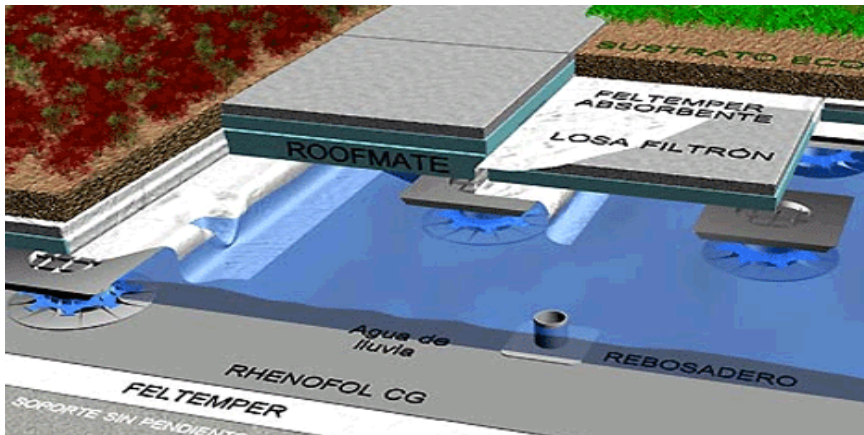


Fig. 1.33
Detalle constructivo de la cubierta aljibe con vegetales.
Fuente: Intemper

Urbanización complementaria

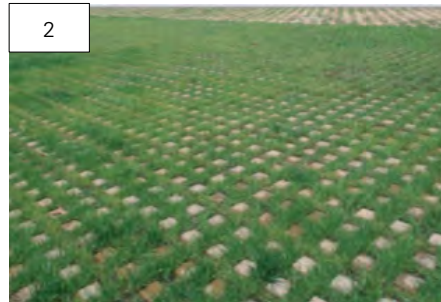
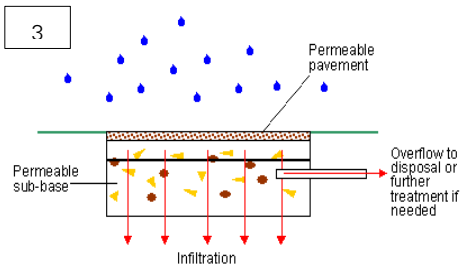


Fig. 1.34
Césped

Fig. 38
Bloques impermeables con juntas permeables



Figs. 1.35 y 1.36
Bloques o baldosas porosas y pavimentos continuos porosos

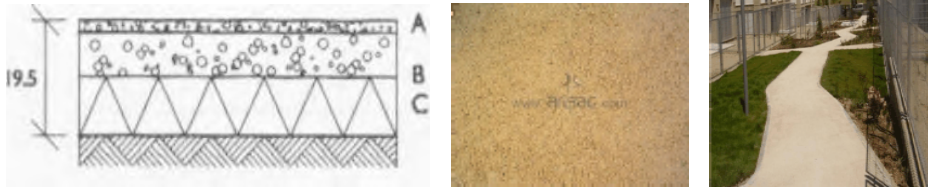


1.3.2 Superficies continuas permeables⁴

Superficies naturales no orgánicas: albero

- A. 2cm de gravilla fina
- B. 7,5cm de gravilla consolidada y apisonada
- C. 10cm de enchachado de grava

Fig. 1.37
Detalle constructivo
Figs. 1.38 y 1.39
Fotografías de
ejemplos de albero

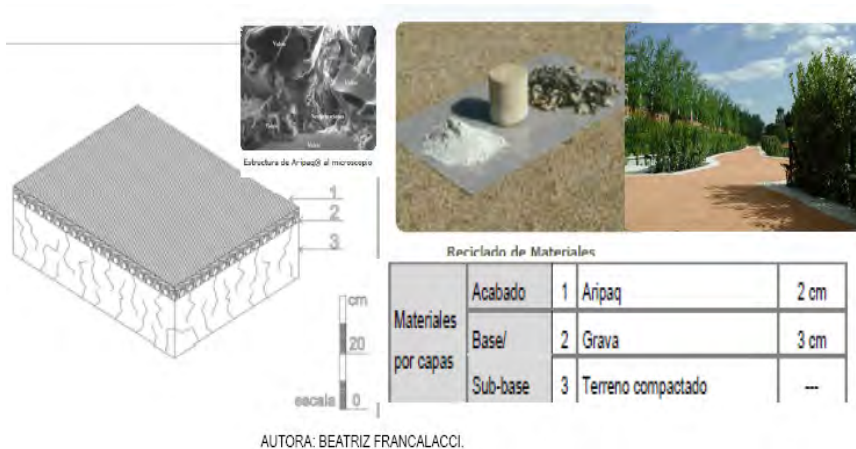


Superficies no orgánicas artificiales: Aripaq

Características técnicas

Composición: calcín de vidrio, reactivos básicos, agua y árido calibrado

Fig. 1.40
Detalle constructivo.
Fuente: Trabajo de
máster de Beatriz
Franalacci
Figs. 1.41 y 1.42
Ejemplos de Aripaq



⁴ Fuente: *Tectónica*, n. 30. Concepto de calidad de la FIFA para césped artificial. www.FIFA.com/Footballturf. Es parte del trabajo de curso de Juan Manuel Mondéjar, ingeniero superior agrónomo y paisajista, para el Máster de Paisaje de la ETSAB, UPC. Detalle del trabajo de curso de Técnicas Ingeniería del Paisaje I, 2010

El ligante es un conglomerante de “cemento de vidrio”, creado a partir del micronizado de residuos finales de estos desechos, que permite pendientes de hasta el 15 %.

Superficies orgánicas: vegetación

Vid. punto 2.6 del capítulo “Verde”.

Superficies drenantes continuas: césped artificial⁴

Concepto:

La hierba artificial consiste en una moqueta industrial prefabricada con plástico y materiales sintéticos. Actualmente, se utilizan sobre todo céspedes de fibras de polipropileno, por su realismo y suavidad, y porque son poco abrasivos. Permeabilidad > 60 ml/m² en cada minuto.

Acabados según los usos:

Se ha pasado de su uso inicial para eventos deportivos (fútbol, tenis, pádel, golf), en que mayoritariamente se utilizan céspedes con un relleno de arena y caucho, a su uso recreativo, en guarderías, jardines, ámbito doméstico, etc., compuestos por una capa de arena de sílice de color natural y otra de arena cerámica de color marrón que es casi idéntico al real.

Ventajas:

- Ahorro de recursos hídricos: no requiere consumo de agua ni mantenimiento continuado, a excepción de los equipamientos deportivos en el exterior con normativas específicas que regulen su mantenimiento.
- Buena capacidad drenante (permeabilidad > 60 ml/m² por cada minuto.)
- No requiere luz (ideal para estadios cubiertos o con poca luz por gradetrío empinado o en países con poca luz).
- Gran resistencia al frío y al calor, y una durabilidad aproximada de 15 años.
- Amplia gama de colores y texturas.

Reciclaje:

- *Alta capacidad de reciclaje* de las fibras de polipropileno que componen el césped.

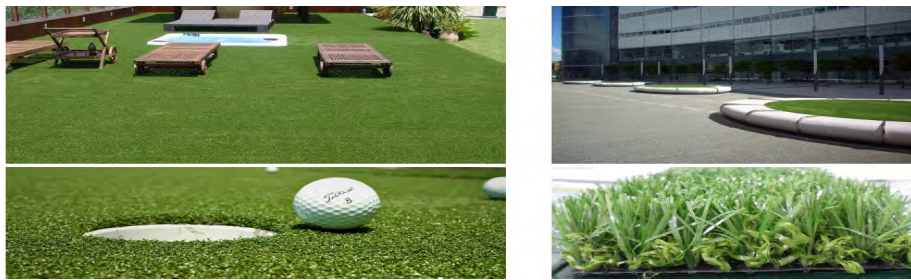


- *Relleno reciclado*: proviene del polvo neumático o del caucho triturado, que puede proceder de la gestión y el reciclaje de los neumáticos fuera de uso en sus componentes más básicos: aglomerado de betún/caucho, acero y material textil.

Reutilización:

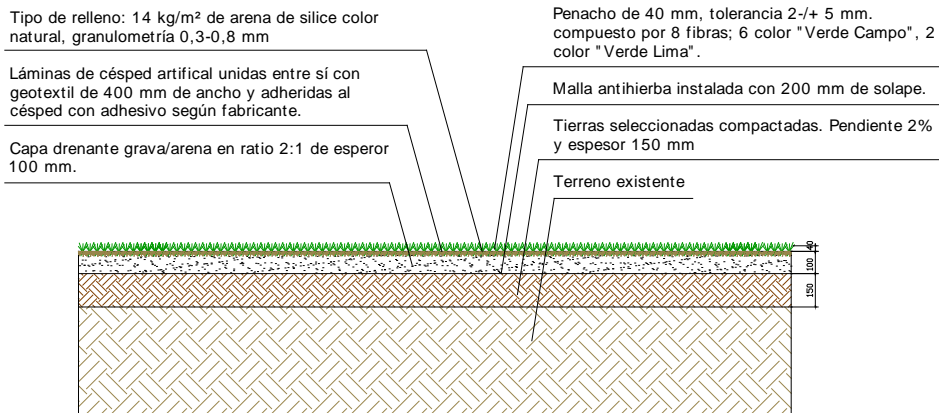
- *Relleno de arena de sílice*: una vez lavada y separada del polvo de caucho, si se ha utilizado, es perfectamente reutilizable para el mismo fin u otro similar.
- *Relleno de polvo neumático o caucho triturado*: el polvo recuperado puede utilizarse de nuevo como relleno o derivarse a otros usos, tales como la mezcla bituminosa para la fabricación de asfalto, el aislante acústico y antivibratorio para viviendas, pavimentos de parques infantiles o alcorques para los árboles.

Fig. 1.43
Ejemplos de césped artificial. Fotografía derecha: Universidad de Newcastle. Autor: Juan Manuel Mondéjar



Sistemas constructivos:

Fig. 1.44
Detalle constructivo. Césped artificial sobre superficie blanda.



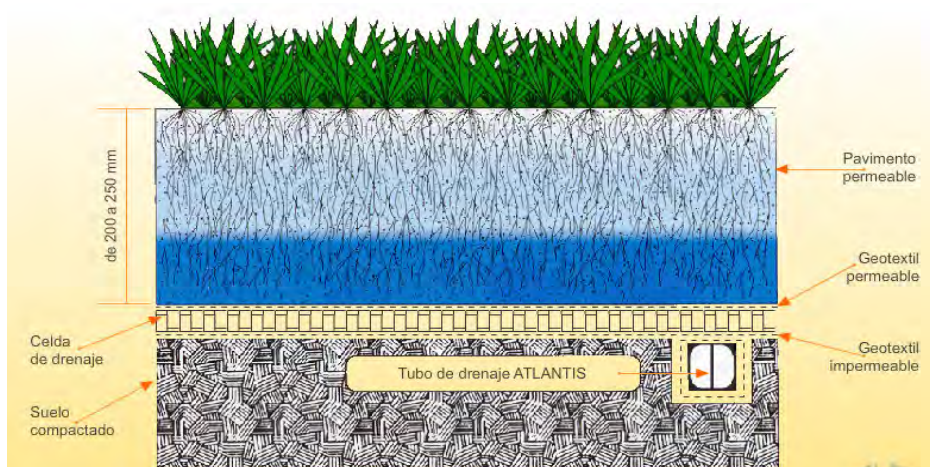
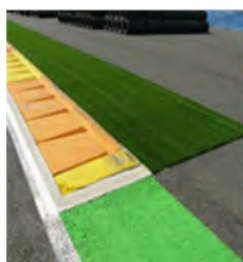


Fig. 1.45
Detalle constructivo.
Césped artificial con
captación de agua.
Fuente: SUDS-
Atlantis
<www.drenajesostenible.com>,
<www.atlantiscorp.com.au>



- Alfombra de césped artificial
- Relleno de granulado de caucho
- Relleno de arena de río
- Agregado (capa de imprimación)
- Capa de asfalto

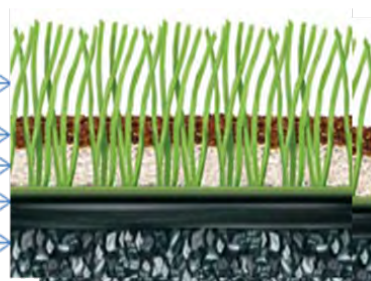


Fig. 1.46
Césped artificial
sobre capa de
asfalto

Desventajas:

Se puede producir un recalentamiento del césped, especialmente si el relleno es de caucho. Este puede emitir una radiación por el calentamiento de sus fibras. En este caso, se debe refrescar el césped mediante el riego.

Su fabricación provoca emisiones de CO₂ (el césped natural lo absorbe).

Los rellenos habituales pueden ser de diferentes tipos: corcho, gránulos de arena, sílice o caucho, aunque también puede no haberlo. El relleno contribuye a regir las fibras del césped y le confiere unas características óptimas de temperatura, permeabilidad y durabilidad.

Características técnicas más importantes:

- Altura del césped sintético: 40 mm
- Penacho compuesto por varias fibras de diversos colores
- 15 penachos por cada 10 cm²
- Peso de la fibra: 1.365g/m², con una tolerancia del +/- 3 %



- Permeabilidad: > 60 litros/m² por minuto
- Tipo de relleno: +14 kg/m² de arena de sílice de color natural
- Granulometría: 0,3-0,8 mm

Fig. 1.47
Césped artificial.
Fuente: Tanques
Girona



Aplicaciones y usos:

- Jardinería privada
- Jardinería pública
- Recubrimiento de elementos singulares
- Superficies deportivas
- Rotondas
- Áreas de juegos infantiles
- Terrazas
- Campings
- Piscinas

Información complementaria:

- Se debe eliminar la vegetación existente.
- Hay que nivelar el terreno y, al mismo tiempo, eliminar las piedras existentes.
- Una vez el césped instalado, hay que eliminar los posibles abultamientos.

Tipos de césped:

- Según el relleno: los que requieren relleno para enderezar las fibras y los que no.
- Según la resistencia solar: los resistentes a los UV (más duraderos) y los que no.
- Según el acabado: las fibras pueden presentar varios colores, longitudes, formas y acabados.

Fig. 1.48
Césped artificial



1.3.3 Pavimentos y juntas permeables

Adoquines permeables⁵

Tienen una gran capacidad de filtración (informes de la TU Braunschweig). Permiten pasear sin tropezos y circular sin ruidos. Son porosos y permeables al agua y al aire. El agua se filtra directamente a través de los adoquines y es conducida a las zonas ajardinadas como riego.

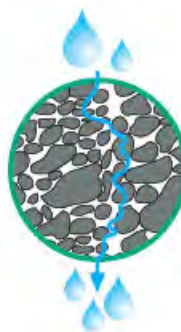
Datos técnicos:

- Filtración: 60-150 l/s-ha
- Formato del adoquín: 20,8 x 17,3 x 7 cm
- Material: áridos pétreos y resinas
- Color: gris
- Despiece: patrón a romper junta y patrón a 90°



20,8 x 17,3 x 7cm
27 u/m²

Colours / Colores:
Grey / Gris



Figs. 1.49 y 1.50
Datos técnicos:
formato y filtración

Bottom Photo. Filtration of rainwater. / Foto Inferior. Filtración del agua de lluvia.



Patrón a rompejuntas
Staggered seam pattern

VANOTON 20,8 x 17,3 x 7cm

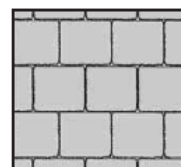


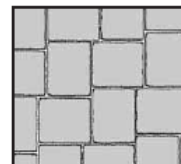
Fig. 1.51
Patrón a romper
junta

Fig.1.52
Patrón a 90°

Fig.1.53
Filtración del agua
de lluvia

Patrón a 90°
Pattern at 90°

VANOTON 20,8 x 17,3 x 7cm



⁵ Empresa: Breinco. Adoquín "Vano-ton". <<http://www.breincobluefuture.com/es/publicaciones/especificos-urban/vanoton>>



Fig. 1.54
Detalle constructivo

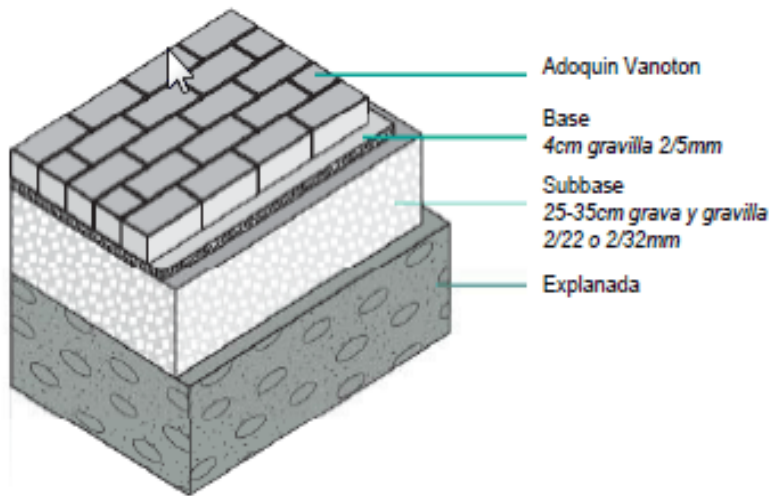


Tabla 1.6
Materiales por capas

	Acabado	Adoquín permeable	7 cm
Materiales por capas	Base	Gravilla	2/5 mm
	Sub-base	Grava	2/22 mm
		Explanada o terreno compacto	

Alcorques permeables

Concepto:

Son *áridos mezclados con una resina polimérica* que, una vez endurecida, constituyen un *sólido sistema laminado y robusto* que se sustenta sobre una capa de arena compacta, la cual sirve para eliminar cualquier irregularidad del terreno.

Usos:

El relleno para alcorques que se describe aquí puede emplearse también para otros usos, como la *pavimentación de las zonas que rodean las fuentes, para evitar la formación de charcos por acumulación de agua*, o como elemento decorativo, para cubrir rotondas o medianas de calles o carreteras.

Acabados:

Colores y texturas a seleccionar.

4.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Permeabilidad al agua	10.000 litros/min. m ²
Resistencia a la flexión	3,3 MPa
Resistencia a la compresión uniaxial	Elastoplástico
Densidad	2080 kg/m ³
Porosidad	10,8%
Absorción de agua a presión atmosférica	4,2%
Resistencia a la heladicidad	Altamente resistente (Intacto en 120 ciclos)
Resistencia al deslizamiento	> 150 SRV

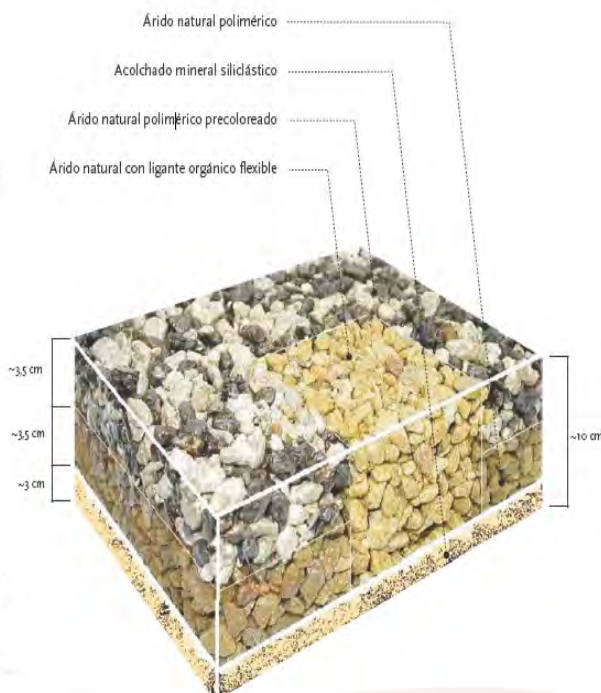


Fig. 1.55 Acabados de los alcorques permeables. Fuente: Alcorques www.alcorques.es

A

Características:

Escalón. Barrera arquitectónica	Pavimento continuo. Elimina barreras.
Suelos Resbaladizos	Pavimento antideslizante.
Encharcamientos	Capacidad drenante (10.000 litros/min. m ²)
Crecimiento del tronco	Perímetro del tronco contráctil y desgranación gradual.
Acumulación de sólidos	Relleno completo del hueco.
Roturas por tránsito de vehículos de Mto.	Alta resistencia a flexión. Capa múltiple de gran espesor.
Consumo de agua. Riego	Capa de retención de la humedad. Ahorro de agua.
Crecimiento de hierba	Capa herbicida.
Integración con el entorno	Alta gama de colores, combinaciones y tonos.
Deterioro de los componentes	Durabilidad del material. La materia prima es piedra natural.
Roturas por helos y saltos térmicos	Conjunto microflexible con gran resistencia al choque térmico.
Excrementos de animales	Contiene protección química repelente de animales.
Zonas sin iluminación	Efecto balizamiento con acción luminiscente.
Mantenimiento y limpieza	No requiere de mantenimiento y se limpia como cualquier pavimento.
Reducida superficie transitable	Amplía la superficie transitable de aceras.

Fig. 1.56 Características de los alcorques permeables

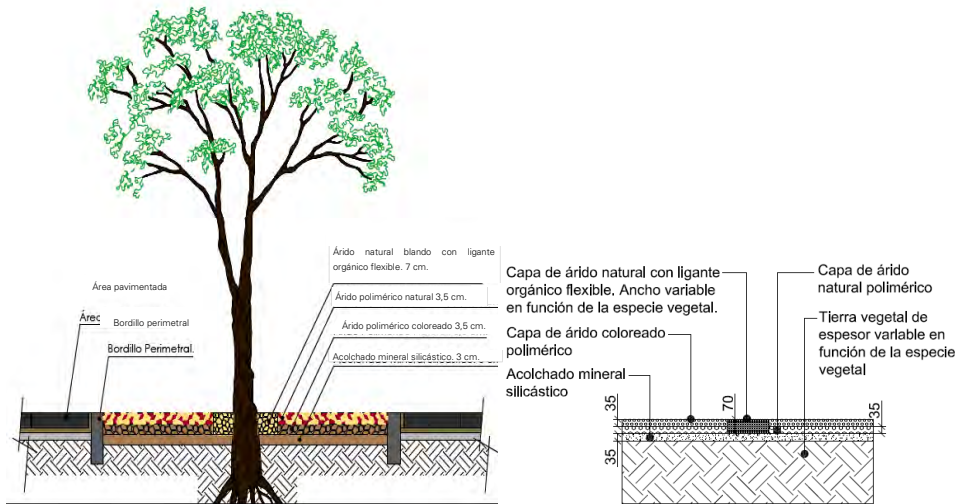
Ventajas:

- Eliminación de las barreras arquitectónicas
- Incremento de la movilidad urbana



- Ahorro de los recursos hídricos
- Gran resistencia y durabilidad
- Protección química repelente de animales
- Extensa gama de colores y texturas

Figs. 1.57 y 1.58
Sección constructiva
de los alcorques
permeables. Fuente:
Alcorques
<www.alcorques.es



1.3.4 Pavimentos permeables y juntas impermeables

Paneles alveolares HPDE⁶

Concepto:

El polietileno (polimerización del etileno $(-CH_2-CH_2)_n$ de alta densidad (*high density polyethylene* o HPDE) se conforma en "celdas" para resistir la carga de los vehículos.

Datos técnicos:

- Formato de la placa: 50 x 39 x 4,5 cm de altura
- Placas necesarias por cada m²: 5
- Peso de cada placa: 1.100g

6 Fuentes y empresas: Ritter GmbH<www.ritter-online.de>.Esta página contiene parte del trabajo de curso de Joan Fañé, ingeniero técnico agrícola en Hortofruticultura y Jardinería y paisajista, para el Máster de Paisaje de la ETSAB, UPC. Ficha técnica para el trabajo de Técnicas e Ingeniería del Paisaje I, 2010. *Tectónica* n. 30

- Material: polietileno de alta densidad (HDPE). Puede ser reciclado.
- Colores: verde y negro
- Capacidad de carga mínima: para la entrada de los bomberos



Fig. 1.59
Ejemplos de paneles alveolares HPDE

Fig. 1.60 Aparcamiento exterior del Puerto de Hundaya. Fotografía realizada por Joan Fané

Ejemplo de aparcamiento: para evitar un aparcamiento sobre una superficie impermeabilizante, se permeabiliza el suelo y, además, se crea el almacenamiento de agua bajo la plaza de aparcamiento.

Por tanto, además de su función convencional, los firmes permeables permiten incorporar al diseño urbano otras ventajas, como el almacenamiento y la reutilización de aguas pluviales, o la infiltración a los acuíferos naturales.

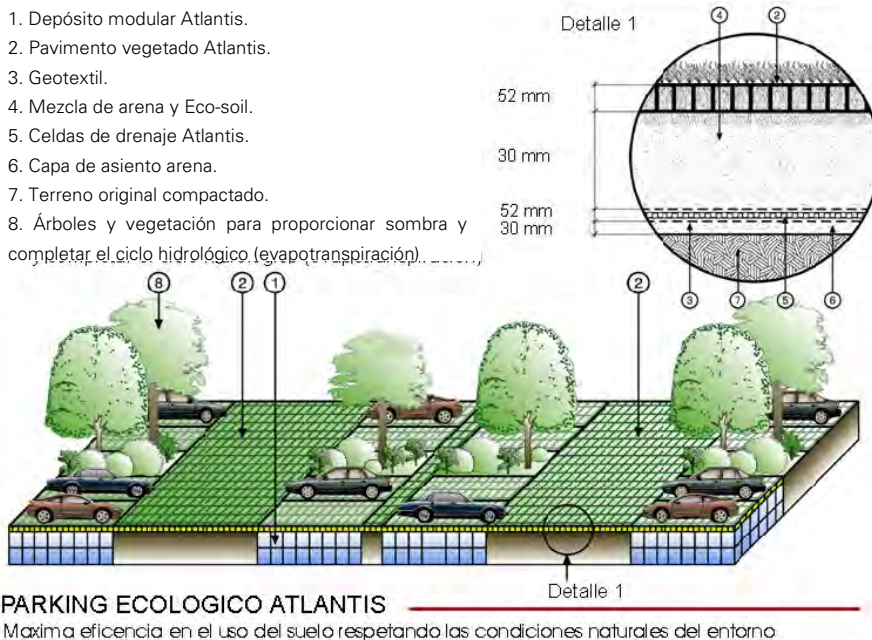


Fig. 1.61
Sección constructiva del parquin ecológico de la empresa Atlantis



Fig. 1.62
Detalle constructivo
del sistema de la
empresa Atlantis.
Fuente: SUDS-
Atlantis
<www.drenajesostenible.com>,
<www.atlantiscorp.com.au>

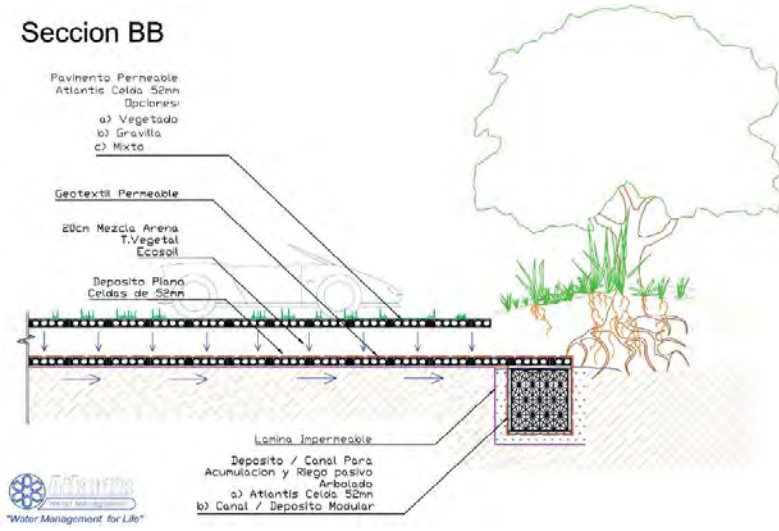


Tabla 1.7
Espesores de
la capas del
sistema de
paneles
alveolares

Área	Fundamento		Espesor de capa	
	Granulado mixto	Granulado fino	A/cm	B/cm
Puertas cocheras	X	-	15-20	23-28
Entrada de los garajes para coches	-	X	20-25	28-33
Aparcamiento para coches	X	-	20-25	38-33
	-	X	30-35	38-43
Entrada de bomberos	X	-	35-40	43-48
	-	X	45-50	53-58
Aparcamientos para autobuses o camiones, o aparcamientos de empresa	X	-	40-45	48-53
	-	X	50-60	58-68

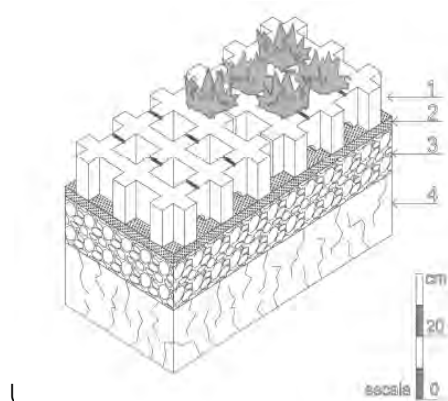
Fig. 1.63
Ejemplos de
paneles
alveolares
HPDE



Losa perforada de hormigón⁷

Consiste en piezas de hormigón prefabricado y perforado a través de las cuales crece el césped. Se utilizan generalmente en zonas de estacionamiento. Suelen disponer de armadura cuando tienen que soportar cargas más fuertes.

Su base se forma a partir de un encachado de grava y tierra que permite que crezca la vegetación.



Materiales por capas	Acabado	1	Losa perforada de hormigón	12 cm
		Base	2	Arena
	Sub-base	3	Grava	15 cm
		4	Terreno compactado	---

Fig. 1.64
Detalle constructivo.
Materiales por capas

Tráfico rodado ligero, tráfico rodado limitado y zona de ocio.

Mantenimiento:

El mantenimiento se hace mediante la sustitución de las piezas individuales.

Ventajas:

Material antideslizante en condiciones de humedad y resistente a los agentes químicos.

Capacidad de conducción de calor:

λ de 0,97 a 1,90 W/m°C

⁷ Fuente: Beatriz FrancaLacci da Silva, "Evaluación del impacto ambiental de los pavimentos urbanos exteriores". Trabajo del Máster en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente de la UPC, 2010.



Pavimentos impermeables y juntas permeables

Adoquín prefabricado de hormigón y junta permeable

Figs. 1.65 y 1.66
Ejemplos

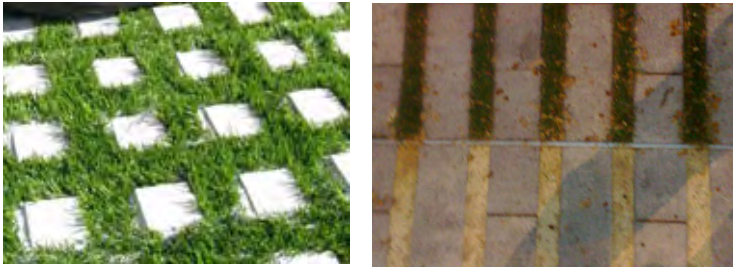
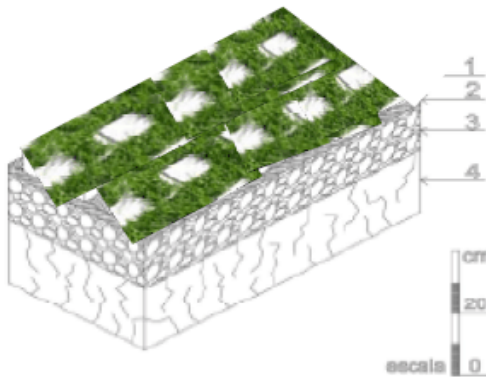


Fig. 1.67
Detalle constructivo de losa perforada de hormigón.
Materiales por capas



Materiales por capas	Acabado	1	Adoquín de hormigón	12 cm
	Base	2	Arena	3 cm
	Sub-base	3	Grava	15 cm
		4	Terreno compactado	---

1.3.5 Pozos y zanjas de infiltración

Concepto:⁸

Son sistemas constructivos de infiltración de agua poco profundos (de 1 a 3 m), rellenos de material drenante (granular o sintético), a los cuales se vierte escorrentía de superficies impermeables contiguas. Se conciben como estructuras de infiltración capaces de absorber totalmente la escorrentía generada por la tormenta.

8 Fuente: CIRIA <www.ciria.org>

Pozos de infiltración:

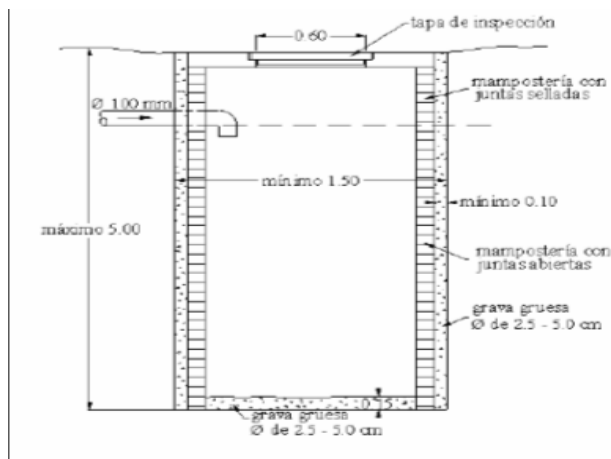


Fig. 1.68
Detalle de los pozos de infiltración

Zanjas de infiltración:

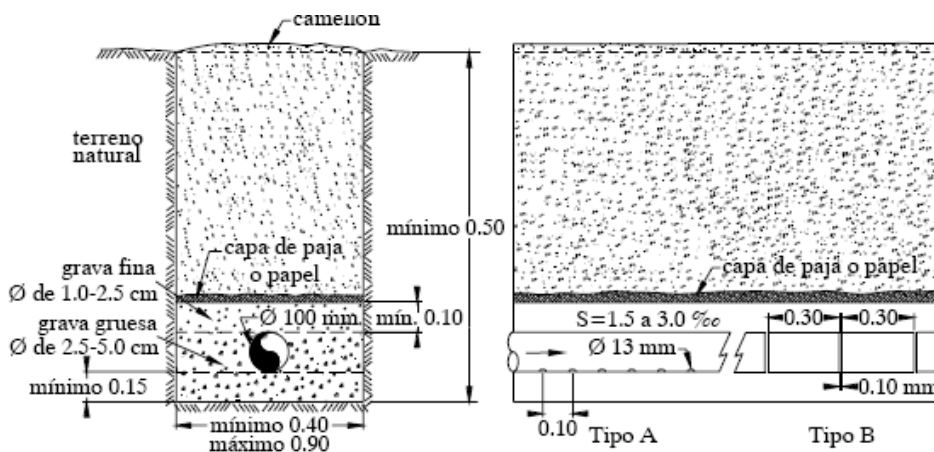


Fig. 1.69
Detalle de las zanjas de infiltración

1.3.6 Depósitos o cuencas de infiltración

Concepto:

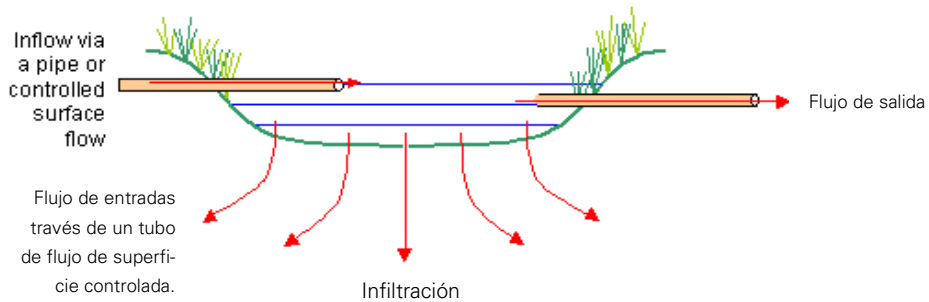
Son *depresiones* del terreno *vegetadas*, diseñadas para *almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía* generada en superficies contiguas. Se promueve así la *transformación de un flujo superficial en subterráneo*, al tiempo que se consigue la *eliminación de contaminantes* mediante la filtración, la absorción y transformaciones biológicas.



Fig. 1.70
Ejemplo de
depósitos o
cuencas de
infiltración



Fig. 1.71
Detalle de la
cuneta de
infiltración



1.4 Sistemas de transporte permeables

1.4.1 Drenes filtrantes o franceses

Concepto:

Son zanjas *poco* profundas, rellenas de un material filtrante (granular, sintético o vegetado), *con o sin conducto inferior de transporte*, concebidas para *captar y filtrar la escorrentía* de superficies impermeables contiguas, con el fin de *transportar el agua hacia abajo*. Además permiten la infiltración y la laminación de los volúmenes de escorrentía.

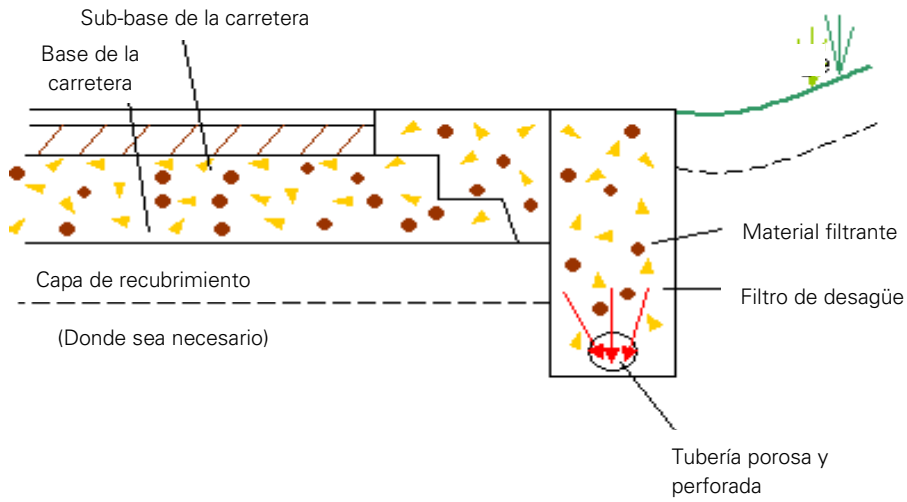
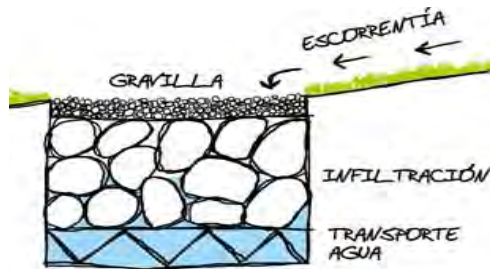


Fig. 1.72
Detalle de drenes
filtrantes.
Fuente: CIRIA

A



Figs. 1.73 y 1.74
Ejemplo y esquema de
detalle de los drenes
filtrantes.
Fuente: CIRIA

Superficies permeables según sus acabados:

- Césped (si es un área sin tráfico)
- Césped reforzado
- Superficies con grava
- Adoquines sólidos, con grandes agujeros verticales llenos de tierra o grava



- Adoquines sólidos, con espacios entre las unidades individuales
- Adoquines porosos, con un sistema de vacíos dentro de la unidad
- Superficies continuas, con un sistema inherente de huecos

Método de funcionamiento:

El agua pasa a través de la superficie hacia el relleno permeable. Esto permite el almacenamiento, el tratamiento, el transporte y la infiltración del agua. Tanto la superficie como la sub-base del pavimento han de permitir el paso del agua –por este motivo, el asfalto poroso establecido sobre una base impermeable convencional no es un pavimento permeable.

Cantidad:

La cantidad de agua almacenada depende de la relación de vacíos del relleno permeable o la sub-base, la zona del programa y la profundidad. El agua puede ser eliminada por la infiltración, gracias al drenaje del subsuelo, o bombeada hacia fuera. El desbordamiento puede ser a través de una fuga de alto nivel o del flujo de superficie controlado. El agua no debe almacenarse por períodos prolongados, ya que puede afectar la resistencia del suelo circundante.

Calidad:

Propician la sedimentación de las partículas y de los contaminantes arrastrados por el agua. Una investigación reciente demuestra que también proporcionan un tratamiento para otros contaminantes, como el petróleo.

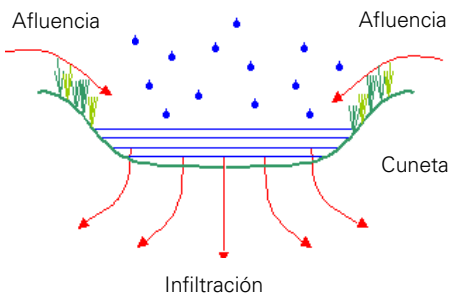
1.4.2 Cunetas verdes⁹

Son estructuras lineales vegetadas de base ancha ($> 0,5$ m) y talud tendido ($< 1V:3H$), diseñadas para almacenar y transportar superficialmente la escorrentía. Han de generar *bajas velocidades* ($< 1-2$ m/s) que permitan la sedimentación de las partículas para una eliminación eficaz de los contaminantes. Adicionalmente, pueden permitir la infiltración hacia capas inferiores.

Concepto:

Las *cunetas verdes* son superficies vegetadas que drenan el agua uniformemente hacia afuera de las áreas impermeables. Son canales largos y poco profundos.

⁹ Fuentes: CIRIA <www.ciria.org> y Atlantis



Figs. 1.75 y 1.76
Ejemplo y esquema
de detalle de cuneta
verde

A

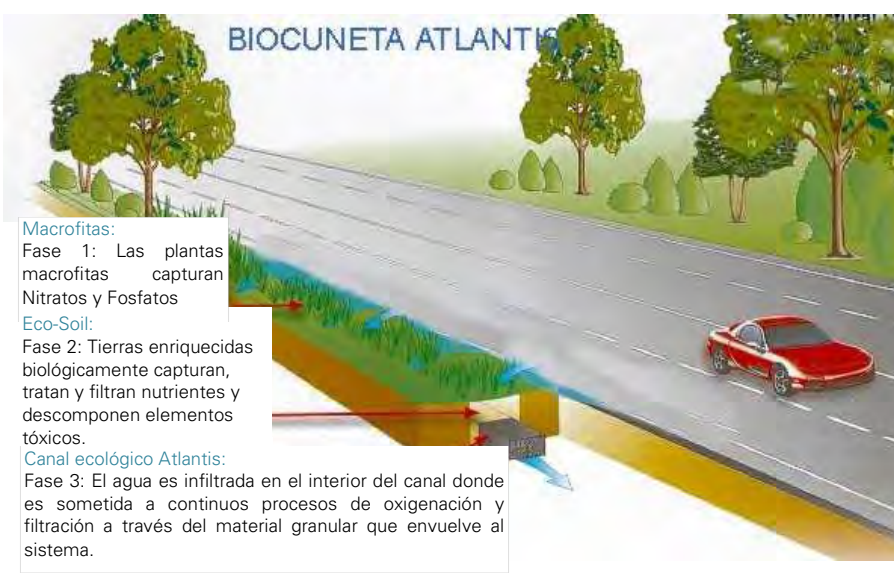


Fig. 1.77
Biocuneta Atlantis.
Fuente: Atlantis

Cunetas secas

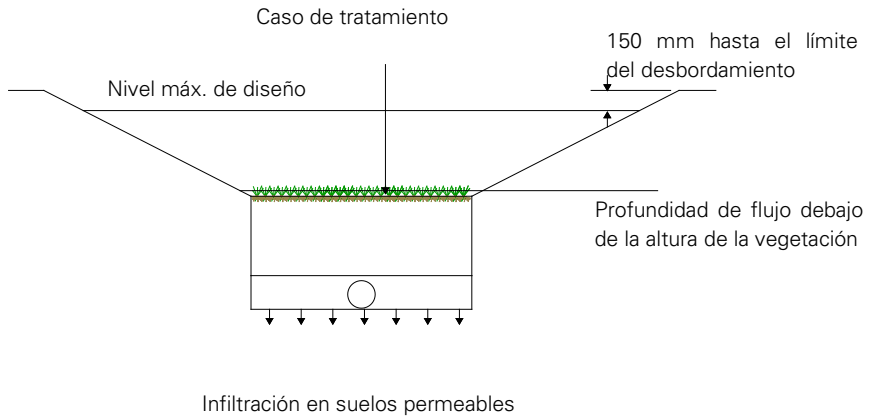
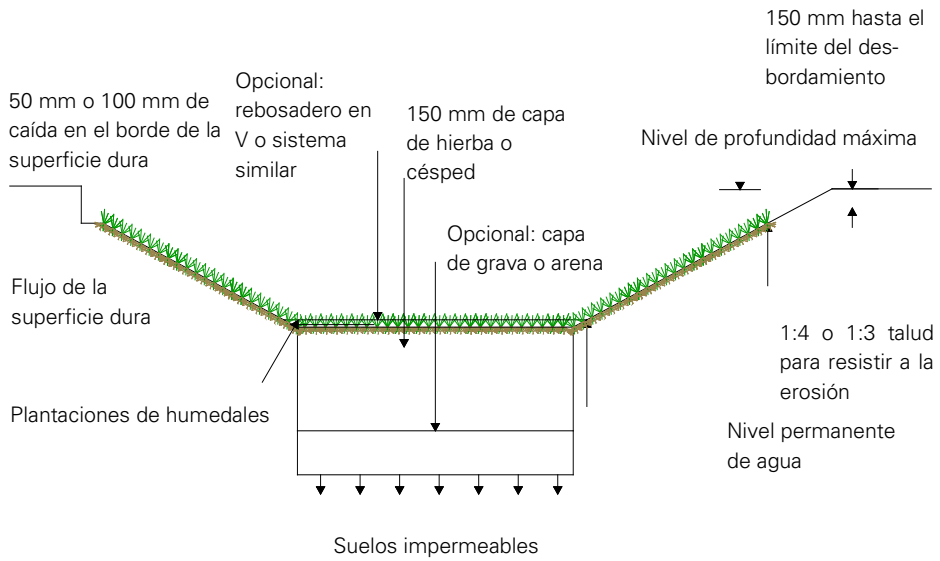


Fig. 1.78
Detalle constructivo
de la cuneta seca



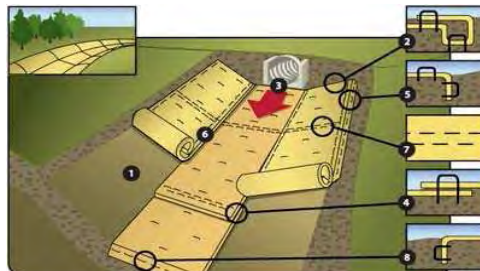
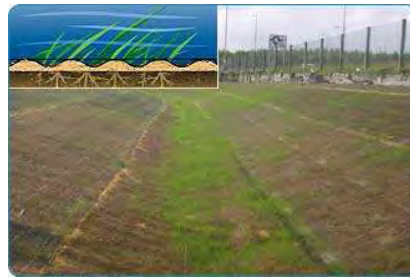
Cunetas húmedas

Fig. 1.79
Detalle constructivo
de la cuneta húmeda



Ejemplo de cuneta de transporte y drenaje estándar, con geomallas 100% de fibra de coco.

Fig. 1.80
Cuneta verde.
Sistema constructivo.
Fuente: Aquanea



1.4.3 Franjas filtrantes

Concepto:

Son franjas de suelo, vegetadas, anchas y con poca pendiente, localizadas entre una superficie dura y el medio receptor de la escorrentía (curso de agua o sistema de captación, tratamiento y/o evacuación o infiltración). Propician la sedimentación de las partículas y de los contaminantes arrastrados por el agua, así como la infiltración y la disminución de la escorrentía. Por tanto, la calidad y la cantidad aumentan. Sirven al objetivo de evacuación como sistema complementario.

Son porciones de vegetación o gravilla entre la superficie impermeable y el sistema de evacuación de las aguas de lluvia. Sus funciones son crear un flujo suave y uniforme en forma de lámina, retener sedimentos o contaminantes, así como infiltrar y reducir en cierto grado la escorrentía.



Fig. 1.81 y 1.82
Ejemplo de franjas filtrantes.
Fuente: CIRIA

Ventajas:

- Su coste relativamente bajo.
- Su impacto físico escaso.
- La posibilidad de que filtren contaminantes y retengan sedimentos mejora la calidad del agua y reduce la escorrentía al infiltrar parte de esta.

Desventajas:

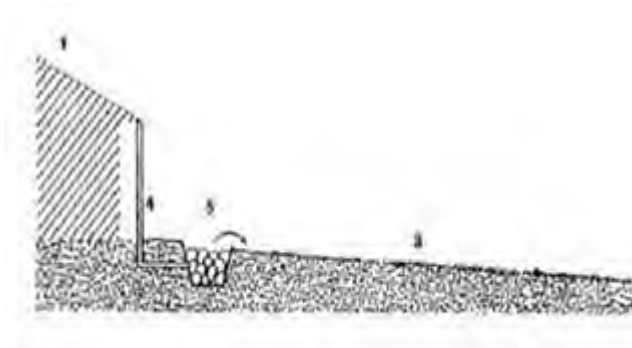
- *No se pueden construir en cualquier parte*, ya que las pendientes muy pronunciadas o las zonas muy transitadas por peatones o vehículos reducen la eficacia de las franjas.
- Necesitan un espacio mínimo para su desarrollo, de un 20 % de largo de la zona impermeable, con un mínimo de 2,5 m.
- Soportan un caudal máximo de 4,5 l/s por metro lineal, aunque se podrían tener variaciones dependiendo de la tasa de infiltración del suelo y de las características del material de la franja. Esta ha de ser una vegetación herbácea, densa e uniforme, que permita retener los



contaminantes, aunque también se pueden plantar plantas y árboles que no alteren de manera significativa el flujo en forma de lámina sobre las franjas.

- Se recomienda construir las franjas filtrantes junto con otras obras de evacuación de las aguas de lluvia, y no como una solución, ya que no soportan caudales muy altos, pero sí sirven para mejorar la eficiencia de los sistemas primarios de drenaje.

Fig. 1.83
Detalle constructivo de la franja filtrante.
Fuente: CIRIA



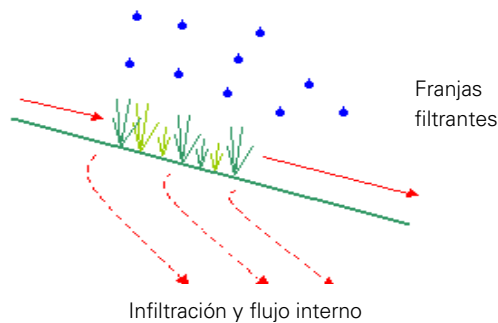
1 es el área impermeable,

3 es la franja filtrante en sí.

4 es el sistema de evacuación de las aguas de lluvia (nótese la diferencia entre la primera figura y la segunda: el orden del sistema de evacuación es distinto),

5 son los repartidores respectivos de flujo (los cuales distribuyen el flujo en forma de lámina uniforme)

Fig. 1.84
Esquema de funcionamiento de las franjas filtrantes.
Fuente: CIRIA



Cómo funcionan:

Estos sistemas constructivos imitan los patrones de drenaje natural al permitir que el agua de lluvia pueda discurrir entre las hojas de la vegetación, lo cual reduce el flujo y el filtrado. Las tierras húmedas o las cunetas de vegetación también se pueden diseñar para conseguir una combinación del transporte, la infiltración, la detención y el tratamiento de la escorrentía.

Cantidad:

Las cunetas de vegetación generalmente están diseñadas como sistemas de transporte, pero también pueden diseñarse combinadas con diques, para controlar la atenuación y/o la infiltración. Las franjas filtrantes solo atenúan el flujo ligeramente, pero se pueden utilizar para reducir el área drenada impermeable.

Calidad:

Los “humedales” y las franjas filtrantes son eficaces en la eliminación de los sólidos contaminantes a través de la filtración y la sedimentación.

Características:

Ambos sistemas de drenaje sostenible se han integrado en el uso de la tierra circundante –por ejemplo, rozan el espacio público abierto o la carretera. La hierba silvestre local y las especies de flores se pueden introducir para el interés visual y proporcionar un hábitat de vida silvestre. En los humedales, hay que tener cuidado en la elección de determinada vegetación, como las matas, ya que pueden crear remolinos locales y así aumentar el potencial de erosión en las laderas. Pueden plantarse arbustos y árboles, pero en este caso el área de vegetación tendrá que ser más amplia y prever, en la construcción de las franjas filtrantes, una pendiente más suave.

1.5 Sistemas de tratamiento pasivo

1.5.1 Depósitos de detención

*En superficie*¹⁰

Concepto:

Son sistemas constructivos diseñados para almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía generados sobre los mismos y para atenuar las inundaciones, laminando los caudales punta.

Suelen estar vegetados y secos, excepto después de las tormentas. Favorecen la sedimentación y, con ella, la reducción de la contaminación, pero no son efectivos para transformar y eliminar las partículas polucionantes, ya que estas sedimentan y no se eliminan. De hecho, es habitual encontrar sedimentos acumulados en los depósitos tras una tormenta.

Pueden emplazarse en “zonas muertas” o ser compaginados con otros usos, como los recreativos, en parques e instalaciones deportivas.

¹⁰ Fuente: CIRIA <www.ciria.org>



Fig. 1.85
Ejemplo de depósitos de retención en superficie



Fig. 1.86
Sistema de funcionamiento de los depósitos de retención



Enterrados¹¹

Son sistemas constructivos de captación de agua enterrados en el subsuelo. Cuando no se dispone de terrenos en superficie, o en los casos en que las condiciones del entorno no recomiendan una infraestructura a cielo abierto, estos depósitos se construyen en el subsuelo. Se fabrican con diversos materiales, siendo el hormigón armado y los plásticos los más habituales.

Depósito de detención enterrado.

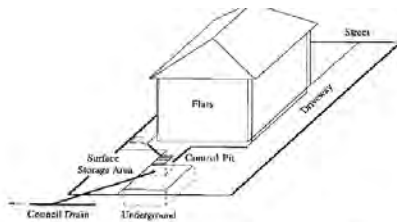


Figure 1 A typical OSD system, employing surface and underground storages

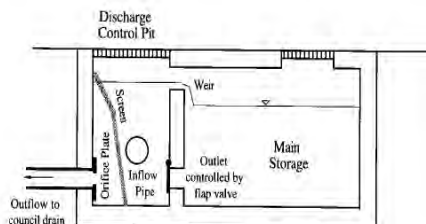


Figure 2 Hydraulic controls

11 Atlantis <www.atlantiscorp.com.au> y Grupo INSMED <www.marketplace.insmed.eu>



Fig. 1.87
Sistema constructivo
de los depósitos de
retención enterrados.
Fuente: Atlantis

A



Fig. 1.88
Sistema constructivo
de los depósitos de
retención enterrados.
Fuente: Atlantis

1.5.2 Estanques de retención

Concepto:

Son lagunas artificiales con una lámina permanente de agua (de entre 1,2 y 2 m de profundidad) con vegetación acuática, tanto emergente como sumergida. Están diseñadas para garantizar largos períodos de retención de la escorrentía (2-3 semanas), y promover la sedimentación y la absorción de nutrientes por parte de la vegetación.

Contienen un volumen de almacenamiento adicional para la laminación de los caudales punta.

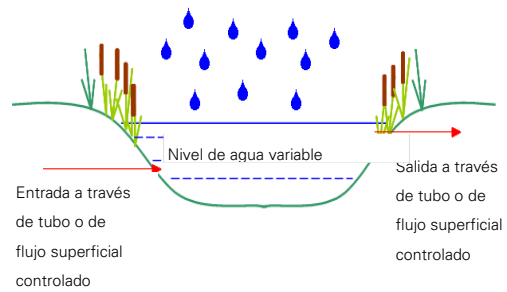


Fig. 1.89
Ejemplo de estanque de retención



Fig. 1.90
Construcción de un estanque de retención.
Fuente: CIRIA

Fig. 1.91
Ejemplo y detalle de funcionamiento de un estanque de retención.
Fuente: CIRIA



1.5.3 Tierras húmedas o humedales¹²

Estas soluciones son similares a las anteriores pero de menor profundidad y con mayor densidad de vegetación emergente, aportan un gran potencial ecológico, estético, educativo y recreativo.

El ejemplo siguiente es el de un humedal artificial de 33ha. De la siderúrgica Baoshan en Shanghái (China), donde vierte las aguas residuales y la sedimentación se descompone y es absorbida antes de que el agua se recicle y reutilice.

Fig. 1.92
Ejemplo de humedal



¹² Fuente: Manual de construcción: Humedales Construidos para el Tratamiento de Aguas negras: Karen Setty, Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Bárbara.



Fig. 1.93
Ejemplo
de humedal

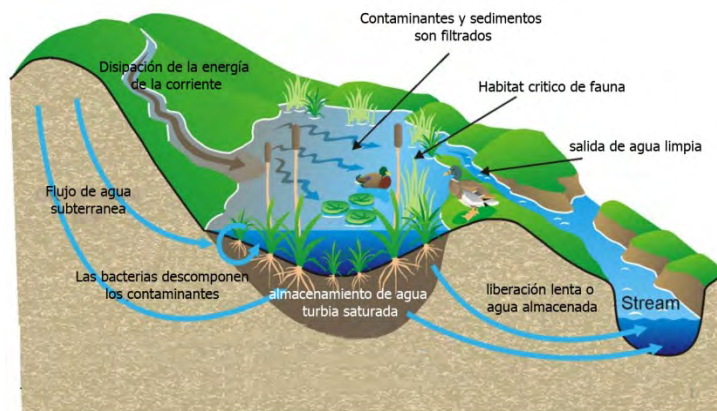


Fig. 1.94
Cómo funciona
un humedal

Concepto:

Es una zona de baja vegetación, diseñada para retener el agua. También puede permitir la infiltración, con filtros de partículas en la vegetación. Generalmente, es una zona de tierras planas que se inunda permanentemente o de forma intermitente.

Al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, queda desprovisto de oxígeno y da lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres.

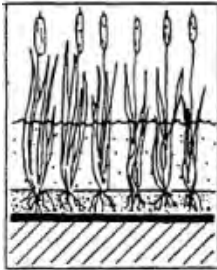
Tipos de humedales:

Humedal de flujo superficial

El nivel de agua está por encima de la superficie; la vegetación está arraigada y emerge sobre la superficie de agua: el flujo de agua está mayoritariamente por encima de la tierra.



Fig. 1.95
Plantas y agua
de los humedales



Plantas y agua de los humedales

Tierra
Revestimiento
Terreno

En este otro ejemplo, el flujo del agua se produce a través del lecho de arena y grava. Las raíces penetran hasta el fondo del lecho.

Fig. 1.96
Plantas de los humedales



Plantas de los humedales

Tierra, arena y grava
Revestimiento
Terreno

Humedal construido de tipo SSF (flujo por debajo de la superficie)

- *Localización.* El tratamiento debe estar cerca de la fuente de las aguas negras, para que sea mínima la energía que se necesite para conducir las en el sistema.
- *Cálculo de parámetros de diseño.* Las pautas generales en los parámetros de diseño están en función del emplazamiento, la cantidad de las aguas negras y los cálculos matemáticos relacionados con los tiempos de reacción y a la hidrología (Hammer, 1989). Un ejemplo de estos cálculos puede hallarse en "La tecnología de BMP: los humedales construidos para el tratamiento de agua negra - Propuesta de proyecto piloto en Chiapas, México".
- *Vaciado y excavación.* La pendiente ha de ser uniforme y leve hacia el fondo del humedal (US EPA, 1999). A ser posible, se debería equilibrar el corte y rellenar el sitio para evitar el movimiento de tierras. Es necesario compactar la tierra uniformemente para proteger la integridad del recubrimiento
- *Construcción.* El recubrimiento debe colocarse en su lugar una vez preparada la tierra. A continuación, pueden construirse las estructuras de entrada y salida, y añadir la grava al sistema.

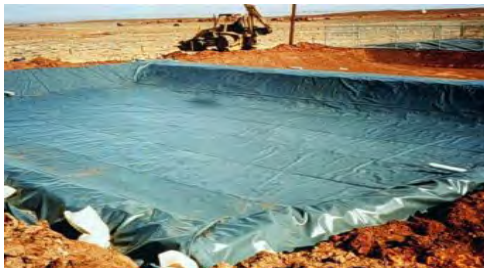


Fig. 1.97
Vista del lugar de la construcción, donde se observa un recubrimiento plástico sintético para el humedal (Purdue, 2007)

Fig.1.98
vegetación de los humedales, comprada en un vivero, con los rizomas conectados (Abulk, 2007)

Establecimiento de la vegetación.

Las plantas completas o rizomas inactivos y los tubérculos se pueden trasplantar fácilmente, pero no las semillas (Hammer, 1989). Los tubérculos con un tallo de 20-25 cm son idóneos, porque pueden obtener oxígeno por el tallo mientras las raíces quedan inundadas en el agua. La vegetación ha de plantarse firmemente por debajo de la primera capa de grava para prevenir que crezcan plantas indeseables. En los climas templados, el mejor período para plantar es en otoño, una vez iniciado el estado de letargo, y termina después de la primera parte de la temporada de crecimiento de verano (US EPA, 1999). En la mayoría de los casos, los humedales son sembrados durante la primavera.

Las condiciones húmedas han de mantenerse después de la siembra para facilitar el crecimiento inicial (US EPA, 1999; Hammer, 1989). El nivel del agua puede aumentarse lentamente a medida que los nuevos brotes se desarrollan y crecen. Pero, si excede las puntas de los retoños, las plantas morirán. Es aconsejable dejar entre 0,3 y 1 m. entre de cada mata. Si la densidad de siembra es más alta, puede establecerse más rápidamente el sistema de humedal, pero los costes de construcción aumentan. Transcurridas unas pocas semanas decrecimiento de las plantas, pueden introducirse las aguas negras.

Si hay temperaturas altas o condiciones solares extremas, se puede colocar una capa de paja o heno de 15-20 cm de grueso encima de la superficie de grava para proteger las nuevas plantas.

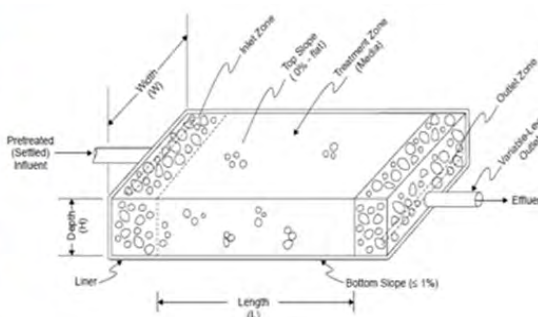


Fig. 1.99
Un humedal construido completamente con grava y vegetación (Purdue, 2007)

Fig. 1.100
El diseño genérico para una célula de un humedal construido tipo SSF (US EPA, 1999)



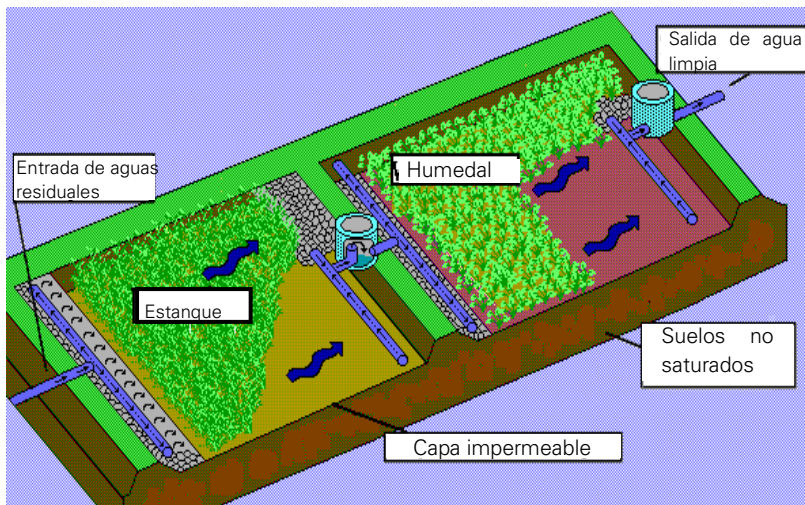
Normalmente, la construcción del humedal es precedida por una unidad que proporciona un tratamiento primario de las aguas negras. Este tratamiento puede realizarse con varias tecnologías, aunque la más sencilla y más fácil de mantener es una poza de estabilización (Crites *et al.*, 2006; Hammer, 1989). El agua de la poza puede tratarse para lograr más calidad en el humedal construido, y que elimine contaminantes y bacterias.

Los humedales más pequeños construidos (por ejemplo, del tamaño de un pequeño jardín) pueden utilizarse en hogares particulares, mientras que, para el tratamiento municipal del agua (US EPA, 1999), pueden utilizarse sistemas más grandes, con varios canales. Los beneficios de esta tecnología son, entre otros, su diseño sencillo, los bajos costes de explotación y mantenimiento y, en ocasiones, un aumento de la fauna (Hammer, 1989).

¿Cómo funciona?

En la poza de estabilización, los sólidos son eliminados por procesos mecánicos naturales –los sólidos quedan depositados en el fondo. Una vez allí, la materia orgánica es procesada por microbios y plantas, lo cual previene la acumulación de materiales en el fondo de la poza. Posteriormente, como el agua fluye por el sustrato de grava en el humedal, el contaminante es eliminado por procesos físicos (sedimentación y filtración), procesos químicos (precipitación y adsorción) y procesos biológicos (metabolismo bacteriano) (US EPA, 1999).

Fig. 1.101
Esquema de una poza de estabilización junto a un humedal construido



¿Dónde puede utilizarse?

El tratamiento del humedal puede ser aplicable en hogares u otros edificios que no estén conectados a una planta centralizada de tratamiento de aguas negras y que dispongan de espacio suficiente. Los humedales de tipo SSF

pueden ser adaptados a muchos climas diferentes. La eficiencia del tratamiento tiende a disminuir con temperaturas más frías; la temperatura no incide significativamente en los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (BOD) y de los sólidos suspendidos totales (TSS), pues estos se ven afectados por mecanismos físicos (US EPA, 1999).

Por otro lado, el *tratamiento primario de las aguas negras* debe instalarse corriente arriba del humedal construido. Se puede usar un tanque séptico como tratamiento primario (manteniendo el agua residual fuera de la vista, conteniendo los olores y previniendo las condiciones insalubres), o bien utilizar una poza de estabilización abierta o excavada, recubierta como una célula de un humedal construido.

→2



2.1 Conceptos generales

2.1.1 El contexto global y el confort psicológico y emocional

El contexto global

Los datos de los últimos años indican una creciente urbanización del planeta.

En 2006, la tasa de población mundial que habitaba en las ciudades superó, por primera vez, a la que habitaba en los entornos rurales (unos 3.300 millones de habitantes), según datos del Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA).

En 2010, el 4 % de la superficie de la Tierra, una superficie equivalente a 471 millones de hectáreas, correspondía ya a ecosistemas urbanos, que son espacios del máximo impacto ecológico.

En 2020, el 80 % de las personas que habiten en países desarrollados lo harán en entornos urbanizados, frente al 77 % de la actualidad.

En este contexto de urbanización del planeta, cabe analizarlas zonas verdes que se generan en los ecosistemas urbanos. En España, por ejemplo, las zonas verdes no llegan al mínimo recomendado por la OMS, que oscila entre 10 y 15 m² de zona verde por habitante, distribuidos equitativamente en función de la densidad de población.

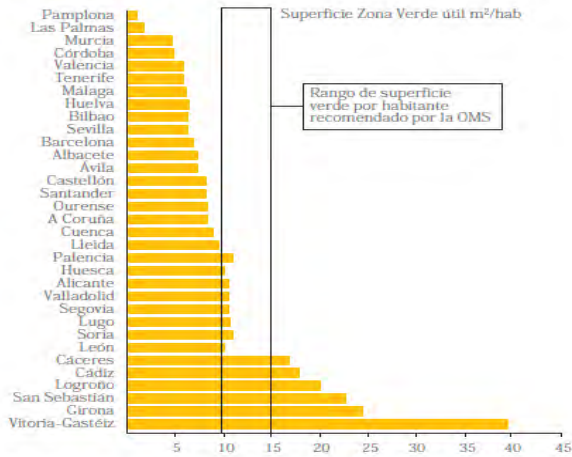
En concreto, en Barcelona, la superficie de zona verde es 6,6 m²/habitante y solo quince capitales de provincia presentan una superficie verde urbana dentro de los márgenes indicados por la OMS (figura 1.5.).

Barcelona = 6,6 m² de zona verde por habitante

Barcelona < 10-15 m²de zona verde por habitante (índice recomendado por la OMS)

Fig. 2.1
Superficie verde urbana útil por habitante.
Fuente: OSE- OMAU

□ **Figura 1.5. Superficie verde urbana útil por habitante.**



Fuente: Elaboración OSE a partir de la encuesta OSE-OMAU realizada a las capitales de provincia.

Fig. 2.2
Sostenibilidad
Fuente: OSE- OMAU



La importancia del espacio público en Barcelona en el siglo XX

¿Qué importancia estratégica tenía el espacio público en Barcelona, en el siglo XX?

En 1999, el Royal institute of British Architects (RIBA) concedió a Barcelona la *Royal Gold Medal*, entre otros motivos, por “*projects such as the parks created on former industrial land, the new and restored squares in the suburbs as well as in the city*”, es decir, por los proyectos creados en antiguas áreas industriales, plazas restauradas en los suburbios y en la ciudad.

Pasqual Maragall, exalcalde y economista, al recoger el premio del RIBA, señaló: “*It’s critical to understand that improving public space is relevant to solve social and economic problems.*” Es esencial comprender la relevancia de mejorar el espacio público para solucionar problemas sociales y económicos.

Y añadió: “*The trick of the public space in Barcelona was quality first, quantity after.*” En otras palabras, el *quid* del espacio público en Barcelona fue primero la calidad y después la cantidad.

Recordemos que, en los años ochenta, la discusión era la plaza dura..., o si era efectiva la mejora social a través de la renovación del espacio público.



Fig. 2.3
Izquierda:
Intervenciones
en la avenida de
Francesc Cambó
y el mercado de
Santa Caterina

Fig. 2.4
Derecha: Fotogra-
fía aérea de la
calle Allada
Vermell. Fuente:
Google Earth

Beneficios psicológicos y emocionales de las zonas verdes: las indicaciones de la OMS y las teorías de Kaplan y Ulrich

Si bien el ser humano ha habitado durante miles de años en entornos naturales y se ha adaptado a ellos, en la actualidad más de la mitad de nuestra especie habita en entornos urbanos, aunque todavía son relativamente pocas las generaciones que vivimos en este nuevo entorno. Una de las preocupaciones del Banco Mundial y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en este nuevo escenario es la salud mental. Actualmente, se destina a ella el 10 % del gasto mundial y en 2020 se prevé que sea el 15 %.

Con relación a este tema, numerosos estudios señalan como beneficiosa para la salud psicológica y emocional una ratio de entre 10 y 15 m² de superficie verde por habitante, y la OMS se ha hecho eco de esta recomendación.

En psicología ambiental, prolifera la literatura que explica los efectos beneficiosos de la naturaleza en el bienestar humano.

Sobre los efectos beneficiosos de la naturaleza, destacan principalmente dos enfoques teóricos: la teoría psicoevolutiva de Ulrich y la teoría de la restauración de la atención de Kaplan.

La teoría psicoevolutiva de Ulrich¹

1 Fuentes: Contact with Nature, Sense of Humor and Psychological Well-Being (Sage Publications), de Thomas R. Herzog y Sarah Strey, de la Grand Valley State University. The Experience of Nature: A psychological perspective (Nueva York: Cambridge University Press, 1989), de R. Kaplan y S. Kaplan. Rachel Kaplan es Doctora en Psicología y profesora de la Universidad de Michigan <http://heapro.oxfordjournals.org/content/21/1/45.full#ref-73>



La teoría psicoevolutiva (*psycho-evolutionary theory* o PET) de Ulrich (Ulrich, 1983; Ulrich *et al.*, 1991) hace hincapié en las emociones y en cómo la naturaleza reduce las reacciones causadas por el estrés. En este modelo, el estrés es un conjunto de respuestas fisiológicas a cualquier situación que amenaza el bienestar. El conjunto de respuestas incluye las emociones negativas y fisiológicas. La recuperación tras una situación de estrés puede producirse con ambientes que evoquen unos niveles moderados de interés, agrado y calma. En tales contextos, el afecto positivo sustituye al afecto negativo y los pensamientos negativos quedan inhibidos. Las características del entorno, como por ejemplo la presencia de vegetación y el agua, son responsables de dicha recuperación (Ulrich, 1983).

Una serie de estudios avalan la PET después de comparar las respuestas emocionales y fisiológicas observadas en espacios naturales y urbanos tras una experiencia inducida por el estrés.

Entre estos estudios, destacan los de Hartig, Evans, Jamner, Davis y Gärling (2003); Ulrich (1979); Ulrich *et al.* (1991), y Van den Berg, KooleyVan der Wulp (2003). Estos estudios analizaron la exposición en entornos naturales y urbanos tras una experiencia inducida de estrés, a partir de experiencias reales del entorno (por ejemplo, paseos en un entorno natural o urbano) o la simulación visual (videos y diapositivas).

Entre los factores de estrés se incluían actividades como exámenes, películas de terror o vídeos de accidentes de trabajo. La conclusión sistemática de estos estudios era que los entornos naturales, comparados con los entornos urbanos, contribuían a reducir los indicadores fisiológicos de la activación autonómica del estrés y producían una mejora en el estado de ánimo.

La PET predice claramente que el contacto con la naturaleza disminuye el estrés, mejorando su efecto positivo y disminuyendo su efecto negativo. Por tanto, además de una medida típica de contacto con la naturaleza, el estudio incluyó una medida estándar de percepción del estrés, así como las medidas de efecto positivo y negativo.

La teoría de la restauración de la atención de Kaplan

La teoría de la restauración de la atención (*attention restoration theory* o ART) de Kaplan (Kaplan & Kaplan, 1989; Kaplan, S., 1995) se centra en la atención dirigida, un tipo de atención que exige un esfuerzo mental y produce fatiga.

La fatiga y la falta de atención llevan a la incapacidad de concentrarse y pueden tener varias consecuencias: deficiencias en el rendimiento, incapacidad para planificar, incivildad social e irritabilidad. Los valores que permiten recuperarse de la fatiga de la atención dirigida se conocen como configuración de restauración. ART propone que un ambiente de restauración efectiva ha de presentar cuatro de las propiedades siguientes: *a) fascinación*, entendida como la capacidad del ambiente para sostener involuntariamente la atención, sin exigir es-

fuerzo alguno; *b) alejamiento*, entendido como el cambio de escenario y de experiencia de la vida cotidiana; *c) extensión*, referida a las propiedades de la conexión y al alcance de los entornos (hasta donde se llega), y *d) compatibilidad*, que implica un buen ajuste entre los objetivos de cada uno y los tipos de actividades y/o las características de cada entorno o escenario.

Kaplan (1995) también distingue entre la fascinación dura y blanda. La fascinación dura es muy intensa, se convierte en protagonista y deja poco espacio para pensar las cosas. Por el contrario, la fascinación blanda es de moderada intensidad, suficiente para mantener la atención, aunque deja espacio para la reflexión.

La configuración de la fascinación blanda también incluye un componente estético, que puede ayudar a compensar el dolor que pueda derivarse de la reflexión. Ambos tipos de fascinación permiten la atención fatigada, orientada a descansar, pero la configuración de la fascinación blanda tiene el beneficio adicional de la oportunidad para la reflexión.

Basados en las propiedades necesarias de un “escenario de restauración” y en la distinción entre la fascinación dura y blanda, los escenarios naturales son, en general, los mejores candidatos para la restauración, más que los entornos urbanos más típicos, aunque ciertos entornos puedan ser restauradores (*vid.* Kaplan, Bardwell y Slakter, 1993; Ouellette, Kaplan y Kaplan, 2005). Muchos emplazamientos naturales están pensados para ser buenas fuentes de fascinación.

No son pocos los estudios que han respaldado la ART. El paradigma típico ha sido comparar las personas expuestas a un ambiente natural con las expuestas a un medio después de inducir la fatiga de la atención dirigida, ya sea de forma natural o por manipulación experimental. La conclusión más frecuente ha sido la mejor focalización de la atención que reclaman las tareas de las personas expuestas a ambientes naturales.

Algunos estudios iniciales relativos a este tema fueron revisados por Kaplan (1995). Estudios más recientes han documentado un mejor funcionamiento como consecuencia del contacto con naturaleza (por ejemplo, Berto, 2005; Kaplan, 2001; Taylor, Kuo y Sullivan, 2001 y 2002; Wells, 2000).

Otros estudios relevantes (por ejemplo, Kuo, 2001; Kuo y Sullivan, 2001) han utilizado el análisis formal de la mediación para demostrar que el efecto beneficioso de la naturaleza se derivaba de su efecto sobre la capacidad de atención.

La ART predice claramente que el contacto con la naturaleza, en general alivia, la fatiga de la atención dirigida y mejora, por tanto, cualquier tipo de funcionamiento que dependa de la atención dirigida.

Thomas R. Herzog y Sarah Strevey, en su estudio, tomaron prestadas tres medidas del autoinforme de funcionamiento de la atención de R. Kaplan (2001), incluido en su estudio sobre los efectos de las vistas desde casa: el



funcionamiento eficaz, la paz y la distracción. En general, descubrieron que *las vistas naturales de casa tendían a relacionarse positivamente con el funcionamiento eficaz, a sentirse en paz y negativamente relacionados con la distracción* (puesto que no contribuían a ella). Aunque el objetivo principal de la ART se basa en las variables relacionadas con la atención, estos investigadores creyeron que se podía hacer un caso de estudio de los *efectos indirectos del contacto con la naturaleza, en lo que podría llamarse, en términos generales, "desarrollo personal"*. También señalaron en un artículo que los efectos negativos de la fatiga de atención dirigida son el incivismo social y la irritabilidad. De ello, se desprende que, si el contacto con la naturaleza alivia la fatiga de atención, también puede mejorar las relaciones interpersonales.

Del mismo modo, en la medida en que el contacto con la naturaleza promueve la reflexión, podría mejorar el crecimiento personal y ayudar en áreas tales como el establecimiento de prioridades y el logro de objetivos.

En apoyo a esta línea de pensamiento, Kuo (2001) encontró que las viviendas públicas de los residentes en edificios cercanos a la naturaleza recibían puntuaciones más altas en cuanto a la eficacia en la gestión de los temas importantes de la vida que las de los residentes en viviendas donde la naturaleza no estaba cerca.

Cabe destacar también que existe una evidencia empírica, teórica y anecdótica, que demuestra que el contacto con la naturaleza genera un impacto positivo en la presión arterial, el colesterol y la visión de la vida, además de la reducción del estrés. Los señalan, entre otros estudios, los de Moore (1981), Kaplan y Kaplan (1989), Hartig *et al.* (1991), Ulrich *et al.* (1991a), Ulrich *et al.* (1991b), Kaplan (1992a), Rohde y Kendle (1994), Lewis (1996), De Cuero *et al.* (1998) y Parsons *et al.* (1998).

Fig. 2.5
Mapa de establecimiento de la salud
Fuente: OMS Europa. *Urban Planning, Environment and Health*, 2008



En conclusión, diferentes estudios basados en la experiencia empírica, los estudios teóricos y anecdóticos señalan la importancia del contacto con la naturaleza para contribuir a mejorarla salud humana y el bienestar. De hecho, la OMS, así lo recomienda.

2.1.2 El confort térmico: estudio de un caso²

Cuantificaciones

Caso práctico: tesis doctoral “Ciudad, vegetación e impacto climático” (La vegetación como instrumento para el control microclimático) En este caso de estudio del confort térmico mediante la vegetación, nos centraremos solo en los estudios a escala microclimática, que es la apreciable para un peatón.

Para ver si es eficaz el uso del verde en los sistemas constructivos, hay que analizar los estudios que han cuantificado este hecho. El Dr. Ochoa de la Torre, doctor por la UPC (director de tesis Rafael Serra Florensa), realizó un estudio recogido en su libro *Ciudad, vegetación e impacto climático*, que recoge los resultados de los estudios de investigación de su tesis doctoral. Ochoa expone en su tesis las cuantificaciones siguientes:

Caso 1. Plaça de Mossèn Clapés, barrio de Sant Andreu, Barcelona

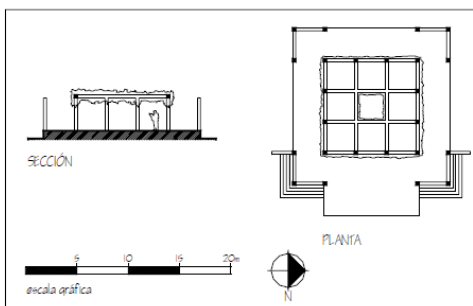
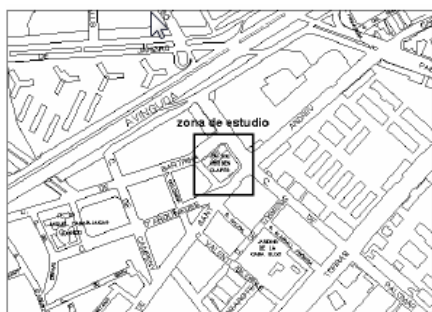


Fig. 2.6
Izquierda:
Emplazamiento
del estudio

Fig. 2.6b
Derecha:
Esquema

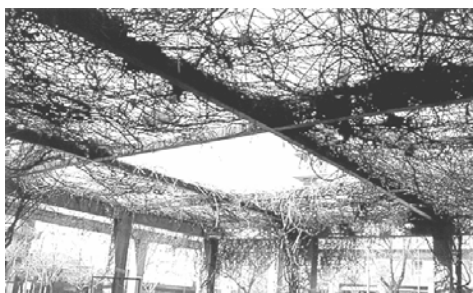


Fig. 2.7
Izquierda: Pérgola
de verano

Fig. 2.8
Derecha: Pérgola
de invierno

Características:

Los *límites* no le afectan de forma significativa. El *pavimento* de la pérgola y de la plaza entera es de placas de hormigón gris, que se han ensuciado debido al

2 Fuente: José Manuel Ochoa de la Torre. *Ciudad, vegetación e impacto climático*. Erasmus Ediciones, 2009. Véase también, en la web “Tesis doctorals en xarxa” <http://www.tdx.cat/handle/10803/6124>, parte del texto e imágenes de las páginas 146, 147, 148, 149, 150, 151 y 153.



uso y han quedado de un color no muy claro. Pese a ello, pueden llegar a obtenerse deslumbramientos. La pérgola tiene las *dimensiones*: 12 x 12 m, dividida en módulos de 3 x 3 y 3 m de altura. Está *bien orientada* para obstruir el sol en verano.

El *recubrimiento vegetal* de glicina (*Wisteria sinensis*), una especie caducifolia de color violeta, de rápido crecimiento. Florece en primavera; en verano, el follaje es tupido y, en invierno, pierde sus hojas y deja pasar gran parte del sol, en función de las ramas.

Efectos cuantificados:

Luminancia y factor sombra

Según lo observado por el Dr. Ochoa, la *luminancia (E)* se reduce considerablemente en el interior de la pérgola *con respecto a la medida sobre esta (Eo)*.

En verano, el efecto es muy pronunciado: *el factor sombra (E/Eo)* va de los 0,029 al amanecer a los 0,010 en el mediodía solar. En invierno, *el factor sombra* disminuye pero no demasiado, puesto que la obstrucción de las ramas es mucho mayor de lo que parece, de entre el 20 y el 30 %. El factor es de 0,317 al amanecer y de 0,230 a mediodía.

Tabla 2.1
Luminancia y
factor sombra en
verano

Mediciones realizadas en verano			
Hora solar	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
5.30	92	3.200	0,029
6.00	227	7.790	0,029
6.30	361	12.380	0,029
7.00	681	31.940	0,021
7.30	1000	51.500	0,019
12.00	1180	113.300	0,010
13.00	937	108.000	0,009
16.00	802	95.500	0,009

Tabla 2.2
Luminancia y
factor sombra en
invierno

Mediciones realizadas en invierno			
Hora solar	E (lux)	Eo (lux)	E/Eo
6.30	426	1.345	0,317
11.40	18.400	72.200	0,255
12.40	12.400	61.100	0,203
13.45	11.600	28.000*	0,414
16.30	2.110	5.800*	0,364

Radiación terrestre: Es una radiación de onda larga, emitida o absorbida por las superficies y por el resto de objetos presentes en el sistema.

Se puede cuantificar la radiación infrarroja que emiten los objetos, de acuerdo con su temperatura superficial o, al menos, apreciar si emiten más o menos en comparación con otras superficies. El doctor Ochoa midió, en un día de verano y en otro de invierno, las distintas superficies que rodeaban la pérgola, así como el follaje que la cubría.



En la gráfica, se aprecia hasta 20°C de diferencia entre el pavimento soleado y la temperatura del aire, a la hora de mayor temperatura. El pavimento bajo la sombra estaba hasta 2°C por debajo de la temperatura ambiente y, en cambio, la vegetación estaba prácticamente a temperatura ambiente, tanto en la parte sombreada como en la soleada.

Durante el invierno, sigue estando más caliente el pavimento soleado que el sombreado por la vegetación, pero las diferencias no son tan grandes (4,2°C), ya que la pérgola, sin hojas, obstruye menos radiación y la poca diferencia que se da con la temperatura ambiente (5°C) se debe, en parte, a que hay menos radiación solar en esta época del año.

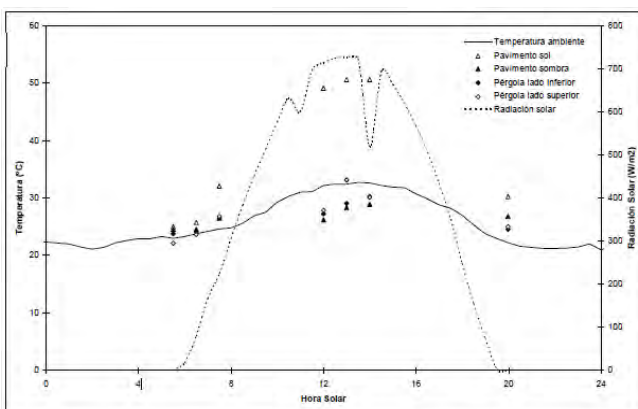


Gráfico 2.9
Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en verano

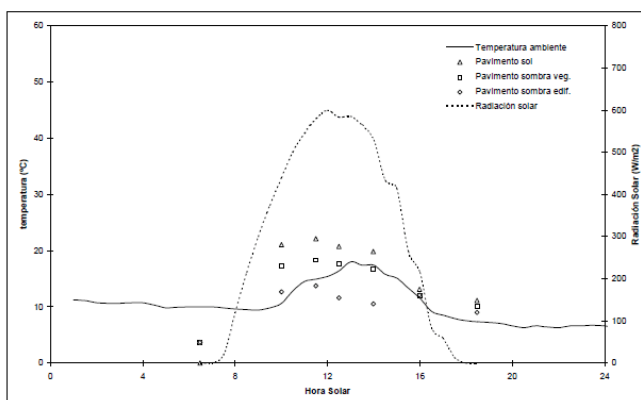


Gráfico 2.10
Comparación de las temperaturas superficiales con la temperatura ambiente y la radiación solar en invierno



El viento se ve más afectado, en este caso, por el entorno urbano que por la pérgola, ya que su forma horizontal, sin obstrucciones laterales, permite el paso de las brisas.

En la humedad y la temperatura ambiente, Ochoa de la Torre no apreció modificaciones, ya que el área cubierta por la vegetación era relativamente pequeña.

En conclusión, un umbráculo horizontal vegetal incide microclimáticamente, en las superficies que protege, mucho más en verano que en invierno. Este es solo un caso de estudio, pero el doctor Ochoa estudió diversos casos y siempre llegó a la misma conclusión, con pequeñas diferencias. Por tanto, es un sistema efectivo, que mejora la confortabilidad térmica y la habitabilidad a pequeña escala.

2.1.3 El confort acústico³

Normativa, mapas del ruido y estudios

Normativa europea:

Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

Normativa española:

Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y la gestión del ruido ambiental.

Este Real Decreto tiene por objeto la evaluación y la gestión del ruido ambiental, con la finalidad de prevenir, reducir o evitar sus efectos nocivos, incluidas las molestias derivadas de la exposición al ruido ambiental, según el ámbito de aplicación de la directiva comunitaria que se incorpora. Para ello, se desarrollan los conceptos de ruido ambiental y sus efectos y molestias sobre la población, junto con una serie de medidas, como son los mapas estratégicos de ruido, los planes de acción y la información a la población. (El ruido se considera conta-

3 Fuentes: Alessandro, S.; Barbera, G.; Silvestrini, G. (1987). Stato dell'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica tra vegetazione de ambiente costruito. CNR, IEREN 13. Palermo: 1987.

Aylor, D. E. (1972b). "Sound transmission through vegetation in relation to leaf area density, leaf width, and breadth of canopy", The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 51, n. 1B, pp. 411-414. Ochoa de la Torre, J. M. (1999). La vegetación como instrumento para el control microclimático. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en: <<http://www.tdx.cat/handle/10803/6124>> [Fecha de consulta: 23 de febrero de 2014] Stryjenski, J. (1970). L'acoustique appliquée à l'urbanisme. Ginebra: Les Éditions Techniques.

minación, puesto que deteriora la calidad ambiental y puede afectar nocivamente la salud física y mental.)

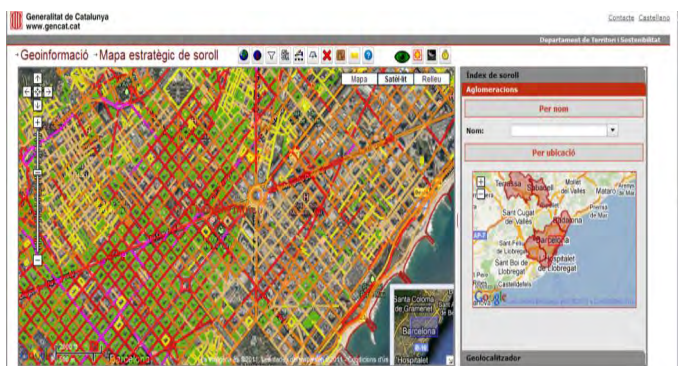


Fig. 2.11
Mapa estratègic
del ruido de
Barcelona



Cataluña tiene cuantificado el sonido a través del territorio, de tal manera que está identificado y diagnosticado donde supera los límites establecidos. Solo hay que poner las medidas convenientes.

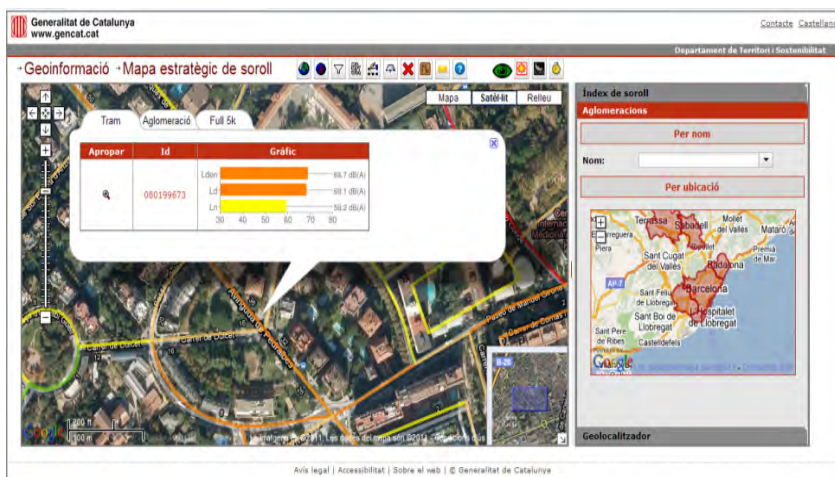


Fig. 2.12
Mapa estratègic
del ruido de
Barcelona

En Cataluña, además, disponemos de la Ley 16/2002, de protección contra la contaminación acústica, que determina, entre otros conceptos, los valores límite en las diferentes áreas del territorio (y sus sanciones).

Y, en Barcelona, de la Propuesta para la modificación de la Ordenanza general del medio ambiente urbano, en relación con la contaminación acústica de la ciudad, que busca garantizar la protección del derecho a disponer de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de las personas, el bienestar y la calidad de vida de los ciudadanos.

Existen algunas mediciones del ruido plasmadas en diversos estudios. Dos de los más importantes son *L'acoustique appliquée à l'urbanisme*, de Jean Stryjenski (Les Éditions Techniques, 1990), y *Stato dell'arte delle ricerche con*



cernient il interazione energetica tra vegetazione e dambiente costruito, de S.Alessandro, G. Barbera yG.Silvestrini. En estos estudios, se puede apreciar que el efecto de reducción del ruido debido a la vegetación es pequeño y se comprueba empíricamente que la absorción acústica de algunas especies depende del tamaño de las hojas y de la densidad del follaje. Esta disminución es válida solo para frecuencias superiores a 2.000Hz, con valores de atenuación de 1dB cada 10m de profundidad o más. A este respecto, se indica que las especies han de ser de hoja perenne y que hay que evitar las coníferas, que son menos eficientes.

José Manuel Ochoa de la Torre⁴, doctor por la UPC, en su libro *Ciudad, vegetación e impacto climático* explica los conceptos que acabamos de indicar sobre la vegetación y el ruido urbano. También muestra los resultados de Meister y Ruhrberg. Se trata de la medición de la reducción del ruido con árboles de entre 10 y 14m de altura. La reducción del ruido está en función de la profundidad y de la altura de la barrera, pero no es muy significativa.

Tabla 2.3
Reducción media
del sonido por
unidad de
distancia (dB/m)

Tipo de vegetación	Frecuencia Hz					promedio todas freq
	200-400	400-800	800-1600	1600-3200	3200-6400	
Pinus Strobus*	0,80-0,11	0,13-0,15	0,14-0,15	0,16	0,19-0,20	0,15
Pinus Strobus **	0,10-0,11	0,1	0,10-0,15	0,16	0,14-0,20	0,15
Picea pungens*	0,10-0,12	0,14-0,17	0,18	0,14-0,17	0,23-0,30	0,18
Caducifolias densas	0,05	0,05-0,07	0,08-0,10	0,11-0,15	0,17-0,20	0,12-0,17
Maleza densa	0,13-0,15	0,17-0,2	0,18-0,35	0,20-0,40	0,30-0,50	0,25-0,35

* medida tomada a la altura de la copa, ** medida tomada una altura de 1.5 m del suelo

Si bien de los estudios tratados se deduce que el efecto de la reducción del ruido es pequeño, Ochoa destaca que la vegetación tiene un efecto psicológico como pantalla visual entre la fuente del ruido y las personas afectadas.

Otra característica cualitativa es que la vegetación disimula los ruidos desagradables de fondo con otros más agradables, como el de las hojas y las ramas al moverse, o el del canto de los pájaros que habitan en los árboles.

Finalmente, los árboles plantados en una calle tampoco reducen el nivel de ruido que llega a un habitante, pero ayudan a reducir el tiempo de reverberación en la calle, gracias a la absorción de las hojas.

2.2 Sistemas constructivos

2.2.1 Fachadas: el jardín vertical

Concepto

Son estructuras verticales que pueden colocarse sobre paredes de edificios, tapias o estructuras portantes *ad hoc*.

4 Fuente: Ochoa de la Torre, J. M. (2009). Ciudad, vegetación e impacto climático. El confort en los espacios urbanos. Erasmus.

El objetivo principal de estas estructuras vegetales es la descontaminación ambiental de ciudades y edificios, ya que el diseño de su estructura permite poner en contacto la rizosfera (sistema radicular de la planta) con el aire contaminado.



Fig. 2.13
Foto del
CaixaForum.
Fachada
vegetal de
Patrick Blanc



Ventajas

- Filtro descontaminante. Las plantas y los árboles purifican el aire y almacenan contaminantes (en raíces y hojas); en el proceso de fotosíntesis, emiten oxígeno a la atmósfera todos los días. Asimismo, la vegetación, por efecto de la evapotranspiración, enfría el aire que circula a través de ella, el cual puede servir como aporte de aire frío para el interior de la edificación.
- Aislamiento térmico de los edificios. Se adaptan perfectamente a las nuevas directrices de la construcción sostenible, que recomiendan utilizar fachadas vegetales y cubiertas ajardinadas para la conservación de la energía dentro de la vivienda. En entornos cálidos, la presencia de vegetación puede refrescar entre 1 y 5°C.
- Solución estética de ajardinamiento.
- Fácil integración en la ciudad. Se pueden integrar directamente en la ciudad sin necesidad de realizar obras adicionales ni ocupar nuevos espacios.
- Fuente: Caixa Forum, fachada vegetal de Patrick Blanc
- Admiten varias dimensiones, de uno a varias decenas de metros cuadrados, e incluso pueden instalarse sobre estructuras autoportantes.
- Ofrecen soluciones estéticas que pueden utilizarse como nuevas formas de ajardinamiento.

- Aportan una solución sencilla, cómoda y fácil de instalar para el desarrollo de actividades sociales y de integración, como la hortoterapia (huerto vertical) con niños, ancianos, personas con discapacidad, etc.

*Sistema constructivo*⁵

La patente de Patrick Blanc se basa en un sistema similar al siguiente:

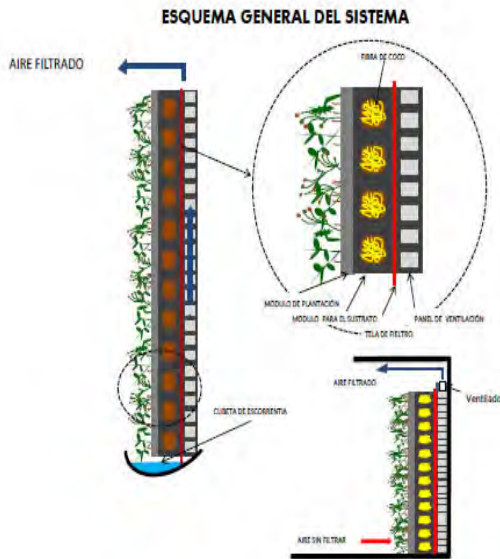
Se grapán capas de fieltro de poliamida sobre unas planchas de PVC expandido de 10 mm de grosor (soporte estanco) y se fijan sobre una estructura metálica, que asegura el aislamiento (cojín de aire) con respecto al muro “portante”.

Sobre este fieltro, de gran capilaridad y retención de agua, se desarrollan las raíces de las plantas. Estas se instalan en todas las alturas del muro, con una densidad del orden de unas veinte por metro cuadrado.

El *riego* se efectúa a partir de un conjunto de tubos regularmente agujereados, superpuestos a partir de la cima del muro vegetal. El sistema está programado por electroválvulas acopladas a un distribuidor de solución nutritiva poco concentrada. La simplicidad de esta técnica va aparejada a su fiabilidad a largo plazo.

Las labores de *mantenimiento* son pocas, ya que las malas hierbas no son capaces de invadir estas superficies verticales. Se prevé una poda anual de los arbustos.

Fig. 2.14
Esquema general
del sistema de
fachada (jardín
vertical)



5 Empresa: Biofiltex España <http://biofiltex.com>



Figs. 2.15-2.16
Detalles de la
fachada



2.2.2 Fachadas verdes interiores⁶

Concepto

Son un sistema de fachada vegetal vertical interior que filtra y purifica el aire.

Las plantas evaporan agua para disminuir su temperatura y hacer frente al calor. En este proceso, no solo se refrigeran a sí mismas, sino que también enfrían su entorno. La vegetación posee una gran capacidad para refrigerar el ambiente.

El aire se hace recircular a través del sistema de ventilación y se devuelve a la habitación a través de la fachada vegetal, pasando por el sustrato plantado y por la vegetación.

Sistema técnico

La vegetación está enraizada al panel perforado sujeto por fijación mecánica a una subestructura de perfiles metálicos, fijada a su vez a ambos forjados, así como a la partición interior.

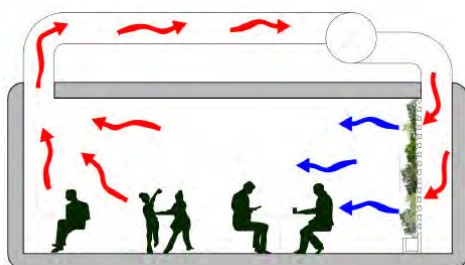
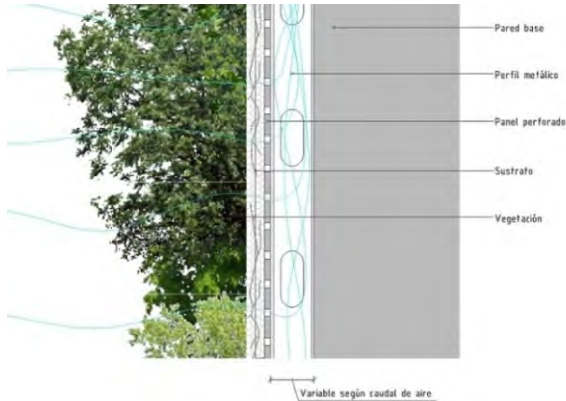


Fig. 2.17
Sistema técnico de
las fachadas interio-
res verdes

6 Fuente: Urbanarbolismo <http://www.urbanarbolismo.es>



Fig. 2.18
Detalle de las
fachadas interiores
verdes



Ventajas

Económica. Utilizando el jardín vertical como sistema de refrigeración por evaporación de agua, cada litro evaporado produce 0,64kWh. Si tomamos como referencia el agua más cara de España (en Alicante, 3,2 euros/m³), obtenemos que 1kWh cuesta 0,005 euros. A ello hay que sumar el consumo de la iluminación del jardín vertical, la bomba de agua y la ventilación, eso es, aproximadamente 0,085kWh = 0,16 euros. (Aire acondicionado vegetal: 1kWh = 0,16 euros)

Sostenibilidad. Gastar agua para refrigerar es mucho más sostenible que gastar energía. Una desalinizadora utiliza 0,88 kWh para desalar 1 m³. Tomando esta referencia como unidad de conversión agua-energía, 1 m³ en el sistema de aire acondicionado vegetal produce 640kWh de refrigeración, por lo que la eficiencia energética es 300 veces mayor que la del aire acondicionado convencional.

Calidad ambiental. Al pasar a través del sustrato, el aire entra en contacto con las raíces de las plantas. Las especies de la fachada han sido seleccionadas para que absorban los contaminantes producidos por los distintos elementos de mobiliario y construcción del inmueble: formaldehído, benceno, xileno, monóxido de carbono y tricloroetileno. Por ello, el sistema es especialmente recomendable para oficinas donde hay gran cantidad de aparatos que emiten esta clase de contaminación.

Sistema biorregulado. Dado que se trata de un sistema basado en la evaporación de agua y en la evapotranspiración de la vegetación, la cantidad de refrigeración que produce se autorregula en función de la temperatura del recinto, es decir, las plantas evaporan más agua cuando hace más calor, con lo cual mantienen constante su temperatura y la temperatura del ambiente que las rodea.

Usos y aplicaciones

Se aplican, por ejemplo, en oficinas y despachos.

2.2.3 Umbráculos verticales

Concepto

Sistema constructivo que funciona como ventilación higiénica, protección solar y térmica, que consiste en adherir trepadoras caducifolias a las fachadas.

Ventajas

Las trepadoras adheridas a la fachada de un edificio permiten reducir la radiación térmica que recibe la superficie disminuyendo su temperatura entre 8 y 18° (v. figura inferior).

La utilización de especies caducifolias permite recuperar completamente la exposición al Sol en invierno, cuando es realmente necesaria.

Algunas especies, como la *Parthenocissustricuspidata*, son especialmente eficaces en la cubrición de muros sin generar un sobrepeso excesivo.



Fig. 2.19
Ejemplo de umbráculo vertical.
Empresa: Technal
www.technal.es

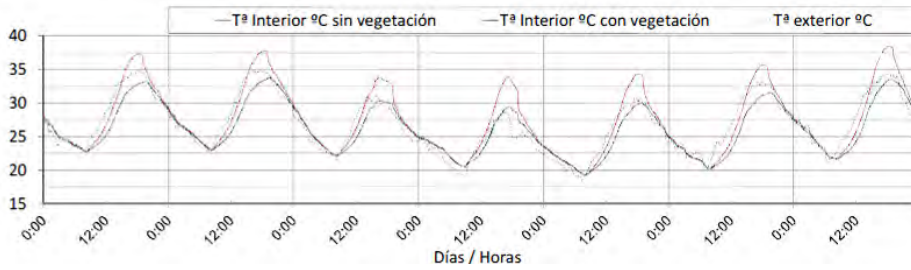
Parthenocissustricuspidata



Fig. 2.20
Fotografía de especies vegetales para los umbráculos verticales.



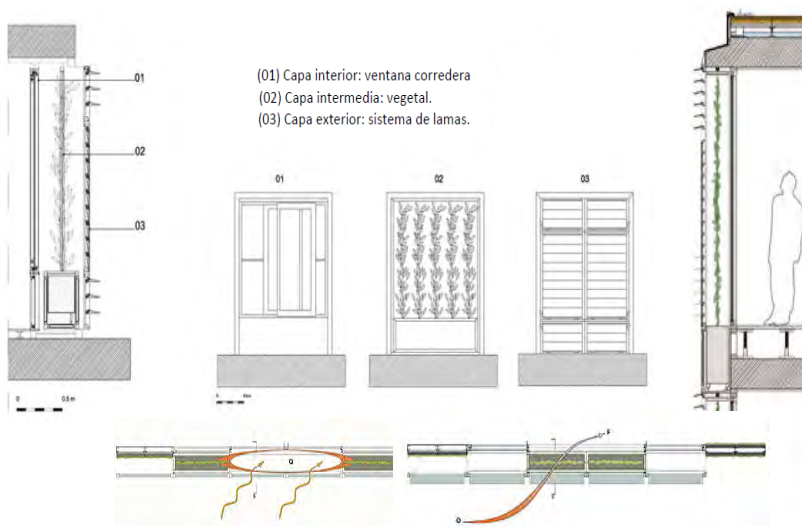
Gráfico 2.21
Gráfico comparativo de las temperaturas interiores de un módulo con fachada translúcida con vegetación y sin vegetación.
Fuente: Intemper



Sistema compuesto por tres capas⁷

La capa exteriores de lamas basculantes; la capa intermedia, con jardinera metálica, tiene un sistema de riego automático por inmersión y control por temporizador, cableado de acero de desarrollo helicoidal como soporte de especies vegetales y bastidor metálico con ensamblajes mediante tornillería metálica. La vegetación se desarrolla en cajas conformadas con placas celulares rígidas de polipropileno (reciclado y reutilizable), donde se aloja el sustrato, y la capa interior es de carpintería corredera.

Fig. 2.22
Sistema constructivo compuesto por tres capas



La idea principal consiste en incorporar elementos vegetales en el propio cerramiento, de manera que actúe como aislante térmico. El cerramiento es como el de un invernadero, formado por tres capas que median entre el interior y el exterior, de manera que la cubierta vegetal actúa como un auténtico material de construcción, con la particularidad de que su respuesta varía según las condiciones climáticas exteriores.

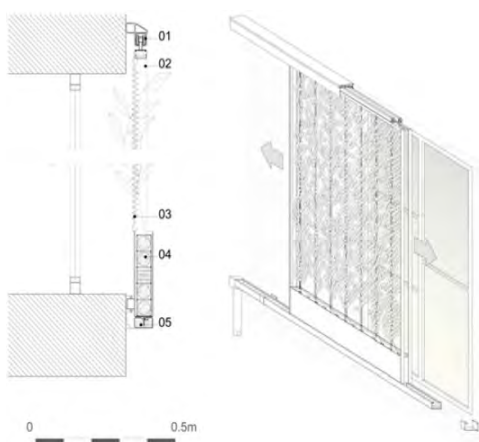
⁷ Fuente de los esquemas: ABIO-UPM

Ventajas

Gracias a su sistema de capas, la fachada verde da soluciones similares a las del aire acondicionado y la calefacción. Refrigerera en verano, ya que el aire exterior, al atravesar la lámina vegetal húmeda, enfría unos grados el ambiente interior. Y calienta en invierno, al ser la propia fachada un invernadero para la vegetación.

Contraventanas vegetales

Se trata de una protección solar móvil para huecos de fachada, que incorpora el soporte para el desarrollo de especies trepadoras, especialmente de hoja caduca.



(01) Herrajes de cuelgue y guías de deslizamiento de aluminio extruido.

(02) Cuerpo del panel formado por perfiles de aluminio extruido.

(03) Tutores-guía para trepadora formados por cable helicoidal.

(04) Cajón-jardinera de chapa de aluminio, relleno de sustrato.

(05) Canalón aljibe de chapa de aluminio.

Fig. 2.23
Esquema y detalle de las contraventanas vegetales. Empresa: Technal

Estudio recomendado: "Tecnologías verdes como instrumentos de rehabilitación arquitectónica". Grupo ABIO-UPM (Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible)

2.2.4 Umbráculos horizontales

Concepto

Es un sistema constructivo compuesto por materiales preferiblemente naturales (madera, bambú, etc.), que ofrece sombra gracias al recubrimiento vegetal entrelazado con el soporte.



Fig. 2.24
Fotografía del Parc Central del Poblenou, Barcelona. Jean Nouvel, 2008

Ejemplo 1. Pérgola de estructura metálica con recubrimiento vegetal



Fig. 2.25
Derecha: Pérgola
de estructura
metálica con
recubrimiento
vegetal



Fig. 2.26
Ejemplo de
cúpula



Ejemplo 2. En el mismo parque, encontramos esta cúpula. Se compone de una estructura de tubos de acero, revestida con ramas tipo “ratán”.

Estas se atan y crean una malla romboidal o urdimbre.

Fig. 2.27
Ejemplo de
cúpula



Ejemplo 3. Pérgola “Vía Láctea” de Santa & Cole⁸

Características técnicas del soporte básico

- Cada módulo de la pérgola está formado por ocho emparrillados de listones de madera de pino rojo, tratada en autoclave (hidrófuga y fungicida), que forman una superficie de 18 m².

⁸ Empresa: Santa & Cole www.santacole.com

- La pérgola está soportada por una estructura de acero galvanizado en caliente.
- La colocación doble de la farola Vía Láctea en uno de los extremos asegura la iluminación nocturna tanto debajo de la pérgola como en las zonas perimetrales. La pérgola se suministra desmontada en cinco componentes: la columna, la estructura de la pérgola, el emparrillado de madera, la pantalla y las luminarias.
- La instalación es totalmente mecánica, sin soldaduras, mediante tornillería de acero inoxidable.
- Opcionalmente, la pérgola se puede entregar pintada.
- La columna va fijada mediante un cubo de hormigón, realizado *in situ*, y tornillos con taco mecánico (no incluidos), fijado por debajo de la cota de pavimento.
- La cimentación ha de prever la ranura para la conexión eléctrica.
- Junto con las columnas, se entrega el embellecedor.
- Las reposiciones y los mantenimientos son los habituales para los equipos.
- Sus pesos son: 844 kg el módulo – 725kg el módulo intermedio
- Sirve como base de recubrimiento vegetal.



Fig. 2.28
Ejemplo de
pérgola

PROPIEDADES MECÁNICAS S-275 JR

Límite elástico	275 N/mm ²
Resistencia a la rotura	410-150 N/mm ²
Resiliencia	27 J
Alargamiento mínimo	20%

Tabla 2.4
Propiedades
mecánicas
del acerode
la pérgola



Tabla 2.5
Composición
química del
acero de la
pérgola.

COMPOSICIÓN QUÍMICA S-275 JR	
Carbono (C)	0,24%
Manganeso (Mn)	1,60%
Fósforo (P)	0,055%
Azufre (S)	0,055%
Nitrógeno (N)	0,011%

Material

Madera de pino rojo procedente de la zona central de Suecia. Esta madera tiene el grado de clasificación V según las Normas Generales para la Clasificación de Madera Aserrada Sueca de Pino Rojo y Abeto, establecidas por el Comité para la Clasificación de la Madera de 1958. La obtención de dicha madera se realiza cumpliendo todas las normativas legales y medioambientales del país de origen, asegurando la sostenibilidad de los bosques y evitando el impacto ecológico.

Esta madera no procede de bosques primarios.

Color. La albura es de color amarillo pálido y el duramen es rojizo.

Tabla 2.6
Propiedades físicas
de la madera

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño del grano	Fino o medio
Densidad	500-520-540 kg/m ³
Contracción	Poco nerviosa
Coefficiente de contracción total (unitario)	0 - 7,00 J/cm ²

Tabla 2.7
Coeficientes
de contracción
de la madera

Coeficientes de contracción: total (unitario)		
	España	Resto
Volumetría	12,9% (0,34)	12-15% (0,35-0,50)
Tangencial	6,8% (0,21)	(0,20-0,35)
Radial	3,8% (0,12)	(0,11-0,20)

Tabla 2.8
Propiedades
mecánicas de
la madera

PROPIEDADES MECÁNICAS		
	España	Resto
Flexión estática	90-110	79-100 N/mm ²
Coefficiente de elasticidad	8.600-10.000	10.800-13.000 N/mm ²
Compresión axial	42-47	45-55 N/mm ²
Compresión perpendicular		9,2 N/mm ²
Cortante	10-11	7,2-11,2 N/mm ²
Flexión dinámica	2,25	4,0-7,0 J/cm ²

Tratamiento protector

Para proteger la madera, se realiza un tratamiento de autoclave Xylazel IMPRALIT KDS. Este protector asegura la protección de la madera frente a los riesgos de clase 1 a 4 descritos en las normas UNE EN 335-1:2007 y UNE EN 335-2:2007, en un período de tiempo de diez años.

Fijación

La columna se fija mediante cuatro pernos con anclaje de expansión.

La cimentación debe colocarse 22cm por debajo de la cota del pavimento y prever la ranura para la conexión eléctrica.

Las características geométricas de los pernos son:

- Longitud (mm): 170
- Diámetro (mm): 20

Materiales de los pernos

- Acero al carbono galvanizado
- Límite elástico mínimo:64MPa
- Tensión de rotura:80MPa

Material del dado de hormigón

- Hormigón HM-20
- Resistencia característica:20MPa

Terreno

- Terreno de tipo II (según la UNE-EN40-3-1)
- Tensión admisible:1 kg/cm²
- Medidas de la placa de base y orientación:
300; 400; 210; 310 mm.

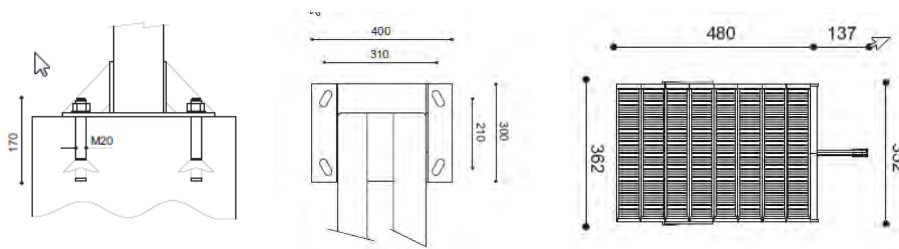
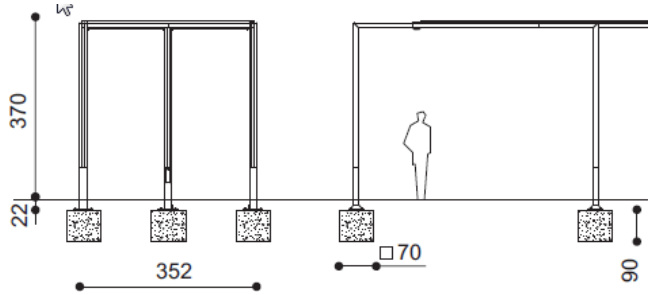


Fig. 2.29
Detalle de la pérgola,
pernos y zapatas.

Fig. 2.30
Detalle de la pérgola,
pernos y zapatas.



2.2.5 Cubiertas ajardinadas⁹

Las cubiertas ecológicas son beneficiosas para el medio ambiente, ya que contrarrestan el sellado de la superficie debido a la edificación y ofrecen, a las plantas y a los animales, nuevos espacios de vida; además, retienen el agua pluvial en el inmueble.

Mejoran igualmente el microclima, absorben el polvo, reducen la reflexión del sonido y aumentan el aislamiento acústico de una cubierta. Las cubiertas ecológicas mejoran el aislamiento térmico, con lo cual se reducen los gastos de calefacción y refrigeración. Protegen el aislamiento contra la radiación UV, el calor, el frío y el granizo, lo cual contribuye decisivamente a prolongar la duración de la cubierta.

Fig. 2.31
Ventajas de las
cubiertas
ajardinadas
Fuente: ZinCo



Cubiertas ajardinadas extensivas

Concepto

Las cubiertas ajardinadas extensivas son cubiertas con superficies tapizantes herbáceas y arbustivas que viven con un sustrato de 7cm, aproximadamente.

Usos y aplicaciones

⁹ Empresas: TEXSA www.texsa.com y ZinCo www.zinco-cubiertas-ecologicas.es

Una cubierta ecológica extensiva asume la función de una capa protectora de efecto ecológico, es decir, sustituye, por ejemplo, la capa de grava. Para las cubiertas ecológicas extensivas, se utilizan comunidades de plantas que, por su naturaleza, se adaptan a las condiciones existentes en las cubiertas.

Características

- Limitada selección de plantas, con posibilidades de distribución de las mismas
- Construcción y mantenimiento de coste reducido (por lo general, basta con una o dos visitas de control al año)
- Altura reducida: de 7 a 15 cm
- Reducido esfuerzo estático: desde 50 kg/m², incluyendo las plantas
- Construcción y mantenimiento rentables



Sistema técnico

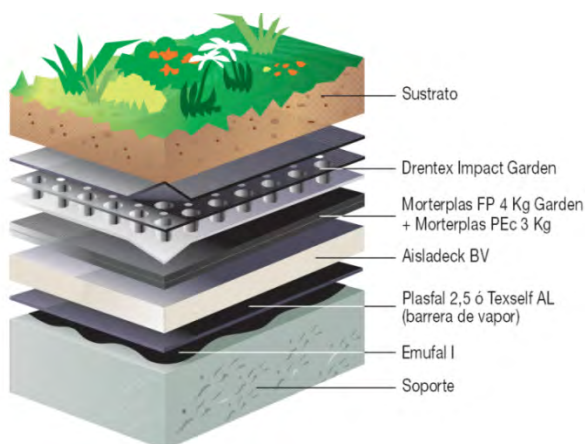


Fig. 2.32
Detalle constructivo de las cubiertas ajardinadas extensivas.
Fuente: TEXSA

Sistema constructivo de varias capas:

Se fundamenta en la superposición de varias capas funcionales, separadas entre ellas.

Así, la capa de soporte de la vegetación está separada de la capa drenante mediante una capa de filtro. Como la capa de sustrato no tiene una función filtrante horizontal, el sustrato se puede mezclar con sustancias orgánicas, lo cual contribuye a crear un mejor soporte para el agua y los nutrientes. Esto mejora el crecimiento de las plantas. La capa de filtro se ocupa de que la lámi-



na nodular no se colmate y así se garantiza una evacuación horizontal y duradera del agua.

Ventajas de este sistema constructivo de varias capas:

- La gran capacidad de retención de agua en la capa de soporte de la vegetación facilita que las plantas luzcan sanas de forma duradera.

El buen drenaje horizontal a largo plazo no incrementa el esfuerzo máximo de la cubierta.

- Se puede instalar en cualquier cubierta, ya sea inclinada o de pendiente 0.

Sistema constructivo de una única capa:

Se utiliza para el caso de que se quiera sustituir la capa de soporte de la vegetación, la capa de filtro y la lámina filtrante por una capa de sustrato mineral. Este sustrato ha de ser capaz de filtrar de forma estable. El desnivel de la cubierta ha de ser, como mínimo, del 2 %. En la construcción de capa única, el espesor de la capa será el resultado de la suma de la lámina filtrante (material a granel) y de la capa de soporte de la vegetación (material a granel), pero sin fieltro filtrante. El espesor mínimo de la capa de sustrato mineral ha de ser de 8 cm. Como el sustrato es un producto natural, es difícil calcular la capacidad de drenaje horizontal, sobre todo si el drenaje pierde eficacia debido a la proliferación de raíces en el sustrato, y la capa inferior se obstruye debido a que la lluvia arrastra las partículas finas del sustrato.

Inconvenientes de la capa única o ligera:

- No ofrece un buen drenaje horizontal a largo plazo, lo que puede hacer que se supere el esfuerzo máximo de la cubierta.
- Este drenaje insatisfactorio incrementa el peligro de saturación. El alto nivel de humedad provoca la aparición de musgo, que desplaza las plantas del género *Sedum*; en consecuencia, se suele utilizar más el césped, que a su vez requiere más cuidados.
- Tiene una capacidad reducida de almacenamiento de agua y nutrientes. Las fuertes oscilaciones en el contenido de agua y de nutrientes provocan un gran estrés a la capa de vegetación, lo que causa mermas y un crecimiento menor, y requiere mayores dosis de agua y de nutrientes.
- No es el sistema adecuado para cubiertas con un desnivel inferior al 2 %.

El ahorro inicial (por el hecho de no utilizar capa de filtro) no compensa el mayor gasto en mantenimiento.



Fig. 2.33-2.34
Ejemplos de las
cubiertas ajardinadas
intensivas



Fig. 2.35
Ejemplo de las
cubiertas ajardinadas
intensivas

Cubiertas ajardinadas intensivas

Concepto

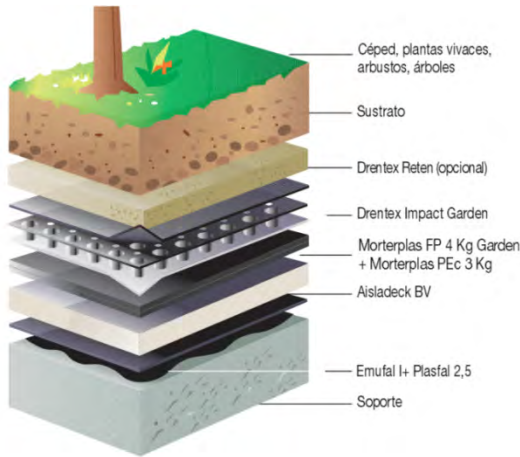
Son cubiertas que presentan unas condiciones de distribución y de aprovechamiento comparables a las de cualquier jardín al aire libre. En ellas, se puede plantar desde plantas vivaces hasta árboles, así como plantas leñosas y césped. Debido a la gran superficie de evaporación de las plantas, las cubiertas ajardinadas intensivas requieren gran cantidad de agua.

Características

- Variedad de vegetación a elegir
- Distribución libre
- Fácil combinación con superficies transitables y superficies con tráfico rodado
- Esfuerzo estático de más de 280 kg/m²
- Altura superior a los 21 c

Sistema técnico

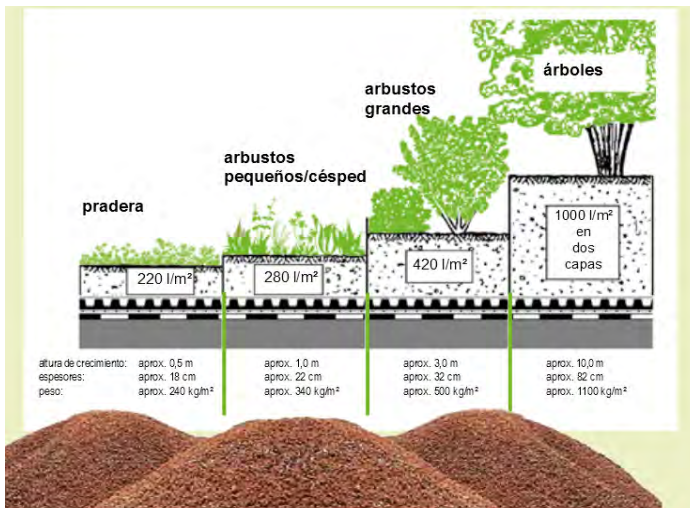
Fig. 2.36
Detalle constructivo
de las cubiertas
ajardinadas
intensivas. Fuente:
TEXSA



Las cubiertas ajardinadas intensivas permiten las combinaciones siguientes de plantas:

- Césped
- Vivaces y leñosas de tamaño reducido
- Vivaces y leñosas de altura media
- Vivaces y arbustos de gran altura
- Arbustos grandes y árboles de tamaño reducido
- Árboles de altura media y árboles altos
- Árboles altos

Fig. 2.37
Espesor del sustrato
según el tipo de
vegetación.
Fuente: ZinCo





Figs. 2.38-2.39-
2.40
Ejemplos de
cubierta intensiva.
Fuente: ZinCo



2.2.6 Césped natural¹⁰

Ventajas

- El césped natural controla la erosión y estabiliza el suelo.
- Gracias a su red de raíces, forma una alfombra compacta porosa, y por su fieltro absorbe las gotas de agua, en lugar de hacerlas chorrear hacia los pluviales, que arrastran con ellas las partículas del suelo. El agua interceptada por el césped se destina a la vegetación de la zona, lo que contribuye a disminuir la utilización de agua.
- Un césped denso absorbe, por su fieltro, seis veces más agua de lluvia que todos los demás sistemas. Las numerosas raíces permiten mantener la infraestructura de las pendientes y evitan los deslizamientos del terreno.
- El césped absorbe, por su follaje, los rayos del Sol y permite la evapotranspiración, lo que reduce la temperatura superficial y mejora la temperatura microclimáticamente.

¹⁰ Empresas: Agrocésped www.agrocésped.es, Zulueta www.zulueta.com y Tapiz Verde SL www.tapizverde.es



- El espacio cubierto de césped por ocho casas tiene un poder de enfriamiento de unas 70 toneladas de aire, lo cual contribuye a acondicionar la temperatura.
- El césped natural tiene capacidad fonoabsorbente, eso es, reduce el nivel de ruido entre el 20 y el 30 %, pues lo absorbe, en lugar de ampliarlo o de reflejarlo.
- Absorbe CO₂.

Inconvenientes

- Tiene un elevado coste de mantenimiento.
- El uso de la superficie está limitado a las condiciones climatológicas y a la ubicación.
- Su mantenimiento implica un gasto elevado de agua en las zonas cálidas.

Figs. 2.41-2.42
Formato de
césped



Fig. 2.43
Ejemplo de
césped
natural



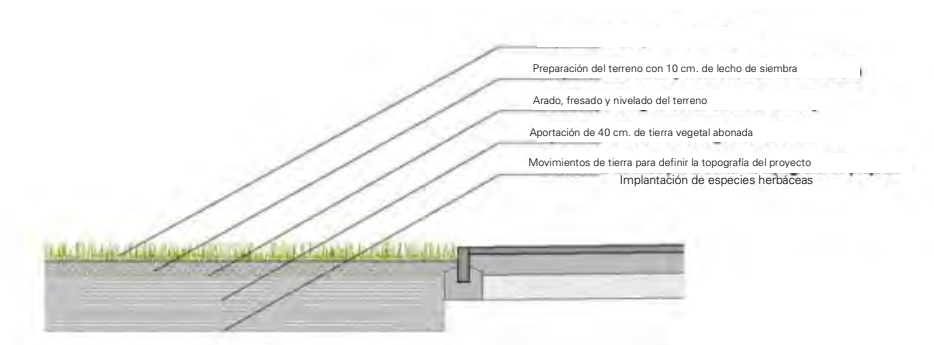


Fig. 2.44
Detalle
constructivo



Sistema técnico:

1. Elegir e instalar el sistema de riego para el césped.
2. Labrar y airear el suelo antes de colocar los tepes de césped.
3. Limpiar el jardín para plantar césped.
4. Nivelar el terreno antes de instalar los tepes de césped.
5. Afirmar el terreno.
6. Regar antes de instalar el césped.
7. Colocar los tepes.
8. Compactar el césped instalado.
9. Regar el césped.
10. Hacer la primera siega.

Sistema de ejecución:

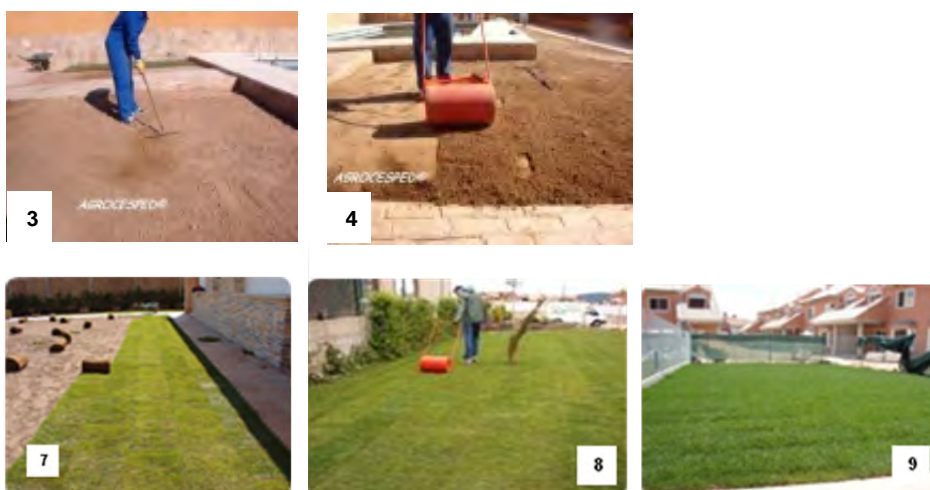


Fig. 2.45
Sistemas de
ejecución

2.2.7 El verde como estructura

El bambú como material de construcción

La madera de bambú tiene una alta resistencia a la tensión y a la carga, y presenta una gran adaptabilidad. Gracias a su gran flexibilidad, es apta para realizar diferentes construcciones y una gran variedad de diseños. Además, con el tratamiento adecuado, tiene una gran durabilidad.

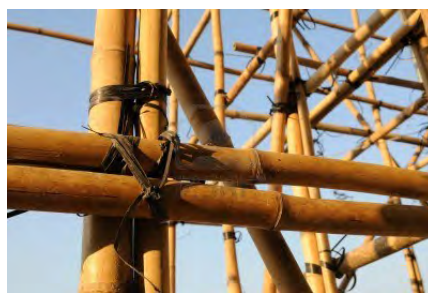
El bambú es una de las plantas más utilizadas –y casi idolatradas– por los ecologistas, porque, a pesar de ser una gramínea, tiene un tronco leñoso, la famosa caña de bambú, que en algunos casos puede llegar a tener hasta 30 cm de ancho y 25 m de altura. Crece en casi todos los continentes, menos en Europa, aunque es famosa en Oriente, donde se utiliza para todo, incluso para los andamios en las construcciones.

El bambú, pues, se puede utilizar en la construcción, a la vez que almacena dióxido de carbono.

Es un material de construcción renovable en los emplazamientos donde crece (se planta y en dos años ya puede ser utilizado), y es sostenible, pues cuando se deja de utilizar es biodegradable ya que es madera.

A pesar del avance tecnológico y de disponer de materiales más seguros, la práctica de andamios con bambú perdura en muchos países asiáticos, e incluso es usual observar sus estructuras en ciudades tan desarrolladas urbanísticamente como Hong Kong.

Figs. 2.46-2.47-2.48
Ejemplos de uso del
bambú





Figs. 2.49-2.50
Ejemplos de uso
del bambú



Usos y aplicaciones:

Cimientos. Se puede emplear como postes, en lugar de los pilares tradicionales. Su duración no supera los cinco años, a menos que sea tratado con productos específicos, como el pentaclorofenol. En construcciones de bajo costo, se emplean cañas de mayor diámetro, con nudos más juntos, para lograr paredes gruesas y conferir una mayor resistencia al pandeo. Si no se pueden obtener piezas del tamaño adecuado, se confeccionan pilares compuestos de varias cañas pequeñas.

Estructuras. En general, para las estructuras se emplean materiales diferentes del bambú, como maderas más duras, que permiten uniones más firmes. Algunas maderas presentan mayor resistencia a los hongos y a los insectos. En los países tropicales (las Filipinas, el lejano Oriente), se emplean otras maderas para los muros exteriores, y el bambú se reserva para los tabiques. Donde se obtienen cañas de buena calidad, es posible construir los muros exteriores.

Aberturas. Las aberturas requieren tensiones mínimas, por lo que es posible construirlas en madera de bambú. El cierre de estas aberturas es variado, pero se sigue el sistema es tradicional. Pueden construirse los marcos en bambú, y el cerramiento en otros materiales, como estera de bambú hoja de palma.

Techos. Se utiliza en los elementos estructurales y en la cubierta, como media caña, tejas. También se puede realizar la cubierta con hojas de palma.

Cuadro 1. Características Físicas del Bambú Guadua (Tomado Memoria Proyecto Nacional de Bambú Costa Rica)

Tipo de Bambú	Altura en mts Promedio	Diámetro en mm Promedio (Basal)	Espesor en mm Promedio	Modulo de Ruptura Promedio Kg/m2	Esfuerzo de Compresión Promedio Kg/m2	Esfuerzo Cortante Promedio Kg/m2	Modulo Elasticidad Flexión Promedio Kg/m2
Región Atlántica Costa Rica	21	160	25	757	426	63	236743
Región Sur Costa Rica	18	110	18	1113	420	75	277689

Tabla 2.9
Características físicas del bambú



Fig. 2.51
Ejemplos
de uso del
bambú



2.2.8 Taludes verdes¹¹

Aplicaciones en taludes con HPDE

Definición del elemento: geoceldas

Las geoceldas de confinamiento celular se utilizan para solucionar problemas de drenaje, erosión e inestabilidad del suelo. Básicamente, presentan una estructura en forma de celdas en que se confina el material de relleno, que puede ser tierra vegetal, grava o cemento, entre otros.

Aplicaciones y usos

Las geoceldas proporcionan una gran flexibilidad a la instalación y un alto nivel estético ambiental, con una cara totalmente cubierta por una masa vegetal.

En el caso de la contención de tierras, las celdas forman terrazas horizontales para el desarrollo de la vegetación, que florece en las celdas externas expuestas. El sistema impermeable de celdas abiertas recoge la lluvia y controla la evaporación de las aguas subterráneas, con lo que se crea un entorno más natural para la vegetación.

¹¹ Empresas: Projar www.projar.es. En la página, se muestra parte de una ficha técnica del trabajo de curso de Jordi Barba Platt, biólogo y paisajista. Máster del Paisaje de la ETSAB (UPC). Trabajo para Técnicas e Ingeniería del Paisaje I. Año 2010. GCM SL y Bon Terra IbéricaSL www.controlerosion.es Empresas: GCM SL y Bon Terra IbéricaSL www.controlerosion.es. Otras fuentes: «Inventario de tecnologías disponibles en España para la lucha contra la desertificación». Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España.

Contención de tierras:



Estabilización de base:



Figs. 2.52-2.53
Aplicación de las geoceldas



Tratamiento de cauces:



Restauración de taludes:



Figs. 2.54-2.55
Aplicación de las geoceldas

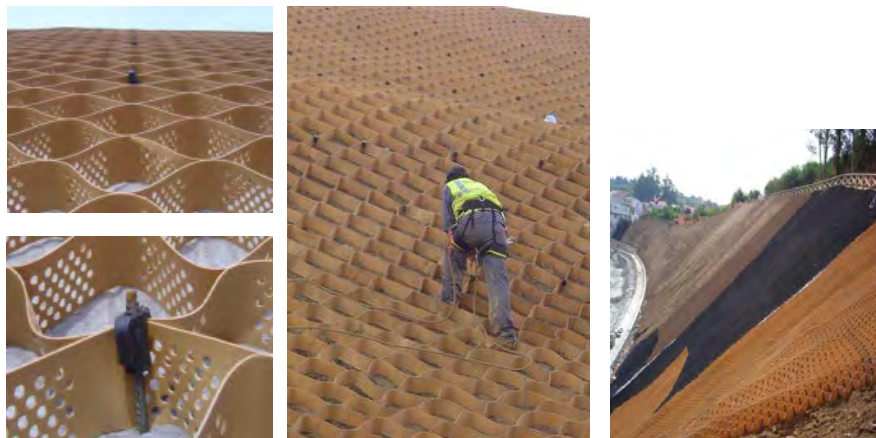


Fig. 2.56
Sistema técnico
(método de anclaje)



Especificaciones técnicas

Altura: 10-20 cm

Número de celdas: 7-25 celdas/m²

Material: polietileno de alta densidad (HDPE)

Presentación: superficie texturizada y perforada

Nota. En función de la pendiente, se deben utilizar placas con distinto número de celdas: a mayor pendiente, mayor es el número de celdas por metro cuadrado a instalar, para aumentar su resistencia.

Muros verdes de tierra reforzada armada

Concepto

Las tierras armadas se generan mediante la compactación de sucesivas bases de tierra, armada con una matriz en forma de malla o jaula metálica, que se sujeta mediante anclajes, tirantes y por presión de las capas compactadas superiores.

Las mallas están compuestas por filamentos de poliéster de alta tenacidad y recubiertas por una vaina protectora de PVC. El frontal o paramento puede estar reforzado con enrejados metálicos, como encofrados perdidos o encofrados de madera recuperable. De este modo, se pueden levantar estructuras sin límite de altura, con pendiente variable hasta una inclinación máxima de 85°, y se obtienen resultados de alto rendimiento y bajo impacto visual, de modo que se logra un equilibrio ecológico con el entorno.

Ventajas

- Rapidez de ejecución
- Gran versatilidad, pues permiten muros de gran altura
- Gran durabilidad gracias a la larga vida útil de los geosintéticos con que se ejecuta
- Seguridad totalmente garantizada, porque se ejecutan con cálculos y diseños contrastados
- Facilidad de vegetación del paramento exterior cuando las condiciones climáticas lo permiten
- Flexibilidad, que garantiza a la estructura la capacidad de absorber los asentamientos diferenciales del terreno manteniendo su integridad
- Permeabilidad del paramento externo, que garantiza el drenaje del terreno

- Especiales características de fonoabsorbencia del paramento externo
- Integración paisajística
- No transmite cargas adicionales al terreno.
- No requiere zapata o cimentación especial, siempre que se apoye sobre un terreno portante.



Aplicaciones y usos

- Refuerzo de taludes
- Estabilización de las bases
- Muros de contención
- Sistemas de refuerzo: muros verdes, canales, diques, embalses...

Sistema técnico:



Fig. 2.57-2.58-2.59-2.60
Sistema técnico de tierra armada

Mantas orgánicas

Concepto

Son tejidos fabricados a partir de fibras naturales de paja, heno y coco, entre-cosidas con mallas de polipropileno. Controlan la erosión, favorecen la implantación de una cubierta vegetal y su aporte adicional de materia orgánica. Aumentan la disponibilidad de agua al mejorar su infiltración y reducir la evaporación.



Figs. 2.61-2.62-2.63
Sistema constructivo
de mantas las
orgánicas



40 cm. de tierra vegetal adobada



Arbusivas en duna



Manta geotextil de protección

Sistema de fijación de las mantas orgánicas

Estos sistemas de fijación son fabricados en acero corrugado de 6 mm de diámetro en forma de 'U', con unas dimensiones estándar de 8 cm de ancho por 15 cm de largo en sus agujas.

Estas grapas permiten fijar eficazmente las mantas orgánicas al suelo en los taludes donde se aplican. Son de fácil colocación y gran durabilidad.

Tipos de mantas orgánicas según su acabado

Existen diferentes clases de mantas orgánicas, en función de las características técnicas más importantes.

Paja 100:

Pendientes del 25-30 %

Baja pluviometría

Degradación: 1 año

Especificaciones técnicas: 300-350 g/m² en rollos de 2,40 x 42 m



Paja

Heno/coco:

Pendientes del 35 %

Pluviometría media

Degradación: 1-2 años

Especificaciones técnicas: 250 g/m² en rollos 2,40 x 50 m
350 g/m² en rollos de 2,40 x 42 m



Heno/coco

Coco:

Pendientes de >50 %

Pluviometría media-alta

Degradación: 2-3 años

Especificaciones técnicas: 250 g/m² en rollos de 2,40 × 50 m
350 g/m² en rollos de 2,40 × 42 m
450 g/m² en rollos de 2,40 × 42 m



Coco

Coco/semillas:

Taludes de pequeñas dimensiones

Cuando la hidrosiembra no es operativa.

Especificaciones técnicas: 300g/m² en rollos de 2,40 × 25 m



Coco/semillas

Diferentes mezclas de semillas de los siguientes géneros: *Lolium*, *Festuca*, *Poa*, *Trifolium*

Aplicaciones y usos

Son idóneas para el establecimiento de una vegetación protectora de la superficie del talud. Su textura y otras propiedades físicas facilitan que las semillas queden retenidas y repartidas uniformemente en la superficie del terreno, y ello promueve su germinación, lo cual es particularmente importante en taludes no rocosos con alta pendiente (Demars *et al.*, 2000; Tyler, 2003; Government of Alberta, 2003). La capacidad de retención de humedad crea unas condiciones óptimas para la fase crucial de germinación y establecimiento de las plantas; por eso son especialmente adecuadas para taludes, donde la clave del éxito de la siembra es superar la fase en que las semillas son muy vulnerables a la erosión.

La coloración oscura de las mantas orgánicas promueve una mayor absorción de radiación y crea un ambiente térmico favorable para la germinación. Por ello, resultan especialmente adecuadas en aplicaciones conjuntas con hidrosiembras, pues minimizan las pérdidas de semillas por erosión y depredación (English, 1997; GSWCC, 2000).

Un espesor delgado como el de las mantas es suficiente para su función protectora del suelo y las semillas, a la vez que permite un buen crecimiento inicial y el enraizamiento de las especies vegetales, tanto sembradas como no sembradas, en el terreno subyacente. Estas nuevas mantas orgánicas presentan una buena capacidad de adherencia a una superficie irregular (Morgan y Rickson, 1995) y promueven su propia autofijación al terreno a través de las especies vegetales porque favorecen su establecimiento, con lo cual constitu-



ye un sistema con aptitudes protectoras sinérgicas muy útil para la estabilización de laderas y taludes.

Instalado sobre la superficie de un talud. constituye un sistema de protección integrado, de manta-vegetación, con una cubierta vegetal diversificada, que puede ser efectivo en el control de la erosión desde fases tempranas y en la estabilización ecológica a largo plazo.

Finalmente, el uso de este sistema de protección integrado no solo presenta efectos geotécnicos favorables, sino que también contribuye a la restauración de la calidad visual y a la integración eficaz de los taludes en el entorno de las infraestructuras de transporte (ATC, 2000).

Fuentes adicionales:

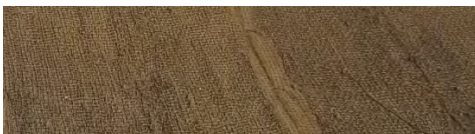
“Siembra en mantas orgánicas: establecimiento de nuevas especies y aplicaciones para la restauración de taludes”, de Javier Montalbo, doctor en Ecología y Medio Ambiente y profesor titular de Ecología del Laboratorio de Ecología Aplicada (UVI); Jorge Durán, licenciado en Biología, del Laboratorio de Ecología Aplicada (UVI), y Patricia Casal, licenciada en Biología, del Laboratorio de Ecología Aplicada y del Departamento de Ecología y Biología Animal de la Facultad de Ciencias (UVI). *Tectónica*, n. 30.

Fig. 2.64
Colocación de la
manta orgánica



Fig. 2.65
Ejemplo de manta
orgánica

Fig. 2.66-2.67-2.68
Colocación de la
manta orgánica



Huertos urbanos

Concepto

Los huertos urbanos y periurbanos son espacios agrícolas, vinculados a los núcleos urbanos, que combinan las funciones productivas asociadas al consumo familiar con finalidades sociales y ambientales.

No se trata de volver al estado natural, sino de crear un paisaje humanizado, basado en el trabajo intenso y el cuidado de la tierra: modelar el terreno, asegurar el riego y el drenaje, controlar el crecimiento de los cultivos y, en definitiva, dirigir todos los esfuerzos a una finalidad de producción para el autoconsumo.

Ventajas

Los huertos son espacios abiertos que pueden cumplir una gran diversidad de funciones, entre las cuales destacan:

La función productiva de autoconsumo. Tradicionalmente, es la razón de ser de los huertos. La eliminación de intermediarios, la desglobalización, reducir las distancias del transporte de los alimentos, la promoción de lo autóctono y el *slowfood*.

La función ambiental-urbanística. Está relacionada con el potencial de los huertos por conservar los valores y las funciones ecológicas, culturales y paisajísticas de los espacios libres, especialmente en los ámbitos periurbanos.

La función social. A través de actividades educativas, lúdicas, terapéuticas, etc., que explican, en buena medida, el renovado interés social por estos espacios.

La función saludable. Los efectos beneficiosos de los huertos sobre el bienestar personal, la salud y la alimentación.

La función cultural. La tradición hortícola forma parte de la cultura popular, del modo de vida y del carácter de cada lugar.

La función estética. A pesar de la diversidad formal de los huertos en las diferentes culturas, generalmente constituyen un referente de variedad, riqueza y armonía, y tienen un papel destacado en el imaginario colectivo de las sociedades urbanas.

En definitiva, una opción que nos permitirá comer mejor, proteger el medio ambiente, practicar un *hobby* y acercarnos más a la naturaleza.





Fig. 2.69
Huerto urbano



Fig. 2.70
Huerto urbano



Desventajas

Todavía no existen estudios que revelen las características del producto cultivado en una atmósfera polucionada y sus efectos en el organismo humano.

Información complementaria. Referencias

Broadacre y F.Ll.Wright, 1935

Frank Lloyd Wright expuso, en 1935, una teoría del asentamiento humano en Broadacre City, la ciudad de los “vastos acres”.

Era lo contrario de la ciudad tradicional y aspiraba a superar la dicotomía ciudad-campo mediante la descentralización y la redistribución urbana en una *red agraria regional*, que buscaba para recuperar el equilibrio del hombre con la naturaleza.

El sistema *no tenía un centro destinado a lo social, como en la ciudad tradicional*, sino que este era ocupado por las viviendas individuales más pequeñas. En el perímetro, se localizaban las pequeñas granjas, un mercado, el centro comunitario, las pequeñas industrias, la sede del condado, pequeños viñedos, un aeropuerto, algunas torres de viviendas y otros equipamientos.

El trabajo profesional se localizaba en la vivienda particular o en pequeños centros especializados cercanos a las viviendas, a una distancia no superior a 10 minutos en automóvil.

Broadacre es un área cuadrangular de 11km², con capacidad para 1.400 familias, aproximadamente, en que cada familia dispone de un acre (4.000m²). Las viviendas individuales han de destinar los acres libres de su terreno a la agricultura. Los pobres –así los denomina explícitamente como grupo– se alojan en unidades mínimas prefabricadas, que amplían a su voluntad con la repetición y por su propio esfuerzo mediante el trabajo. La base de Broadacre es el elemento continuo de la naturaleza. Las reducidas y diversas unidades funcionales se ubican de forma dispersa: agrarias, industriales, comerciales, sanitarias, culturales, residenciales, vinculadas a una importante red regional de rutas terrestres y aéreas. Los avances tecnológicos posibilitan una civilización dispersa (gracias a la electrificación, los transportes mecánicos y la arquitectura orgánica que él concibe). Los aeródromos se ubican estratégicamente en el perímetro, para facilitar la vinculación regional.



Fig. 2.71
Izquierda:
Fotografía aérea
de Broadacre

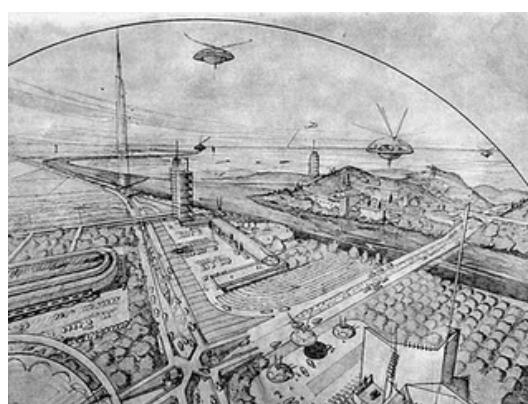


Fig.2.72
Derecha:
Fotografía de
Broadacre



Fig. 2.73
Maqueta de
Broadacre

→ 3



Materiales

3.1 Conceptos generales

M

3.1.1 Concepto de materiales sostenibles para la construcción del espacio público

El término *arquitectura sostenible* proviene de una derivación del término *desarrollo sostenible* (del inglés *sustainable development*) que la primera ministra noruega Gro Brundtland incorporó en el informe “Nuestro futuro común” (*Our Common Future*), presentado en la 42a sesión de las Naciones Unidas en 1987. “El desarrollo es sostenible cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades”, señaló Gro Brundtland en dicho informe, que hacía especial hincapié en que el empobrecimiento de la población mundial era una de las principales causas del deterioro ambiental a escala global. En 1992, los jefes de Estado reunidos en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro se comprometieron a buscar juntos “... las vías de desarrollo que respondan a las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras de satisfacer las suyas”.

Así pues, el concepto de *desarrollo sostenible* se basa en tres principios:

1. El análisis del *ciclo de vida de los materiales*.
2. El desarrollo del *uso de las materias primas y las energías renovables*.
3. La *reducción de las cantidades de recursos, materiales y energía utilizados en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el reciclaje de los residuos*.



Son materiales de construcción sostenibles los que son duraderos y que no requieren demasiado mantenimiento (principio 1), generados con materias primas y energías renovables (principio 2) y utilizando una reducida cantidad de recursos materiales y energía para la extracción de los recursos naturales, su explotación, reutilización y reciclaje (principio 3).

3.1.2 El ciclo de vida de los materiales

Ciclo lineal y ciclo circular:

Fig. 3.1
Ciclo lineal de los materiales

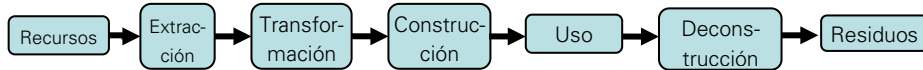
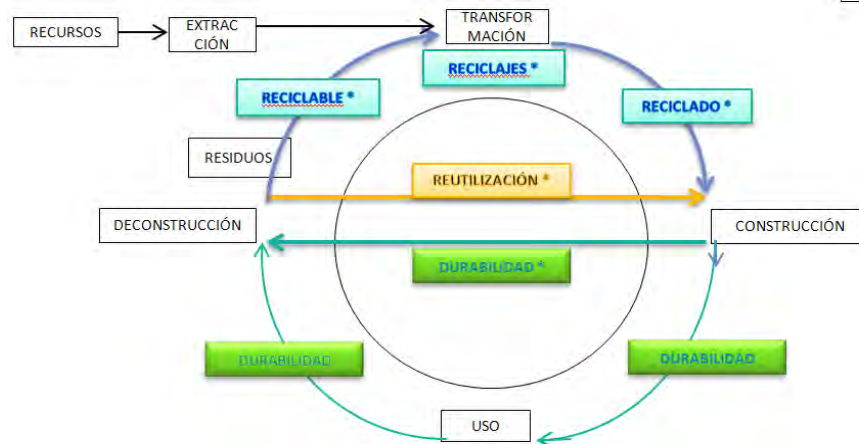


Fig. 3.2
Ciclo circular de los materiales



Ciclo de evaluación de vida. "La evaluación del ciclo de vida completo del producto, el proceso o la actividad, que abarca la extracción y el procesamiento de materiales, su fabricación, transporte, distribución, uso, reutilización, mantenimiento, reciclaje y disposición final." (Sociedad de Medio Ambiente, Toxicología y Química, 1993)

El objetivo de los materiales de construcción sostenible es tener un ciclo de vida circular y «desalinearse» en la medida de lo posible, de acuerdo con la definición de los mismos expuesta en el libro *Cradle to Cradle*, de Michael Braungart y Michel McDonough, cuyos autores proponen un ciclo de vida en que el balance de gastos energéticos sea positivo y la extracción de recursos no exista, puesto que el ciclo de vida se basará en la reutilización y los reciclajes, lo cual permitirá una reencarnación de los recursos. ¿Utopía o realidad? A continuación, veremos que el Gobierno holandés intenta aplicarlo en el mercado.



Los nuevos conceptos que introduce el ciclo de vida circular de los materiales de construcción, respecto del ciclo lineal, son:

- a) *Durabilidad*. Es la vida útil de un material, desde su construcción hasta su deconstrucción. Lo óptimo es que sea lo más larga posible.
- b) *Reciclaje y/o reciclado*

Reciclaje. Es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter una materia o un producto ya utilizados a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto. Es decir, es la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida. Se produce ante la perspectiva del agotamiento de los recursos naturales y para eliminar, de forma eficaz, los desechos

Se pueden producir varios reciclajes, también conocidos como “reciclaje de primer uso”, “reciclaje de segundo uso”, etc.

Reciclado. Es el material que ha sido sometido a un proceso de reciclaje.

En 2010, se aprobó el Decreto (D.89/2010) de gestión de residuos generados en la construcción de edificios, la rehabilitación y la urbanización, que es de aplicación en todo el ámbito autonómico (Cataluña, es un decreto de la Generalitat). En el ámbito estatal se aprobó anteriormente el D.105/2008. Ambos establecen la obligatoriedad de justificar, en los proyectos, cualquiera de las tres actuaciones mencionadas.

- c) *Reutilización*. Cualquiera de las acciones que permiten volver a utilizar un producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente.

El reciclajes e inscribe dentro de la “estrategia de las tres R”: *reducir, reutilizar y reciclar*.

- d) *Reducción*. Cualquiera de las acciones para minimizar la producción de objetos susceptibles de convertirse en residuos.

3.2 Bases de datos de materiales y sistemas constructivos sostenibles para la construcción del espacio público

3.2.1 Cradle to cradleC2C¹

A finales de los años ochenta, Michael Braungart y William McDonough concibieron el *cradle to cradle* (“de la cuna a la cuna”), un principio de diseño inte-

1 Fuente: Michael Braun art y William McDonough, *Cradle to Cradle*, McGraw-Hill, 2002





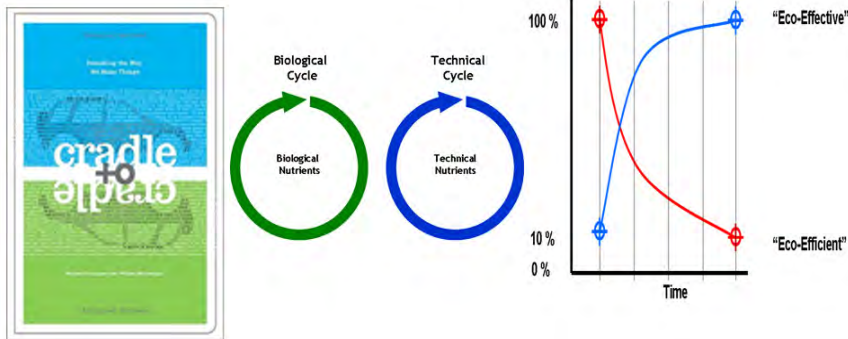
gral que tenía en cuenta el ciclo de vida completo de los materiales, desde su extracción hasta su reutilización y reencarnación. ¿Qué sucedería si, en lugar de ser simplemente sostenibles o ecoeficientes, fuéramos ecoefectivos y generáramos abundancia, invirtiendo el sentido de la culpa hasta convertirla en riqueza? Este es el principio del C2C, que viene a decir que “no basta con ser menos malos, sino hemos de ser buenos”.

En 2002, Braungart y McDonough escribieron el “manifiesto” *Cradle to Cradle*, que llevaba por subtítulo *Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. En él se propone una nueva forma de interpretar el ecologismo, la Próxima Revolución Industrial.

Fig. 3.3
Portada de
Cradle to Cradle

Fig. 3.4
Ciclo biológico y
ciclo tecnológico

Fig. 3.5
Relación entre el
tiempo, la
efectividad y la
eficiencia



En este libro, los autores proponen un *cambio de enfoque*. Reducir el impacto sobre el medio ambiente provocaría una ralentización del mismo, pero se llegaría a un mismo final. Recomiendan que, en vez de reducir los consumos de energía, nos centremos en que, desde el diseño y la concepción de cualquier producto, estrategia o política, se tengan en cuenta todas las fases de los productos involucrados: recursos y extracción (eliminándolos), procesamiento, construcción, utilización, reutilización, reciclaje y procesamiento de nuevo, de manera que no sean necesarios los gastos de energía y que *incluso el balance entre gastos y aportes sea positivo*.

Quizás inspirándose en la utopía del C2C, el ministro de Medio Ambiente de los Países Bajos está desarrollando una estrategia para el aprovisionamiento de las organizaciones gubernamentales basada en el *cradle to cradle* como criterio de compras. De hecho, el 40 % de los beneficios del gas natural se han asignado a investigaciones en *cradle to cradle* para financiar y fomentar esta innovación en las pequeñas empresas que tengan dificultades para realizarla. El éxito del C2C en Holanda es debido al documental *Waste=Food* (“La basura es comida”), realizado por Rob van Hattum en 2006.

Llevado a la práctica, implica que, si un edificio gasta mucha energía con el aire acondicionado y la iluminación, además de optimizar el rendimiento de la maquinaria y promover la instalación de paneles fotovoltaicos, proponen concebir el edificio desde el principio planteándose el aprovechamiento de la ventilación cruzada y de la iluminación natural, para evitar el gasto de energía. De este



modo, incluso el edificio produciría más energía de la que consumiría, se depuraría el agua que pasara por él, etc.

Los conceptos clave de la filosofía "de la cuna a la cuna" están enraizados en la *imitación en la naturaleza* o, más precisamente, en nuestra conexión con ella: *Ciclo de vida de los materiales*. Se cierran por completo los ciclos de los materiales, de modo que en los ecosistemas del planeta no existe la basura. ("la basura es comida").

Reciclaje de los materiales. Nuestras sociedades pueden hacer lo mismo que hacen diseñando todos los productos de modo que los materiales se reciclen en el mismo uso, o bien se reciclen "hacia arriba", es decir, que su siguiente uso tenga más valor que el actual.

Energías renovables. Cuando el aporte de energía se inevitable, se propone utilizar la energía que llega a la Tierra en el mismo lugar (solar) y momento, en lugar de la energía almacenada en materiales procesados en el interior del planeta durante milenios, como son los combustibles fósiles.

Sistema de certificación «MBDC»

C2C ha creado un el sistema de certificación «MBDC» (McDonough Braungart Design Chemistry, www.mbdc.com). Ofrece una visión para orientar el diseño de productos y fabricación, y reconoce diferentes niveles de progreso hacia ese objetivo.

Existen cuatro niveles de certificación de productos: Básico, Plata, Oro, Platino. Con el fin de obtener la certificación a un cierto nivel, un producto tiene que cumplir con los criterios mínimos de dicho nivel en las cinco categorías de criterios: la responsabilidad material de la salud; reutilización de materiales; las energías renovables; el uso y la gestión del agua, y el orden social. Ver http://www.c2ccertified.org/product_certification/standards/basic/v3_0

Básico:

- Todos los productos químicos que componen el material deben estar por debajo de 100ppm (partículas por millón).
- No se utiliza PVC, cloropreno ni productos químicos relacionados en ninguna concentración.
- Todos los materiales y productos químicos han de servir para evaluar la toxicidad para la salud humana y el medio ambiente.
- Se desarrolla una estrategia para optimizar todos los productos químicos problemáticos restantes.
- Todos los materiales se definen como nutrientes técnicos que se reciclan o biológicos que pueden convertirse en abono.





Plata:

- Se cumplen todos los requisitos del nivel Básico.
- Halogenados de hidrocarburos de contenido debe ser inferior a 100 ppm (partículas por millón).
- Tóxico contenido de metales pesados: Pb (plomo), Hg (mercurio), Cd (cadmio), Cr +6(cromo) debe ser inferior a 100 ppm (partículas por millón).
- El grado de reutilización de materiales se mide por una puntuación de Cradle to Cradle, y ésta debe ser superior o igual a 50 para que sea certificada como Plata.
- Se cuantifica la energía necesaria para la fabricación (montaje final).
- Se caracterizan las fuentes de energía y se desarrolla la estrategia para la inclusión de energías renovables.
- Toda la compañía adopta principios o directrices de gestión del agua.

Oro:

- Se cumplen todos los requisitos de los niveles Básico y Plata.
- No hay productos químicos problemáticos (evaluada por MBDC como "RED") en el producto.
- Existe un plan de recuperación del producto para cerrar el ciclo.
- El grado de reutilización de los materiales tiene una puntuación superior o igual a 65.
- En la fabricación, se utilizan las energías renovables en un 50 % (montaje final).
- Se realiza una auditoría para caracterizar y cuantificar el uso del agua.
- Se realiza una auditoría de las prácticas de responsabilidad social corporativa.

Platino:

- Se cumplen todos los requisitos de los niveles Básico, Plata y Oro.
- Se hace una recuperación activa de los productos para cerrar el ciclo.



- El grado de reutilización de los materiales tiene una puntuación de ≥ 80 .
- Se utiliza energía renovable en el 100 % del proceso de fabricación (montaje final) y en el 50 % de la oferta de la cadena de fabricación.
- Implementación de medidas innovadoras para mejorar la conservación del agua y la calidad del agua.
- Se realiza una certificación de responsabilidad social por parte de un tercero.

En esta primera parte de objetivos generales, veremos algunas webs sobre materiales ecológicos (objeto de reducción, reciclaje o reutilización). En la segunda, veremos algún caso de aplicación del *cradle to cradle* al espacio público.

3.2.2 Agenda de la Construcción Sostenible

<http://www.csostenible.net/index.php/ca/productes>

Blog creado por:

- la Unidad de Medio Ambiente y Sostenibilidad del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona
- la Secció de Tecnologia del Departamento de Construccions Arquitectòniques de la UPC
- el Institut Cerdà
- la Asociación de Estudios Geobiológicos (GEA)



El grupo está certificado por la ISO 14001 y EMAS, y forma parte del Club EMAS desde 2006.

Contiene una base de datos de productos de construcción para la edificación y la urbanización (y medios auxiliares), seleccionados con criterios de sostenibilidad. Se pueden buscar materiales etiquetados de tipo I, tipo II y tipo III.





Fig. 3.6
Imagen de la
base de datos de
productos de
construcción de
la página
csostenible.net



3.2.3 Producto Sostenible

<<http://www.productosostenible.net/pags/Productos/Index.asp?cod=8FD41194-6270-4638-9876-53A08029B7ED>>

Productosostenible.net surge del conocimiento adquirido a través de los centros de documentación de las Aulas de Ecodiseño de la Universidad del País Vasco y de Universidad de Mondragón.

Su mantenimiento y publicación son posibles gracias al patrocinio económico y al apoyo de las siguientes entidades:

- IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
- BAI, Berrikuntza Agentzia - Agencia de Innovación
- Diputación Foral de Gipuzkoa
- PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao
- Escuela Politécnica Superior de Mondragón

Fig. 3.7
Patrocinadores
de la página web
www.productosostenible.net





Acreditaciones de la empresa

Los «Premios Europeos de Medio Ambiente a la Empresa», convocados por la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, tienen como objetivo reconocer públicamente aquellas organizaciones que, con su actuación, han contribuido al cumplimiento de los principios del desarrollo sostenible y cuyos esfuerzos puedan ser un ejemplo para otras empresas.

Los premios quieren distinguir aquellas políticas y prácticas, procesos y productos de todos los sectores empresariales de la Unión Europea que ayuden a avanzar hacia un “desarrollo económico y social que no vaya en detrimento del medio ambiente y de las reservas naturales, de cuya calidad dependen el desarrollo y una actividad humana continuada”.

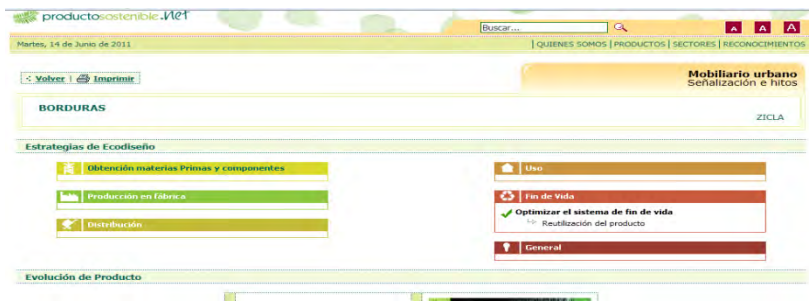


Fig. 3.8
Página web de
productososteni-
ble.net

M

3.2.4 Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia

<http://www.ctav.es/icaro/materiales/materiales_lista_categ.asp?clasificacion=categorias&modo=ecologico>

Este enlace corresponde a una base de datos de materiales de la construcción sostenibles del Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. Ofrece una valoración ecológica (a continuación, se exponen los parámetros) y económica, así como información de las empresas que fabrican los productos.



Fig. 3.9
Página web del
Colegio Territorial
de Arquitectos de
Valencia



Los materiales se valoran conforme a los criterios siguientes:

Valoración ecológica

Se valora si la materia prima es renovable (MPR) o no (MPNR), si el material es reciclable (RCB) o no (NRCB), si el material es reciclado (RCD) o no (NRCD), si la energía contenida (ENRG) de producción y transporte es alta o baja, si el grado de pureza o mezcla con distintos materias primas (%AÑ) es alto o bajo, si el factor de industrialización (FIND) en la producción y la instalación es importante o no, o si la vida útil (VUTIL) es larga o no.

Valoración económica

Se valora si el producto tiene un grado de comercialización (FCOM) alto o bajo, si su precio homologado (PHOM) en el mercado es un inconveniente para su aplicación o no, si la política empresarial (PEMP) es respetuosa con el medioambiente en todos sus productos o solo en algunos, si el coste añadido de su colocación (CCOL) es alto o no, o si se respetan las condiciones humanas (CHUM) en la empresa o no (presencia de elementos volátiles, tóxicos, existencia de un sistema de seguridad social)

Cada uno de estos criterios se valora con un 1 (en caso positivo) o con un 0 (en caso negativo). Sobre esta valoración, se aplica un factor de corrección de la importancia, con arreglo a la tabla siguiente:

× 2: MPR y FCOM

× 1,5: RCB, RCD y PHOM

× 1: ENRG, %AÑ, FIND, VUTIL, PEMP, CCOL y CHUM

La suma de sus valores ecológicos, junto con la suma de sus valores económicos, indica su posición en la tabla E+E.

Para las instalaciones y los sistemas constructivos, se aplica un valor ecológico estándar de 3, pues se supone que todos elementos tienen en cuenta el consumo energético (1) o que su pureza no se puede valorar (0), que son elementos industrializados (1) y que tienen una vida útil larga (1), o bien que no son elementos renovables (0), ni reciclables en conjunto (0), ni reciclados (0).

Para los elementos objeto de investigación, que aún no están en el mercado, se aplica un valor económico estándar de 2, pues se supone que son elementos desarrollados por empresas interesadas en el medioambiente (1) y que se



respetan las condiciones humanas en su producción (1), aunque no puede opinarse sobre su precio homólogo (0) ni sobre su precio de colocación (0), y seguramente que no son elementos comercializados (0).

Ecológicas							Ecol. Total	
MPNR	RCB	RCD	ENRG	% Añ	F.Ind	V.Util		
x2	x1,5	x 1,5	x 1	x 1	x 1	x 1	7	 77%
0	1,5	1,5	1	1	1	1		

Económicas					Econom. Total	
FCOM	PHOM	CCOL	PEMP	CHUM		
x2	x1,5	x1	x1	x1		
2	1,5	1	1	1	6,5	 92%

Fig. 3.10 Factores de valoración ecológica y valoración económica de los productos en función de varios factores.

3.2.5 InsMed

<<http://marketplace.insmed.eu/>>

El InsMed fue un proyecto de cooperación territorial europea del Programa MED, realizado entre 2009 y 2012. Se trata de un *marketplace* basado en la cadena de valor, disponible en <www.marketplace.insmed.eu>.

Los objetivos del InsMed eran estructurar un clúster de ecodiseño y construcción, y difundir las tecnologías innovadoras relacionadas con ello en el área euromediterránea. El proyecto se basaba en la cadena de valor, reflejada en un «mercado» electrónico donde aparecen todos los profesionales necesarios para el proceso de ecoconstrucción.

La ecoconstrucción tiene en cuenta el impacto medioambiental de los edificios, su diseño y su utilización, o la explotación de la demolición. Entre los temas estrechamente vinculados a la ecoconstrucción, en particular en las regiones mediterráneas, destacan la gestión del agua y la gestión de los recursos naturales escasos y amenazados.

Para alcanzar estos objetivos, el proyecto se desarrolló en forma secuencial:

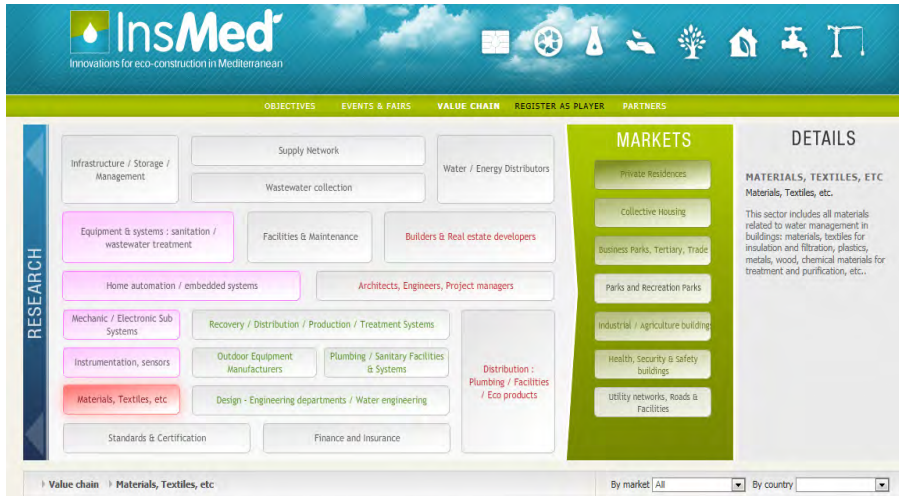
Inventarios y metodología de evaluación y pruebas piloto: apoyo, valorización y capitalización.

Cada socio del InsMed es responsable, de acuerdo con sus competencias específicas, de las diversas fases de los proyectos. Se empieza con la identificación de las mejores prácticas en el diseño ecológico de los edificios (verticales) y los sistemas de carreteras.





Fig. 3.11
Página web del
InsMed



3.3 Sistemas constructivos, ordenados en función de los materiales utilizados²

3.3.1 Vidrio reciclado

Alcorque

Concepto

El alcorque drenante se realiza con SDU, material cuya composición incorpora vidrio reciclado procedente de la recogida selectiva, sulfatos de alabastro y resinas), separando las impurezas y pigmentando la masa, para lograr un acabado liso similar a la textura de la piedra o del mármol.

Características

- Pavimento de drenaje y base con el 30 % de vidrio reciclado
- Perfil de soporte angular galvanizado y hoja inoxidable

Ventajas

- El mantenimiento es nulo.
- Asegura la transpiración del árbol.
- Garantiza la absorción del agua (300 l/m²/s)

² Empresa: ZICLA <www.zicla.com>



- Colabora en la supresión de las barreras arquitectónicas
- Aprovecha óptimamente el espacio de la acera
- Ofrece una solución higiénica gracias a su limpieza superficial
- Es autorreciclable
- Es de bajo coste

Sistema técnico³

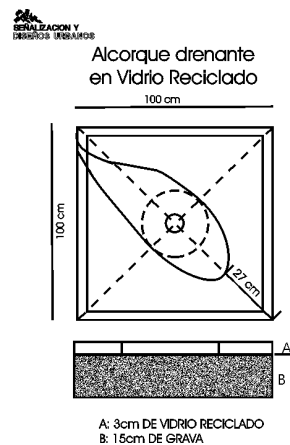


Fig. 3.12
Medidas, sección constructiva y ejemplo de alcorque con vidrio reciclado

M

Bancos

Concepto

Banco fabricado con vidrio reciclado, sulfatos, polvo de alabastro y resinas.

Características

Banco de estructura y respaldo metálicos, y asiento de SDU. La originalidad de este banco no reside tanto en su forma como en los materiales del asiento, procedentes de vidrio reciclado en un 20-30 %, y de sulfatos, polvo de alabastro y resinas. Este nuevo material presenta gran resistencia a los ácidos y a los productos corrosivos. Sus excelentes condiciones de moldeo permiten obtener distintas formas, tonalidades y texturas.

Dimensiones

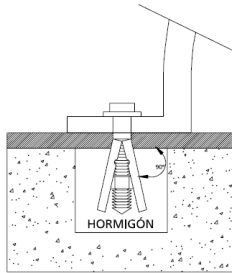
3 Empresa: Señalización y Diseños Urbanos S.A



Altura: 41 cm en el asiento
81 cm en el respaldo
Longitud: 238 cm
Profundidad: 64 cm

Sistema de fijación

Fig. 3.13
Detalle del
sistema de
fijación de los
bancos



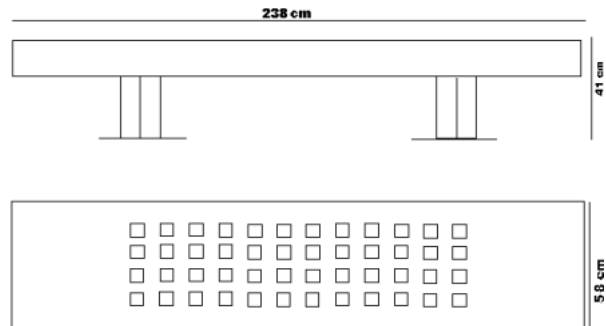
Especificaciones técnicas y planta y alzado

Materiales:

Patas de chapa metálica de 1cm de grosor y 20 cm de ancho, soldada formando cruz sobre una pletina de Æ 40 cm de acabado galvanizado. Asiento rectangular con perforaciones cuadradas, fabricado mediante molde con SDU, material compuesto de vidrio reciclado (20-30 %), sulfatos o polvo de alabastro y resinas. El respaldo es de chapa metálica, plancha *de ployé* y acabado galvanizado, y es opcional.

Son modulares: se pueden unir formando hileras con respaldo continuo, discontinuo y sin respaldo.

Fig. 3.14
Sección y planta y
fotografía ejemplo.





Caucho

Pavimentos de seguridad

Concepto

Baldosa flexible para pavimentos de seguridad.

Loseta de 1.000 × 500 mm elástica monocapa prefabricada, producida con gránulos de caucho de neumático reciclado, pigmentos y resinas de poliuretanos.

Características

Disponible en:

- colores: negro, rojo óxido y verde óxido
- 3 espesores: 20 mm, 40 mm y 60 mm
- 3 formatos: normal, biselada y esquinera

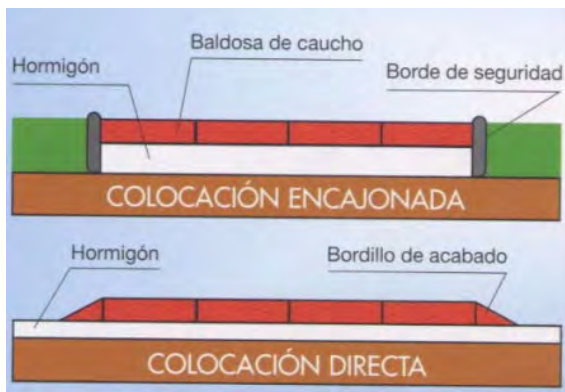


Fig. 3.15
Detalle y características del pavimento de seguridad

M

Aplicaciones y usos

- Zonas de juegos infantiles
- Zonas deportivas
- Suelos industriales (carga, vibraciones)
- Bordos de piscinas
- Áreas de escalada



Propiedades

Pavimento flexible y absorbente de impactos, que limita los riesgos de accidentes en áreas de juegos infantiles.

Fig. 3.16
Fotografía de un
pavimento
flexible



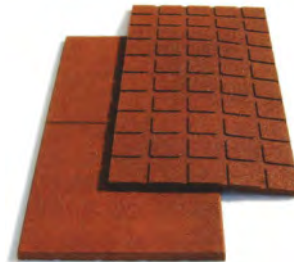
Composición

100% granza de caucho reciclado de neumáticos usados

Ventajas

- Alta durabilidad y bajo mantenimiento
- Fácil de instalar
- Drenante
- Antideslizante

Fig. 3.17
Formato de
distribución



Documentación complementaria

Certificaciones: Norma EN 1177:1997 Absorción de impactos ISO 9001:2000. Distintivo de Garantía de Calidad Ambiental.

País de producción: España

Año de la primera producción: 2002

Ahorro de CO₂equivalente: a partir de 11,34 kg de CO₂ahorrados por cada kg de neumático (equivale a 58 km recorridos en un coche convencional)



3.3.2 Plástico reciclado

Concepto

Se trata de un nuevo material reciclado que ofrece una solución integral al tratamiento de los *briks* y de los envases de plástico posconsumo, obtenidos de la recogida selectiva municipal en España.

Del reciclaje de los *briks* y de los envases de plástico se obtiene un plástico endurecido con el cual se puede fabricar desde mobiliario urbano, industrial y residencial (bancos, papeleras o suelos) hasta elementos de decoración (pérgolas y jardineras). El pavimento obtenido tiene la ventaja de que no necesita ningún mantenimiento y que puede ser manipulado y cortado como si de una madera se tratara.

Aplicaciones y usos

- Bancos
- Contenedores
- Papeleras
- Suelos

M

Composición: 100% poliestireno y polipropileno

Propiedades y ventajas

- Impermeable: no se empapa ni se deteriora bajo el agua.
- Resistente a la humedad.
- Resistente a la intemperie: inalterable bajo cualquier condición meteorológica: heladas, UV (según ISO 4892-3). Coeficiente de dilatación térmica: $10^{-4} 1/^{\circ}\text{C}$
- Imputrefascible: nunca se pudre al aire, ni bajo agua ni bajo tierra.
- Resistente a la corrosión: no se corroe por acción del agua de mar, ácidos, álcalis y otros productos químicos.
- Resistente a los microorganismos: termitas, hongos.
- Mejor comportamiento que la madera ante el fuego y la abrasión: no se agrieta ni se astilla.
- Reciclable al 100 %.



- Certificaciones: Distintivo de garantía de calidad ambiental
- Ahorro de CO2 equivalente: a partir de 1,5 kg de CO2 ahorrados por cada kg de plástico (equivale a 7,7 km recorridos por un coche convencional)

Bancos

Concepto

Bancos urbanos para la vía pública, fabricados con planchas y perfiles de plástico reciclado extruido y resistentes a la intemperie. Los perles son adaptables a cualquier diseño ya existente.

Características

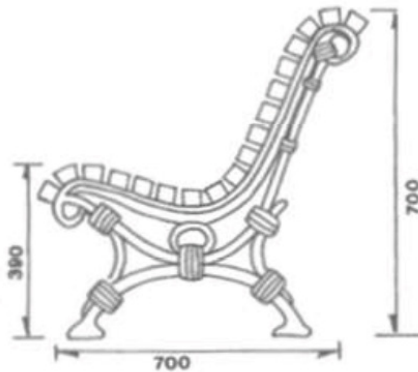
Fig. 3.18
Fotografía de un
banco urbano



Fig. 3.19
Material



Fig. 3.20
Sección y
dimensiones.

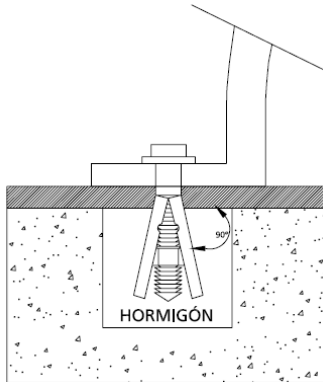


Dimensiones y sección

- Longitud: 1,8m
- Medidas: 180 x 70 x 70 cm
- Peso: 63 kg



Fig. 3.21
Sistema de
fijación



Contenedores⁴

Concepto

El contenedor para la recogida de residuos Ecocombi de la empresa RotecPlastics cuenta con el *Distintiu de Garantia de Qualitat Ambiental*, otorgado por la Generalitat de Catalunya, en la categoría de productos de plástico reciclado.

Es fruto del Área de Investigación y Desarrollo de RotecPlastics.

Es el único contenedor del mercado en que *más del 50 % se ha fabricado a partir de material reciclado*.

Ecocombi responde a las características de un sistema que permite obtener distintos contenedores, específicos para cada tipo de residuo, a partir de piezas que se combinan entre sí modularmente.



Fig. 3.22
Piezas que se
combinan entre
sí modularmente

Fig. 3.23 Conte-
nedor adaptado a
los minusválidos

4 Empresa: Reciclado de Brik de Baleares, S.A.<www.maplar.com>

Fuentes: <www.ctav.es> y www.productosostenible.net



Especificaciones técnicas

- Elaborado en un 85% del peso con plástico reciclado (polietileno de alta densidad), gracias a la utilización de colores oscuros.
- Su ensamblaje mediante clipajes permite la rápida reposición de las piezas. Además, se ha diseñado de modo que pueden utilizarlo minusválidos y discapacitados. No contiene elementos tóxicos como Pb, Cd, Cr (VI) y Hg en tintes, colorantes, colas y otras sustancias.

Pavimentos⁵

Concepto:

De la reutilización del Tetrabrik y de los envases de plástico se obtiene un plástico endurecido, denominado MAPLAR (material plástico reciclado), con el que se puede fabricar desde mobiliario urbano, industrial y residencial hasta elementos de decoración.

La empresa Reciclado de Brik de Baleares, S.A, cuenta con el sello ANAB-IBN, la marca italiana para productos bioecológicos certificada por la Associazione Nazionale Architettura Bioecologica (ANAB).

Ventajas. Parámetros de sostenibilidad:

- Fabricado con recursos renovables
- Reciclaje: residuos de reciclaje secundario
- Consumo energético: proceso de fabricación de bajo consumo energético
- Materiales: no precisa colas para su fabricación, ya que es el polietileno que se encuentra en los envases Tetrabrik el que actúa de aglomerante, al fundirse tras colocar los envases previamente troceados en una prensa de calor
- Fabricado con material reciclado de Tetrabrik
- Contaminantes: baja emisión de compuestos orgánicos volátiles

⁵ Empresas: ZICLA<www.zicla.com> y Reciclado de Brik de Baleares, S.A.<<http://www.gid.uji.es/ecowigid/?q=node/289>>

Fuente: Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia www.ctav.es



Fig. 3.24
Ejemplos de
formato y
aplicación

Ecológicas							Ecol. Total	
MPNR	RCB	RCD	ENRG	% Añ	F.Ind	V.Util		
x2	x1.5	x 1.5	x 1	x 1	x 1	x 1	7	77%
0	1,5	1,5	1	1	1	1		

Económicas					Econom. Total	
FCOM	PHOM	CCOL	PEMP	CHUM		
x2	x1.5	x1	x1	x1		
2	1,5	1	1	1	6,5	92%

Fig. 3.25
Ventajas ecoló-
gicas y económi-
cas

Papeleras

Características:

- Sección: 40 × 40 cm
- Altura: 72 cm
- Peso: 30 kg
- Capacidad: 40 litros

Áridos reciclados:

- Áridos para la construcción de subbases



Fig. 3.26
Material



Fig. 3.27
Ejemplo de
papelera



Especificaciones técnicas:

- Composición: 100% poliestireno y polipropileno
- Impermeable: no se empapa ni deteriora bajo el agua resistente a la humedad
- Resistente a la intemperie: inalterable bajo cualquier condición meteorológica (heladas, UV, según la ISO 4892-3). Coeficiente de dilatación térmica: 10^{-4} 1/°C



- Imputrescible: nunca se pudre al aire, bajo agua o bajo tierra
- Resistente a la corrosión: no se corroe bajo la acción del agua de mar, los ácidos, los álcalis y otros productos químicos
- Resistente a los microorganismos: termitas, hongos
- Comportamiento mejor que el de la madera ante el fuego y ante la abrasión; no se agrieta; no se astilla
- Reciclable 100 %
- Durabilidad: alta
- Mantenimiento: no necesita
- Certificaciones: Distintivo de Garantía de Calidad Ambiental
- País de producción: España
- Año de la 1ª producción: 2005,CEMITEC Centro Multidisciplinar de Tecnologías
- Ahorro de CO₂equivalente:a partir de 1,5 kg de CO₂ equivalente ahorrados por cada kg de plástico (equivale a 7,7 km recorridos por un coche convencional)

3.3.3 Moqueta de automoción⁶

Paneles fonoabsorbentes

Concepto

Pantallas acústicas de altas prestaciones, fabricadas a partir de materiales 100 % residuales, cuidadosamente seleccionados y acondicionados para su conformado en placas.

Las pantallas acústicas ECOPLAK son sistemas modulares fonoabsorbentes que combinan la propiedad aislante con la absorción del sonido y así mejoran la eficacia global de la barrera.

Están formadas por placas autoportantes y resistentes a la intemperie, de gran flexibilidad para adaptarse a diferentes diseños y soluciones constructivas. Por



Fig. 3.28
Ejemplo de panel fonoabsorbente

⁶ Empresas: ZICLA<www.zicla.es>yATRI, S.L



tanto, ofrecen una alternativa atractiva e innovadora a las soluciones más tradicionales.

Composición: 100 % triturado de moqueta de automoción

Origen: residuos de la fabricación de moquetas para la automoción

Valor ambiental: 2.000 m² de pantalla acústica permiten recuperar 80 toneladas de moquetas de coches

Características

- Acústica: alta eficacia, con dos caras absorbentes
- Reciclaje: producto 100 % reciclado
- Mantenimiento: superficie poco atractiva para los grafitis. No necesita mantenimiento
- Instalación y montaje: concepción modular
- Componentes: rigidizadores de plástico reciclado

M

Usos y aplicaciones

- Corrección del impacto acústico en carreteras, autopistas, vías férreas, vías urbanas, industrias y zonas de obras

Información complementaria

- Certificaciones: Distintivo de Garantía de Calidad Ambiental, ensayos acústicos UNE-EN (Applus)
- País de producción: España
- Año de la 1ª producción: 1999

Cradle to cradle. Barrera de sonido (eco soundbarrier)⁷

Concepto

Es un producto revolucionario que se basa en más de 100 años de experiencia en ingeniería, fabricación y desarrollo de tecnologías que satisfagan las necesidades de un mercado consciente de los costes.

Elaborado con una piel de acero resistente y un núcleo compuesto ligero, el coste de fabricación e instalación de este nuevo producto es un tercio del coste de los métodos tradicionales –sin sacrificar la calidad o la durabilidad–, y el

7 Empresa: Centria www.centria.es



23 % de su contenido es reciclado. Los paneles vienen en longitudes y anchos estándar, pero puede personalizarse para cualquier proyecto. El coeficiente de transmisión de sonido cumple con todas las normas del Gobierno y las normas de sonido-reflexión sector del transporte.

Sistema técnico

Su instalación se realiza entre acero o columnas de hormigón. Los paneles son muy ligeros y fáciles de instalar, por lo que se puede colocar sin el uso de los métodos tradicionales de fijación mecánica. En consecuencia, el proceso de construcción dura mucho menos tiempo. Una mano de obra con experiencia de cinco personas puede construir una barrera de sonido en aproximadamente 15-20 minutos.

Fig. 3.29
Sistema técnico de la barrera de sonido



Fig. 3.30
Certificado Silver de Cradle to Cradle



3.3.4 Áridos reciclados

Áridos para la construcción de subbases⁸

Concepto

Se trata de un granulado para la realización de subbases de carreteras, sistemas drenantes de muros de contención o cubiertas, que se obtiene a partir de residuos pétreos procedentes de la deconstrucción.

La deconstrucción consiste en el desmontaje de la edificación de manera inversa al proceso constructivo, realizando una separación selectiva de los materiales de los cuales se pueda conseguir una valorización. Los residuos pétreos son machacados en la propia obra mediante una machacadora móvil que permite controlar la granulometría a obtener.

Proceso de reciclaje

8 Empresas: URCOTEX <www.urocotex.com> y Voladuras & Demoliciones <www.voladuras-y-demoliciones.com>



1. Mediante un enfoque y una planificación adecuados de los trabajos, se realiza una *separación en origen*.

2. Con *grupos móviles de trituración y clasificación automarchantes* de VD, se realiza el reciclaje de los materiales pétreos de la demolición (hormigón, cerámicos y mampostería) o de los procedentes de las excavaciones.

3. Se consigue así un *árido artificial reciclado de alta calidad*, adecuado para compactaciones, rellenos, viales, drenajes, etc., que puede ser empleado en la misma obra o comercializarse en otros puntos.



Fig. 3.31
Separación de áridos

Fig. 3.32
Trituración y machaque de áridos

Fig. 3.33
Trituración y machaque de áridos

Fig. 3.34
Árido artificial reciclado

M

Ventajas

- El pétreo obtenido cumple con las exigencias técnicas del *Pliego General de Carreteras* (PG-3).
- Este método de obtención de pétreos tiene la ventaja de que elimina el impacto ambiental producido con la extracción de los áridos en la cantera.
- Además, ahorra los transportes hasta el vertedero y los derivados de las nuevas aportaciones, con lo cual se evita la contaminación que estos producen.
- El ahorro económico que supone evitar el vertido de los residuos generados por un derribo de tipo tradicional hace que esta práctica también resulte muy atractiva para las empresas de demolición.



Fig. 3.35
Ejemplo del
material



Fig. 3.36
Proceso de
fabricación



Fig. 3.37
Ventajas ecológicas
y económicas

Ecológicas							Ecol. Total	
MPNR	RCB	RCD	ENRG	% Añ	F.Ind	V.Util		
x2	x1,5	x 1,5	x 1	x 1	x 1	x 1	7	77%
0	1,5	1,5	1	1	1	1		

Económicas					Econom. Total		
FCOM	PHOM	CCOL	PEMP	CHUM			
x2	x1,5	x1	x1	x1		3,5	61%
0	1,5	1	1	0			

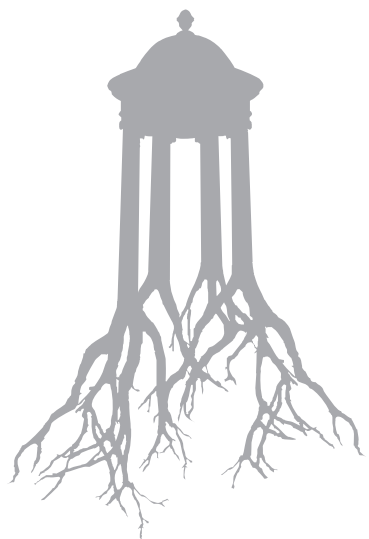
Normativas

Normativa española sobre residuos y reciclaje:

- Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006.
- Orden Circular 8/2001 sobre reciclado de firmes: el reciclado de firmes existentes comprende una serie de técnicas constructivas, tendentes al aprovechamiento integral de materiales envejecidos de firmes y pavimentos que, desde la crisis energética de los años sesenta, vienen empleándose cada vez más en la rehabilitación estructural de los firmes de carretera.
- Decreto 89/2009 sobre la gestión de los residuos.

Normativa autonómica sobre residuos y reciclaje:

- Plan de Gestión Integrada de los Residuos de Construcción y Demolición de la Comunidad de Madrid 2002-2011
- Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana
- Programa de Residuos de Cantabria 2005-2010
- Plan Integrado de Gestión de Residuos de Navarra
- Pla director sectorial per a la gestió dels residus de construcció-demolició, voluminosos i pneumàtics fora d'ús de l'illa de Mallorca



→ 4



Energía

4.1 Conceptos generales

4.1.1 Plan de Fomento de las Energías Renovables en España (2000-2001)

El desarrollo de las fuentes renovables de energía es uno de los aspectos claves de la política energética nacional, por las siguientes razones:

- Contribuyen eficientemente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular del CO₂.
- La mayor participación de las energías renovables en el balance energético disminuye nuestra dependencia de los productos petrolíferos y diversifica nuestras fuentes de suministro al promover recursos autóctonos.

La política española de estas energías está contenida en el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España (2000-2001), aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros de 30 de diciembre de 1999. En el citado Plan, se incluyen los siguientes tipos de energías:

De generación eléctrica:

- Eólica
- Hidroeléctrica (<superior a 10MW y de 3 a 10MW:solar termoeléctrica)
- Solar fotovoltaica

De aprovechamiento térmico:

- Solar térmica de baja temperatura





- Biomasa
- Biogás
- Biocarburantes

Valorización energética de los residuos sólidos urbanos

4.1.2 Energías renovables que pueden aplicarse en un proyecto de urbanización redactado y dirigido por un arquitecto

Las energías renovables aplicables al *espacio público* y sobre las que un *arquitecto* puede tener competencias para incluirlas en un proyecto de urbanización redactado por él y dirigido por él son las relacionadas con la *generación de la energía eléctrica producida por la energía solar fotovoltaica*.

También se han incluido en los objetivos específicos la energía eléctrica producida por la energía mecánica (es el caso del *windbelt*) o por los sensores piezoeléctricos. El uso de un tipo específico de tecnología para la iluminación (por ejemplo, los LED), si contribuyen a la disminución del consumo eléctrico, son también objeto de este estudio en el análisis específico de los elementos constructivos para el espacio público.

4.2 Sistemas constructivos¹

4.2.1 La energía solar fotovoltaica

El *solar tree* (batería bajo farola y banco)

Concepto: *solar tree*

Las farolas solares responden al concepto de iluminación ecológica.

Una farola solar es una farola tradicional a la cual se añade un panel solar fotovoltaico, una batería y una luminaria de bajo consumo, adaptadas para funcionar con energía solar. En este caso, lo han puesto en práctica: Artemide, Ross Lovegrove y Sharp Solar, el principal fabricante mundial de células solares.

Usos y aplicaciones

En la base del *solar tree* se encuentra la batería de almacenaje, que queda revestida por una estructura de banco.

Características y especificaciones técnicas

¹ Empresa y fuente: Artemide<www.artemide.it>

La estructura consiste en postes de acero curvado de diferentes diámetros, con una altura total de 5,5 m.

Cada uno de los diez "tallos de hierba" (\varnothing 40 mm) tiene un LED de 1 W en su extremo, protegido por una lente de PMMA (polimetilmetacrilato). Las diez cabezas, que están cubiertas por las células fotovoltaicas, son postes compatibles de 76 mm de diámetro, con 20 LED blancos de 1 W cada uno que se encuentran en la parte inferior de cuatro de estos polos en un difusor de aluminio; una lente de PMMA los mantiene en su lugar.

La base es de hormigón armado.

La conexión eléctrica y la caja de control están ubicadas en plástico a los pies de la base, y consisten en:

- 2 baterías de 12 V-240 Ah
- Cable de la caja de conexiones para los diez paneles solares
- Cable de la caja de conexiones para los diez cabezales de LED y cuatro lámparas LED
- Los controles electrónicos para el cargador de la batería electrónica de alimentación para la conexión a la red de alumbrado público
- Los controles electrónicos para los cabezales de LED y las lámparas



Figs. 4.1 y 4.2
Ejemplo de solar
tree

Características y especificaciones técnicas



LED

Fuerza de cada cabezal.....	22 W
Flujo luminoso de cada cabezal.....	1.250 lm
Temperatura de color	6.000 K
Paneles solares	
Tensión.....	12 V
Pico de potencia de cada panel.....	38 W

Funcionamiento

El *solar tree* está diseñado para funcionar tanto de forma autónoma como sincronizado con la red pública.

Cuando funciona de forma autónoma (no relacionada con la red eléctrica), utiliza la energía generada por los paneles solares en el día para recargar las baterías.

Al atardecer, mediante un reconocimiento automático por un control del panel solar, las fuentes LED se activan y permanecerán encendidas hasta el amanecer (o hasta que las baterías se mantengan).

El *solar tree* es capaz de funcionar durante tres años consecutivos aunque habitualmente esté nublado.

En el caso de bajas reservas de corriente en los acumuladores, el *solar tree* reduce automáticamente su rendimiento luminoso.

Programas

Prog0 (de serie): garantiza una iluminación media de 8 lux mediante un regulador interno que mantiene las fuentes de LED al 25 % de la máxima potencia, desde el atardecer hasta el amanecer (o agotamiento de existencia (de batería)).

Prog1 (event1): proporciona una iluminación del 100 % de la máxima potencia (33 lux) desde el atardecer hasta el amanecer (o si se produce el agotamiento de la reserva). Al amanecer vuelve automáticamente al Prog0.

Prog2 (event2): proporciona una iluminación del 100 % de la máxima potencia (33 lux) desde el atardecer hasta el amanecer (o si se produce el agotamiento

de la reserva actual), con la opción de convertirlo en infrarrojos, Al amanecer vuelve automáticamente al Prog0.

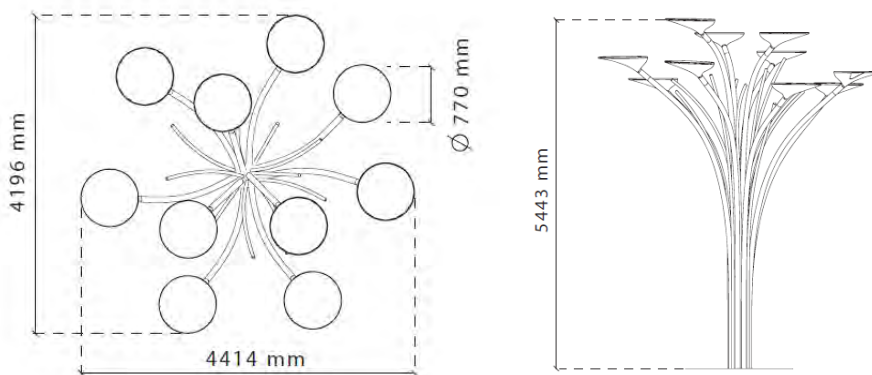


Fig. 4.3 y 4.4
Sección y alzado del
solar tree

Nota: 4 cabezales (80 LED) al 25 % de potencia: iluminación media $E_m = 8$ lux; 4 cabezales (80 LED) al 100% de potencia: iluminación media $E_m = 33$ lux

Iluminación (farolas solares)²

E

Concepto

Las farolas solares son el nuevo concepto de iluminación ecológica. Una farola solar es una farola tradicional a la cual se añade un panel solar fotovoltaico, una batería y una luminaria de bajo consumo, adaptadas para funcionar con energía solar.

Usos y aplicaciones

Son aplicables a iluminaciones públicas (calles, plazas, parques, jardines y espacios naturales) y privadas. Las farolas solares como centro de generación eléctrica son una alternativa al alumbrado público convencional.

Características

- Con la utilización de los módulos solares fotovoltaicos, podemos generar corriente eléctrica allí donde se necesite: las farolas solares no necesitan estar conectadas a una red eléctrica.

² Empresas: Benito<www.benito.com>, ACPSOL<www.acpsol.com>, G&C Energía Solar <www.gycsolar.com>elSOFOTON<www.isofoton.com>



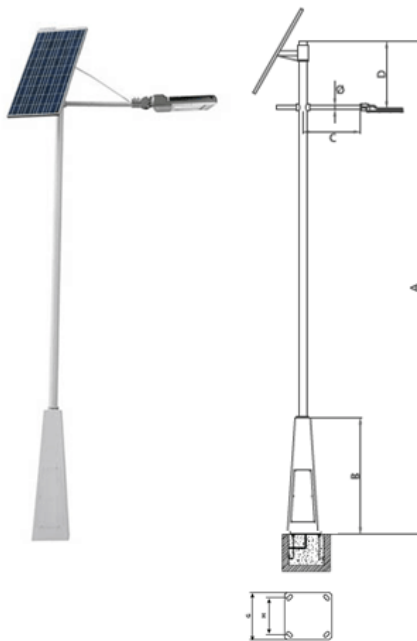
- El período de encendido y apagado es completamente programable, puede adaptarse a lo largo del año y consigue un mayor ahorro energético.
- Tienen una altura de punto de luz de 3 a 5,50 m (*vid. Benito*).
- La potencia de iluminación es equivalente a la de una farola convencional, ya que se utilizan luminarias de bajo consumo.
- La rentabilidad de la instalación de farolas solares se manifiesta desde el principio del proyecto, pues no es necesario presentar un visado con las características exigidas a las compañías suministradoras. Tampoco es necesaria la cesión de los derechos y privacidad de las nuevas líneas, a las compañías suministradoras, que paga el cliente.

En numerosas ocasiones, el desplazamiento de una línea eléctrica a puntos lejanos supone una inversión superior al presupuesto total del alumbrado solar.

- tensión de salida: 24 V DC y 2 baterías de 12 V de 50 Ah cada una
- fijación: pernos de anclaje M22 × 700 mm
- panel fotovoltaico cristalino de 135 Wp. La columna incorpora un soporte orientable para la fijación del panel fotovoltaico y la base está preparada para albergar las baterías y el regulador de carga de las mismas.

Fig. 4.5
Partes de una
farola solar

Fig. 4.6
Sección de una
farola solar



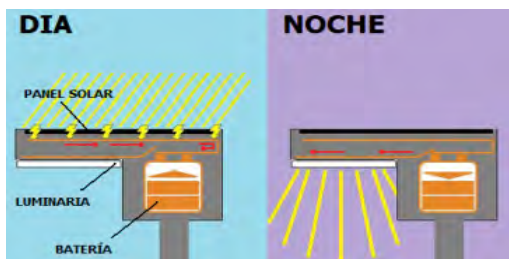


Fig. 4.7
Funcionamiento de una farola solar

Pernos de anclaje: Ejemplo:

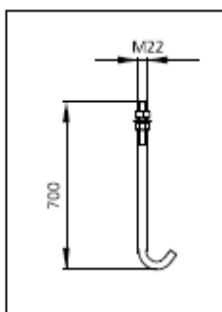


Fig. 4.8
Pernos de anclaje

Fig. 4.9
Ejemplo de farola solar

Ventajas

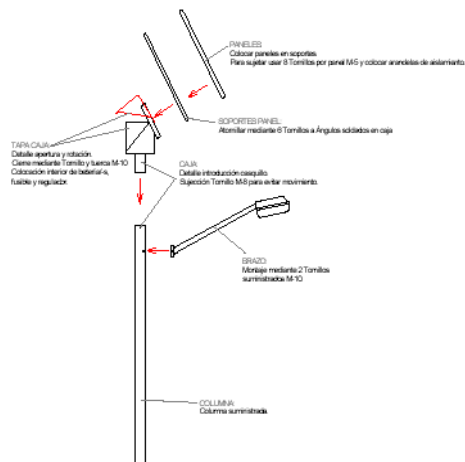
- Evitan grandes emisiones de gases de efecto invernadero.
- Evitan los gastos de la acometida eléctrica, la conexión con las líneas de electrificación, sí como los gastos de canalizaciones, cableados, centros de transformación, contadores y proyectos para las compañías eléctricas suministradoras.
- Su instalación es simple y rápida, pues solo hay que realizar la zapata de enganche en la base de la farola, sin necesidad de más obras de enganche a red.
- El consumo energético es nulo y contribuimos a evitar la contaminación lumínica.
- Al funcionar a 12 V, no hay riesgo de descarga eléctrica.
- Se pueden diseñar y adaptar a las necesidades de cada usuario, fabricándolas con el material que el cliente desee (acero galvanizado, fundición o acero inoxidable).
- La facilidad de acceso al control horario y a la batería evitan tener que utilizar medios elevadores mecánicos para sus controles.



- El panel solar y la batería tienen protección antirrobo en todas las versiones.
- Se encienden y se apagan automáticamente en cuanto detectan que baja la intensidad de luz del Sol, y se apagan una vez transcurridas las horas programadas.
- Pueden estar encendidas de 2 a 12 h sin necesidad de mantenimiento durante años, en función del modelo.
- El panel tiene una vida útil estimada de 25 años y las baterías, de 8 a 10, dependiendo del modelo.

Fig. 4.10
Ejemplo de farola solar

Fig. 4.11
Partes que componen
la farola solar



4.2.2 Señalización

Señales de tráfico solares, reforzadas con panel solar y batería³

Señales dotadas de LED, que refuerzan la visión de la señal en la oscuridad.

Características

- Puntos de luz con un amplio ángulo de visión.
- Electrónica de control protegida de la intemperie.
- Alimentación por energía solar de consumo reducido.
- Caja metálica electrónica de control de la señal solar con alojamiento en su interior para la batería-acumulador.

³ Empresas: Serviyuntamientos.com
<www.serviyuntamientos.com>yPansogal<www.pansogal.com>

El panel solar tiene incorporado un sensor de luz que detecta automáticamente la ausencia de la luz. Entonces, el módulo activa los LED de la señal de tráfico, que permanece encendida hasta que la sonda percibe la luz y desconecta los LED automáticamente.

Una caja de control en el interior permite regular de intensidad de los LED, el horario y los días de encendido.



Fig.4.12
Ejemplo de señales de tráfico solares

Semáforos

Semáforo portátil solar formado por un semáforo de LED (de 2 o 3 colores), una placa solar, la zona de almacenamiento de las baterías y un cuadro de control. Son ideales para regular correctamente el tráfico alternativo en las obras.

Ventajas

- Al utilizar la energía solar, se ahorra energía eléctrica, resulta más económico y seguro y no causa ningún tipo de contaminación.
- No requiere alimentación externa.
- Es un semáforo de LED de alta visibilidad.
- Su estructura independiente con ruedas facilita la movilidad.
- La batería completamente cargada tiene una autonomía aproximada de 200 horas de funcionamiento.



Fig. 4.13
Ejemplo de semáforo solar

E

Demarcación vial solar⁴

Es una solución rentable para todas las necesidades de señalización vial y contribuye a la protección del medio ambiente.

⁴ Empresas: Serviyuntamientos.com www.serviyuntamientos.com y [Pansogal](http://Pansogal.com) www.pansogal.com



Ventajas

Figs.
4.14-4.15-4.16
Ejemplos de
señalización vial
solar



- Los beneficios de su utilización son:
- Es económica, duradera y fiable.
 - Tiene una larga vida útil.
 - Utiliza productos verdes, ecológicos y seguros.
 - Es de fácil manejo y disposición.
 - Su instalación es fácil, sencilla y segura.
 - Es versátil y adaptable.
 - Es autónomo y resistente.

Pérgola fotovoltaica: suministro público parcial de electricidad

Del 9 de mayo al 26 de septiembre de 2004, tuvo lugar el Fórum Universal de las Culturas 2004 en Barcelona. Los tres temas principales del foro fueron la comunicación cultural, la justicia social y el desarrollo sostenible. Una de las construcciones realizadas para el evento fue la pérgola fotovoltaica. Formaba parte de un plan de reconstrucción urbanística del litoral de la ciudad de Barcelona, en su zona limítrofe con el municipio de Sant Adrià de Besòs.

Fig. 4.17
Fórum Universal de las
Culturas, Sant Adrià
de Besòs (Barcelona)



La pérgola está soportada por cuatro columnas de hormigón de diferentes alturas, la más alta de las cuales mide casi 43 m y la más baja 19,46 m. Los soportes de hormigón tienen un espesor de 2 m.

Los paneles fotovoltaicos se ubican en un enrejado de metal (foto), formado por dos soportes de 112 m de longitud, con una altura media de 3,50 m. Los soportes están conectados por barras transversales de 50,66 m de largo y 1,30 m de alto, que conforman una superficie total de 5.704 m².

En total, la gran central fotovoltaica tiene 10.700 m² y 1,3 MW de potencia, es decir, puede cubrir las necesidades de 1.000 viviendas.

La electricidad producida por esta estructura supone una reducción anual equivalente a 440 toneladas de CO₂ de emisiones a la atmósfera.

Como elementos de unión entre el enrejado de metal y los soportes, se utilizaron vigas de hormigón pretensadas de entre 700 y 1.250 kN. La doble protección anticorrosiva garantiza la durabilidad de todos los tendones. Los tendones fueron inyectados con una lechada anticorrosiva y protegidos con una camisa termorretráctil. Todo ello iba, además, embebido en una vaina protectora de PE (polietileno). Las cabezas de las vigas fueron protegidas por caperuzas inyectadas con lechada anticorrosiva.



Fig. 4.18
Parque Tecnológico de
Andalucía (Málaga)

Fig. 4.19
Eco Boulevard (Madrid)

Fig. 4.20
As Pontes (A Coruña)

Pavimento solar⁵

Concepto

Holanda ha encontrado la solución espacial que requiere la generación de energía renovable mediante tecnología solar. El proyecto SolaRoad incorporará, a los carriles bici ya existentes, unos paneles solares que suministrarán electricidad para la iluminación de las calles y el uso doméstico.

El carril bici, construido a base de hormigón de 1,5 × 2,5 m, contiene una capa superior de cristal de 1 cm de espesor. Debajo de esa capa de vidrio templado, se encuentran las células solares de silicio cristalino que recogerán la energía del Sol.

SolaRoad generaría al año 50 kWh por metro cuadrado. Mediante aplicaciones inteligentes, la electricidad puede destinarse al alumbrado público, a los sistemas de tráfico e, incluso, al uso doméstico. Puesto que la red de carreteras holandesas tiene 137.000 kilómetros, la posibilidad de producir energía es enorme. De momento, TNO, la empresa holandesa responsable del proyecto SolaRoad, lo ha implementado su solución de pavimento solar en los carriles bici.

La idea no es nueva. En 2010, Scott Brusaw propuso utilizar la infraestructura de las autopistas estadounidenses para abastecer la demanda energética del país. Su proyecto, denominado Solar Roadways, consistía en insertar las célu-

5 Empresa: Solar Roadways <www.solarroadways.com>



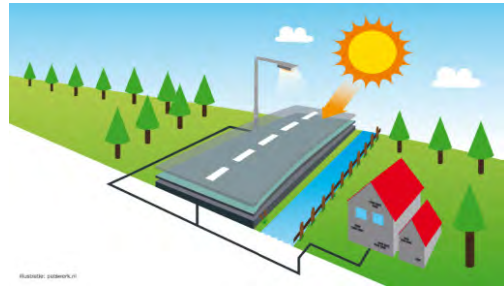
las fotovoltaicas al sistema de carreteras. El prototipo incluía una célula solar, un diodo emisor de luz, un ultracondensador y una capa de vidrio sobre la cual circularían los vehículos. En conclusión, 1,6 km de carretera podrían generar electricidad para 500 viviendas.

Además, tener carreteras solares que generen electricidad constantemente puede significar disponer de estaciones de carga para vehículos eléctricos en cualquier lugar, incluidos los lugares más remotos. De hecho, el Massachusetts Institute of Technology (MIT) busca la manera de transmitir a las baterías de los coches la electricidad generada en el pavimento.

Fig. 4.21
Especificación técnica y
esquema de funcionamiento



Fig. 4.22
Sistema técnico



4.2.3 Potencia eléctrica

Puntos de recarga para vehículos eléctricos⁶

Concepto

Seguramente, los espacios públicos tendrán que prever puntos de recarga para los vehículos eléctricos.

En 2011, había uno en Vallcarca (Barcelona), pues una empresa se había prestado a instalar puntos de recarga durante un año, de forma gratuita, y otro en Dos Hermanas (Sevilla), que fue el primero. En ellos, se podía repostar durante 30 minutos, que permitían una autonomía de hasta 50 km sin recargar. El objetivo es llegar a implantar 500 puestos de recarga. En Portugal, pretenden instalar uno cada 100 km.

Se está avanzando en el estudio de un conector genérico, el SAEJ1772, como enchufe estándar de los automóviles eléctricos, para su posterior instalación en las calles, las plazas y las carreteras.

Conector genérico: el SAEJ1772

⁶ Empresas: ACPSOL <www.acpsol.com> y G&C Energía Solar <www.gycsolar.com>

Sistema técnico:

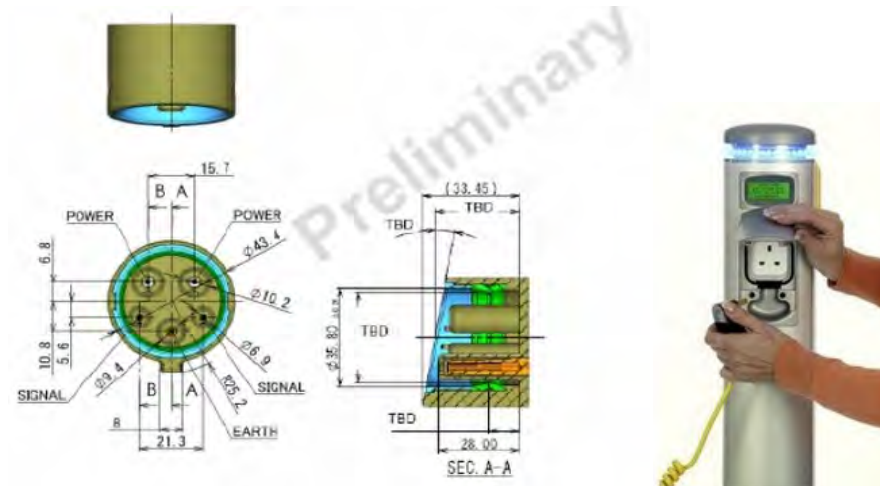


Fig. 4.23
Sistema técnico



Figs. 4.24-4.25-4.26
Fotografías de ejemplo

E

4.2.4 Energía eólica

El Windbelt y su inventor Shawn Frayne

Concepto

Es un generador que convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

El aerogenerador Windbelt genera electricidad a partir del movimiento de vibración que produce el paso del viento en una membrana horizontal.

Una de sus principales ventajas es la simpleza, ya que no tiene partes móviles en rozamiento, como sucede con los aerogeneradores de molino, y ello le permite, además, ser mucho más barato y eficiente que los generadores tradicionales.

La tecnología Windbelt consiste en una membrana tensionada, que oscila con la acción del viento.

Se basa en un fenómeno aerodinámico conocido como *alateo aeroelástico*.

1. Windbelt unit.



Fig. 4.27
Unidad de Windbelt

2. Aeroelastic Flutter.

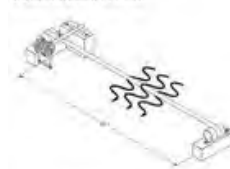


Fig. 4.28
Membranas tensionadas

3. orientation of permanent magnets and generated field

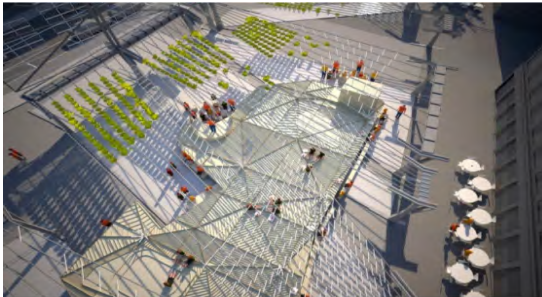


Fig. 4.29
Generador eléctrico y magnético



Cada panel tiene una serie de membranas, que oscilan con la fuerza del viento y transforman la energía del viento en corriente eléctrica. El panel contiene un conductor eléctrico y un generador magnético, que se adjunta a la membrana. La vibración de la membrana, originada por el flujo, causa un movimiento del conductor eléctrico en el campo magnético. Este movimiento relativo provoca un cambio en la fuerza del campo magnético del conductor eléctrico, y el cambio en el campo magnético aplicado al conductor eléctrico induce la corriente que fluye por el conductor.

Fig. 4.30
Ejemplo de Funcionamiento



New Vartov Square in Copenhagen Diseño Plaza Vartov en Copenhagen

Cada panel está compuesto por varias unidades con membranas y cada una de ellas está conectada con cuatro lámparas fluorescentes de 25 W.

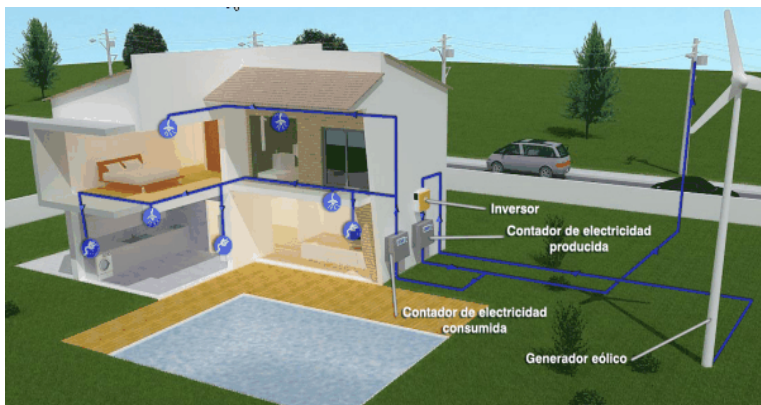
Los micro-aerogeneradores⁷

Concepto

Un generador es un convertidor de energía mecánica en energía eléctrica, gracias a la energía del viento.

La energía eléctrica puede destinarse al uso privado o público, si se vende a la red pública de electricidad. En este último caso, hay un inversor que transforma la electricidad producida en corriente alterna, la cual es inyectada en la red eléctrica en pequeños aerogeneradores conectados a las redes de baja tensión, con capacidad de producir un máximo de 100 kW.

Fig. 4.31
Funcionamiento de los micro-aerogeneradores



⁷ Empresas: IGSWIND y ADVANCLIM ><http://www.hemerahc.com/advanclim/system-overview>

No obstante, en su gran mayoría y en el ámbito doméstico, se trata de instalaciones de no más de 10 kW.

Características técnicas

La altura. Un mini generador eólico, colocado en un tejado, no necesita más de 2 m de alto, mientras que, en instalaciones aisladas, no supera los 20 m. En cambio, un gran aerogenerador puede alcanzar unos 120 m de altura.

El diámetro de las aspas. El de las del micro-aerogenerador suele tener unos 3 m de media, mientras que los de los grandes molinos pueden llegar a los 90 m.



Fig. 4.32
Ejemplo de micro-aerogenerador

Potencia. La de los pequeños generadores más comunes oscila entre los 1,5 kW y los 3 kW. En cambio, un gran aerogenerador puede tener 2.000 kW.

Los MW instalados. Aunque es difícil precisar este dato en el caso del micro-generador eólico, se calcula que hay unos 7 MW instalados en España, mientras que los grandes aerogeneradores superan ya los 11.500 MW.

Ventajas

- La proximidad del punto de generación al punto de consumo, que minimiza las pérdidas de energía.
- Su accesibilidad para las pequeñas economías.
- El desahogo de las redes de distribución, sin producir sobrecargas.
- Su menor impacto visual frente al de los grandes aerogeneradores.
- Permite el bombeo directo de agua.
- No requiere complejos estudios de viabilidad.

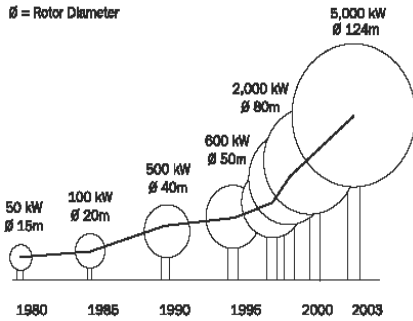
Permite instalaciones híbridas.

Desventajas

- La ausencia de una regulación específica.
- La escasa retribución y la falta de incentivos fiscales, lo que dificulta enormemente su rentabilidad.



Fig. 4.33
Diámetro según
la potencia



o 7. Crecimiento de las dimensiones de los aerogeneradores comerciales

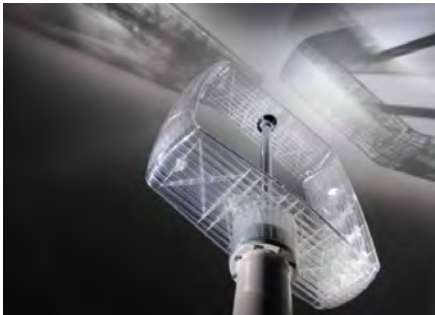
Ejemplo: el WT400W de doble pala de IGSWIND

Características técnicas

El generador eólico ha sido diseñado de conformidad con el estándar IEC 61400, clase IV.

Los valores que se indican más abajo se refieren a las condiciones siguientes:

Fig. 4.34
Fotografía de
ejemplo



- Temperatura: 20/+50°C
- Humedad: < 95 %
- Densidad del aire: 1.225 kg/m³
- Radiación solar: 1.000 W/m²

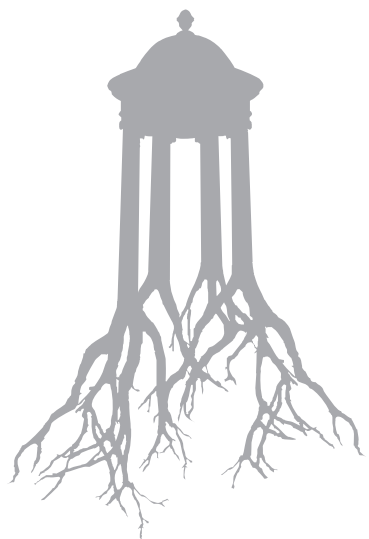
Fig. 4.35
Características del
rotor y el alternador

Rotor

<i>Rotor tipo Darrieus</i>	2 palas
<i>Potencia de salida a 10 m/s</i>	110W
<i>Potencia de salida a 15 m/s</i>	400W
<i>Velocidad de arranque</i>	3 m/s
<i>Velocidad de parada</i>	15 m/s
<i>Diámetro x altura</i>	0,9 m x 0,9 m
<i>Área de barrido</i>	0,81 m ²
<i>Peso de rotor (alternador incluido)</i>	26 Kg
<i>Sistema de frenado</i>	pasivo

Alternador

<i>Tipo</i>	imanes permanentes
<i>Numero de fases</i>	3



→ 5



Atmósfera

5.1 Conceptos generales

5.1.1 Contexto

Cambio climático

Se denomina *cambio climático* la modificación del clima con respecto al historial climático global o regional. Este cambio se produce a muy diversas escalas de tiempo y afecta distintos parámetros climáticos: la temperatura, las precipitaciones, la nubosidad, etc. En teoría, es debido tanto a causas naturales (Crowley y North, 1988) como por factores antropogénicos (Oreskes, 2004).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático utiliza el término *cambio climático* solo para referirse al cambio debido a causas humanas. Así pues, entiende por *cambio climático* un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima, observada durante períodos comparables (artículo 1, párrafo 2).

Efecto invernadero

El *efecto de invernadero* es un término empleado para designar que la radiación solar de ondas cortas puede pasar fácilmente a través de la atmósfera hasta la superficie terrestre, mientras que una parte del calor resultante es retenido en la atmósfera porque las ondas largas reflejadas hacia el exterior no pueden penetrar tan fácilmente en la atmósfera, en especial cuando hay una cobertura de nubes

El *efecto invernadero de varios gases en la Tierra* es el proceso por el cual el aire de la atmósfera terrestre retiene gran parte de la radiación infrarroja emitida





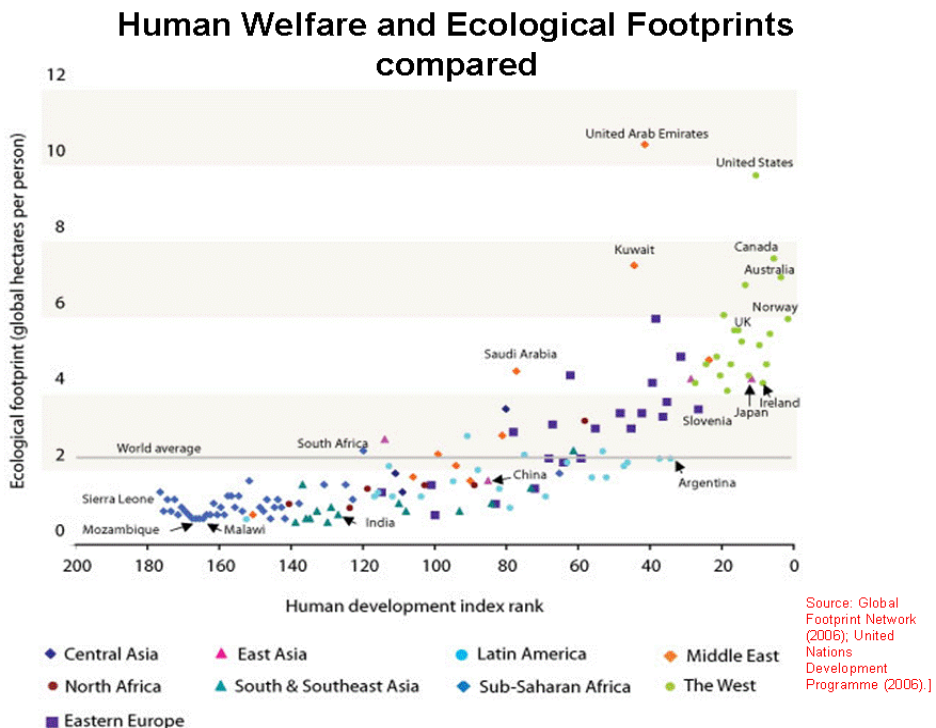
por la Tierra y la remite de nuevo a la superficie terrestre calentándola. Estos gases han estado presentes en la atmósfera en cantidades muy reducidas durante la mayor parte de la historia de la Tierra. Aunque la atmósfera seca está compuesta por nitrógeno (78,1 %), oxígeno (20,9 %) y argón (0,93 %), son gases muy minoritarios en su composición, como el dióxido de carbono (0,035 %: 350 ppm), el ozono y otros los que desarrollan esta actividad. Además, la atmósfera contiene vapor de agua (1 %: 10.000 ppm), que también es un gas natural de efecto invernadero –de hecho, el más importante, mientras que el dióxido de carbono ocupa el segundo lugar en importancia.

Impacto ambiental

Es el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente, en sus distintos aspectos.

Huella ecológica

La *huella ecológica* es una medida que indica la demanda humana de los ecosistemas del planeta, en relación con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos. Constituye “el área de aire o agua ecológicamente productivos (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) que se necesita para generar los recursos necesarios y, además, para asimilar los residuos producidos por cada población determinada, de acuerdo con su modo de vida específico, de forma indefinida”.



El Informe MIES

Se trata de un informe elaborado por Albert Cuchí, arquitecto y profesor titular de la ETSAV de la UPC, que lleva por título “Una aproximación al impacto ambiental de la Escuela de Arquitectura del Vallès. Bases para una política ambiental en la ETSAV. 1999”.

Señala que la construcción del edificio de la ETSAV supuso la emisión de 4.555 toneladas de CO₂. Si atribuimos a dicho edificio una vida útil de 30 años, las emisiones debidas a su construcción suponen unas 150 toneladas de CO₂ anuales.

El edificio de la ETSAV da una primera aproximación a los tipos de parámetros con que valoraremos el impacto ambiental de nuestros edificios:

- 2,16 t de materiales por m²
- 5.576 MJ de energía invertidos en materiales por m²
- 521 kg de CO₂ emitidos para fabricar los materiales por m²

Existe un factor decisivo en la consideración del impacto ambiental en la construcción de edificios: la durabilidad, eso es, el tiempo de amortización de la inversión que hacemos al construir.

Para el impacto ambiental de la construcción, es decisivo construir edificios durables, como un parámetro de diseño que busca evitar su obsolescencia funcional.

En el caso de la ETSAV, durante 1998, los desplazamientos de los alumnos supusieron la emisión de cerca de 715 t de CO₂.

Y, anualmente, la actividad de los arquitectos se estima en 2.250.000 tdeCO₂ y la derivada del uso, en unas 370 t de CO₂.

Conclusión

El impacto ambiental ocasionado por los desplazamientos de los miembros de la ETSAV supera la suma del impacto debido a la construcción y al uso del edificio.

El *Informe Mies* nos da una idea, pues, de la proporción del impacto de las emisiones de CO₂ en la construcción del edificio con respecto simplemente al transporte de los usuarios al centro.

Sin embargo, al considerar la actividad colectiva de los arquitectos, la cuantificación pasa a ser de un 1.500 %, por lo que no se puede prescindir del concepto de emisiones de CO₂ en la construcción y el uso del espacio público, tanto en sus materiales como en sus fuentes de energía.



Tablas de energía para producir los materiales

Áridos	0,1 Mj/kg
Fábrica de ladrillo	2,8 Mj/kg
Madera	3 Mj/kg
Yeso	3,3 Mj/kg
Tablero contrachapado	5 Mj/kg
Cemento Portland	7,2 Mj/kg
Asfalto	10 Mj/kg
Tablero aglomerado	14 Mj/kg
Vidrio	19 Mj/kg
Pintura plástica	20 Mj/kg
Acero	43 Mj/kg
Poliuretano	70 Mj/kg
Polietileno	75 Mj/kg
PVC	80 Mj/kg
Cobre	90 Mj/kg
Pintura (esmalte)	100 Mj/kg
Poliestireno expandido	100 Mj/kg
Neopreno	120 Mj/kg
Aluminio	160 Mj/kg

Tablas de energía para producir los materiales y emisiones de CO₂

Material, material specification	Ref. unit	Calorific value [MJ]	PEI primary energy non-renew. [MJ]	GWP global warming [kg CO ₂ eq]	ODP ozone depletion [kg R11eq]	AP acidification [kg SO ₂ eq]	EP eutrophication [kg PO ₄ eq]	POCP summer smog [kg C ₂ H ₄ eq]
Ceramic materials								
Vert. perforated clay bricks, external wall, ρ = 670 kg/m ³	1 m ²	1485	638	95	0.000010	0.31	0.034	0.050
Clay bricks, internal wall, ρ = 750 kg/m ³	1 m ²	1663	715	107	0.000011	0.34	0.038	0.056
Solid engineering bricks (KM2), ρ = 1600 kg/m ³	1 m ²	4776	39	301	0.000029	0.79	0.084	0.14
Glazed stoneware*, ρ = 2000 kg/m ³	1 m ²	6322	0.060	393	8.50 E ⁻⁰⁷	0.96	0.067	0.084
Unglazed stoneware, ρ = 2000 kg/m ³	1 m ²	7160	0.070	445	8.50 E ⁻⁰⁷	1.00	0.069	0.093
Bituminous materials								
Pure straight-run bitumen* (B100-B70)	1 kg	45.6	0.010	0.37	0.0000010	0.0020	0.00028	0.0026
Polymer-modified bitumen (PmB 65 A)	1 kg	35.3	0.020	0.50	8.24 E ⁻⁰⁷	0.0018	0.00023	0.0019
Wood and wood-based products								
Sawn timber								
Pine, 12% MC* (local), ODD 450 kg/m ³	1 m ³	8775	609	9512	-792 ¹	0.000009	0.37	0.041
Western red cedar, 12% MC (N. Am.), ODD** 630 kg/m ³	1 m ³	12285	4485	14359	-907 ¹	0.000049	6.00	0.61
Teak, 12% MC (Brazil), ODD 660 kg/m ³	1 m ³	12870	3217	13435	-1013 ¹	0.000015	3.99	0.41
Wood-based products								
Glued laminated timber, 12% MC, ODD 465 kg/m ³	1 m ³	9300	3578	13870	-662 ¹	0.000053	1.57	0.19
3-ply core plywood, 12% MC, ODD 430 kg/m ³	1 m ²	8618	2617	9387	-648 ¹	0.000030	0.54	0.065
Veneer plywood (BFU), 5% MC, ODD 490 kg/m ³	1 m ²	10175	4729	15041	-836 ¹	0.000070	1.62	0.19
Particleboard (P5, V100), 8.5% MC, ODD 690 kg/m ³	1 m ²	13998	5818	12614	-821 ¹	0.000086	1.22	0.16
Oriented strand bd. (OSB), 4% MC, ODD 620 kg/m ³	1 m ²	12555	4593	16479	-839 ¹	0.000052	1.52	0.19
Med. density fibrebld. (MDF)*, 7.5% MC, ODD 725 kg/m ³	1 m ²	15843	9767	12495	-515 ¹	0.000066	1.48	0.28
Metals								
Ferrous metals								
Cast iron*, casting (GG20; secondary), CuL	1 kg	10	0.49	0.97	4.26 E ⁻⁰⁶	0.0013	0.00011	0.00018
Structural steel, hot-rolled section (FE360B)	1 kg	24	0.54	1.7	6.62 E ⁻⁰⁶	0.0051	0.00042	0.00082
Steel mesh as concrete reinforcement (secondary)	1 kg	13	0.24	0.83	9.40 E ⁻⁰⁶	0.0020	0.00016	0.00031
Weathering steel, cold-rolled strip (WT SL37-2), 2 mm	1 kg	26	0.56	2.0	8.30 E ⁻⁰⁶	0.0057	0.00046	0.00088
Stainless steel (V2A, X 5 CrNi 18-10), 2 mm	1 kg	54	6.3	4.8	4.41 E ⁻⁰⁷	0.037	0.012	0.0026
Non-ferrous metals								
Alum. alloy EN AW-7022 (AlZn5Mg3Cu), sheet, 2 mm	1 kg	271	38	22	0.000004	0.069	0.0057	0.010
Lead*, sheet, 2 mm	1 kg	34	1.9	2.3	2.88 E ⁻⁰⁷	0.041	0.00061	0.0025
Titanium-zinc (pure Zn Z1, 0.003% Ti), sheet, 2 mm	1 kg	45	3.8	2.6	5.59 E ⁻⁰⁷	0.018	0.0010	0.0013
Copper*, sheet, 2 mm	1 kg	37	4.6	2.5	1.84 E ⁻⁰⁷	0.018	0.0023	0.0021

Tablas de energía para producir los materiales y emisiones de CO₂

Metal, recycling potential								
Steel (FE 360 B, 85 % primary)	1 kg	-12	-0.26	-0.71	1.65 E ⁰⁸	-0.0031	-0.00024	-0.00050
Steel (WT St 37-2, 85 % primary)	1 kg	-13	-0.25	-0.77	1.60 E ⁰⁸	-0.0034	-0.00025	-0.00053
Stainless steel (Cr/Ni 18-10, 25 % primary)	1 kg	-13	-1.2	-0.99	-4.30 E ⁰⁸	-0.021	-0.0071	-0.0012
Aluminium (EN AW-7022, 100 % primary)	1 kg	-177	-34	-16	-0.000003	-0.053	-0.0041	-0.0081
Lead	1 kg	-21	-1.3	-1.5	-1.68 E ⁰⁷	-0.036	-0.00043	-0.0021
Titanium zinc (65 % primary)	1 kg	-29	-2.9	-1.7	-3.86 E ⁰⁷	-0.014	-0.00075	-0.00097
Copper (50 % primary)	1 kg	-18	-4.5	-1.4	-9.97 E ⁰⁸	-0.015	-0.0021	-0.0018
Glass								
Float glass*, p = 2500 kg/m ³	1 kg		14	0.08	0.88	2.83 E ⁰⁸	0.006408	0.00090
0.00053								
Synthetic materials								
Thermoplastics								
Polyethylene (PE-HD)*, film	1 kg	41	75	0.09	1.82	0.000001	0.0050	0.00063
Polyvinyl chloride (PVC-P)*, compound 1, waterproof sh.	1 kg	17	61	2.1	2.28	8.97 E ⁰⁷	0.013	0.0012
Polyvinyl chloride (PVC-H)*, compound for pipes	1 kg	14	52	0.59	2.05	7.02 E ⁰⁷	0.0072	0.00066
Polymethyl methacrylate (PMMA "Perspex"), panel	1 kg	24	87	0.29	3.39	0.000001	0.010	0.0010
Polytetrafluoroethylene (PTFE "Teflon"), coating	1 kg	8.3	295	2.5	16.2	0.000008	0.069	0.0042
EPDM*, sealing gasket	1 kg	27	76	0.25	1.97	5.60 E ⁰⁷	0.0082	0.00054
Thermosets								
Polyester resin* (UP)	1 kg	32	115	0.45	4.68	0.000002	0.012	0.0017
Epoxy resin (EP)	1 kg	app. 30	137	0.78	6.47	0.000002	0.014	0.0021
Elastomers								
Styrene-butadiene rubber (SBR), sealing gasket	1 kg	37	102	0.85	3.05	9.68 E ⁰⁷	0.010	0.00096
Chloroprene rubber (CR "Neopren"), bearing	1 kg	app. 25	96	0.96	3.65	8.81 E ⁰⁷	0.012	0.0010
Silicone (SI), sealing compound	1 kg	app. 25	91	30	4.07	7.43 E ⁰⁷	0.028	0.0017
Transport								
HGV/22 t perm. tot. load/14.5 t payload/local/85% use	1 t km	1.5	0.00031	0.11	3.87 E ⁰⁶	0.00099	0.00016	0.00019
Sea-going vessel*, contain. ship/approx. 27 500 dwt/at sea	1 t km	0.17	0.00004	0.013	4.34 E ⁰⁶	0.00045	0.000041	0.000033

* The negative global warming potential of wood is due to the carbon dioxide that is removed from the atmosphere during photosynthesis. This is then released again upon rotting or burning of the wood at the end of its useful life. MC Moisture content ; ODD oven dry density

El verde como sumidero de CO₂: árboles y algas

Un sumidero de carbono o sumidero de CO₂ es un depósito natural o artificial de carbono, que absorbe el carbono de la atmósfera y contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire. Los principales sumideros eran los procesos biológicos de producción de carbón, petróleo, gas natural, los hidratos de metano y las rocas calizas. Hoy en día, lo son los océanos, y ciertos medios vegetales (bosques en formación).

El secuestro de carbono es el proceso de extraer el carbono o el CO₂ de la atmósfera y almacenarlo en un depósito. La fotosíntesis es el principal mecanismo de secuestro de carbono. Las bacterias fotosintéticas, las plantas y la cadena alimentaria son consideradas sumideros de carbono.

El concepto de *sumidero de carbono* se ha difundido a raíz del protocolo de Kioto, elaborado para reducir la concentración elevada y creciente de CO₂ del aire y así luchar contra el calentamiento global. Se están explorando diversas formas para mejorar la retención natural de carbono, desarrollando técnicas (naturales o artificiales) para capturar y almacenar el carbono.





Un sumidero de carbono no tiene por objeto reducir las emisiones de CO₂, sino disminuir su concentración en la atmósfera.

El almacenamiento de CO₂ puede incluso aumentar las emisiones de CO₂, pues esta actividad inevitablemente consume energía (que produce CO₂), pero la cantidad de CO₂ necesaria para esta actividad es menor que el CO₂ atrapado.

Los árboles son, junto con el plancton oceánico y las turberas, los principales sumideros naturales del planeta, esenciales para el ciclo del carbono. Se acumulan enormes cantidades de carbono en la madera y en el ecosistema a través de la fotosíntesis. Absorben el CO₂ de la atmósfera, almacenan una parte del carbono captado y devuelven oxígeno a la atmósfera. Las especies de crecimiento rápido (por ejemplo, el álamo, el sauce o el abedul), por lo general absorben poco carbono. Las maderas duras son más densas y almacenan más carbono y durante más tiempo, pero en general crecen más lentamente (durante siglos o milenios). En la madurez, la absorción es menor, pero el carbono representa el 20 % de su peso medio. Cuando el árbol muere, la madera es descompuesta por bacterias, hongos e invertebrados, que reciclan su carbono como biomasa, materia orgánica muerta (cadáveres y excrementos de estos organismos), y en forma de gases (CO₂ y metano) liberados a la atmósfera o en el agua). Los bosques y otros ecosistemas siguen almacenando o reciclando ese carbono a través de la regeneración natural. Solo los bosques templados acumulan carbono, mientras que los bosques tropicales usualmente mantienen el equilibrio (fuente = sumidero).

Manuel Enrique Figueroa Clemente, catedrático de Ecología de la Universidad de Sevilla, y Susana Redondo Gómez, doctora en Biología por dicha Universidad, en su libro *Los sumideros naturales de CO₂*, cuantifican la cantidad que puede ser absorbida por algunos árboles y arbustos, especialmente de especies mediterráneas.

En su estudio, señalan las características de los árboles de los que se ha calculado la cantidad de CO₂ que fijan. Algunas de las especies más efectivas son:

- La *Melia*: 10 de ellas fijan 5.969 kg de CO₂/año, cantidad equivalente a 10.373 coches/día.
- La *Jacaranda*: 10 de ellas fijan 1.832 kg de CO₂/año, equivalentes a 1.405 coches/día.
- El *Brachychiton*: 10 de ellos fijan 957 kg de CO₂/año, equivalentes a 1.274 coches/día.

En cuanto a los arbustos, los más significativos son:

- El durillo, que fija 46 kg de CO₂/año, equivalentes a 77 coches/día.
- El palmito, que fija 40 kg de CO₂/año, equivalentes a 63 coches/día.

- La adelfa, que fija 31 kg de CO₂/año, equivalentes a 49 coches/día.

Utilización específica de las algas

Las algas son uno de los sumideros más efectivos de CO₂. Por este motivo, la ciudad de Libourne tiene planes para equipar uno de sus aparcamientos con lámparas absorbentes de CO₂, provistas de un depósito con algas. Estas, colocadas cerca de una fuente de luz, absorben el dióxido de carbono y emiten oxígeno.

La selección de organismos adaptados puede dar rendimientos significativos. Se estima que un dispositivo de este tipo, con un volumen de 1,5 m³, podría absorber hasta 1 t de CO₂.



Las Bodegas Torres están experimentando, en el vivero de la Bleda, la fijación del CO₂ mediante un lecho de algas.

5.1.2 Sistemas constructivos

Materiales

Véanse las fichas de los apartados 3.3.1, 3.3.2 y 3.3.4:

- Caucho
- Pavimentos de seguridad: 11,34 kg de CO₂/kg de neumático = 58 km recorridos por un coche convencional



- Plástico reciclado: $1,5 \text{ kg de CO}_2/\text{kg de plástico} = 7,7 \text{ m recorridos por un coche}$
- Banco
- Papeleras
- Áridos reciclados
- Áridos para la construcción de subbases

Se elimina la extracción de los áridos de la cantera.

Energías

Para conseguir una energía requerimos la transformación de otra.

Los objetivos específicos energéticos se recogen fichas de elementos constructivos de este Manual. Estos sirven para producir electricidad, de una forma u otra, según queda explicado en las fichas de los elementos constructivos.

Los sistemas de producción de electricidad por medio de fuentes alternativas evitan las emisiones de CO_2 que produce una central eléctrica al calentar el agua que genera el vapor a presión para mover la turbina acoplada mecánicamente al generador y así generar electricidad. Se estima que el 39 % de las emisiones de CO_2 mundiales provienen de la electricidad, por lo que es efectivo utilizar sistemas constructivos para la iluminación que recurran a las energías alternativas

Véanse las fichas del apartado 4.2:

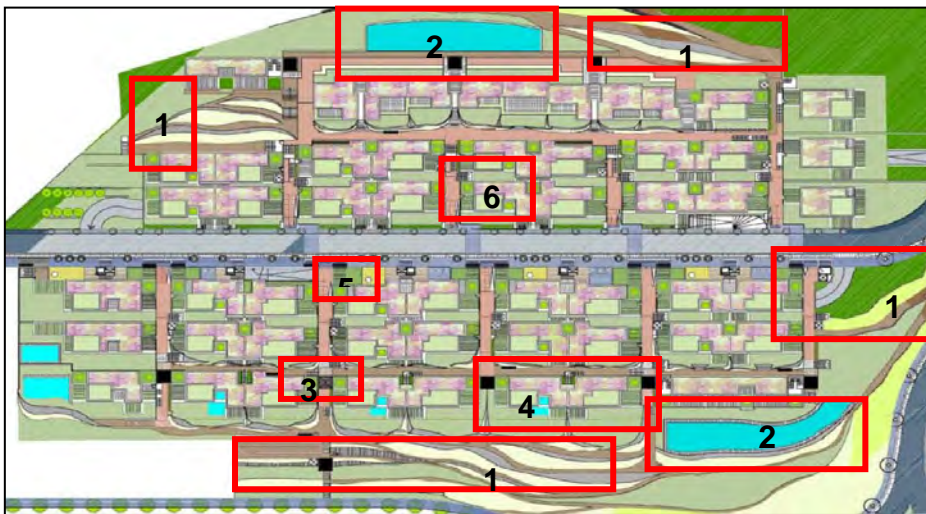
- Energía solar fotovoltaica
 - *Solar tree* (batería bajo farola y banco)
 - Farolas solares
- Señalización
 - Señales de tráfico sin requerimientos de luz
 - Semáforos
 - Iluminación parcial de la ciudad
- Grandes pérgolas en el espacio público

- Pavimento solar
- Potencia eléctrica
 - Puntos de recarga para vehículos eléctricos
- Energía eólica, mecánica y eléctrica
 - El *Windbelt*
 - Los micro-aerogeneradores
- Energía *mecánica*
 - Sensores *piezoeléctricos*

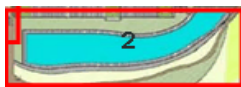


Anexo: Ejemplo

6.1 Ejemplo resumen de la aplicación de elementos y sistemas constructivos sostenibles aplicables a un proyecto de urbanización.⁸



1. Estabilización de taludes



2. Humedal artificial



3. Pérgola



4. Cubierta vegetal



5. Recogida de residuos



6. Pavimento filtrante

⁸ Proyecto de urbanización para 60 viviendas en Begur. Año 2003. Pérez, Alonso, Pérez

Soluciones previstas en 2003

1. Estabilización de taludes



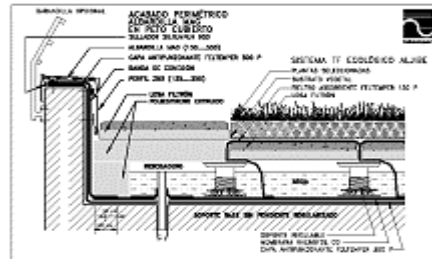
2. Humedal artificial



3. Pérgola



4. Cubierta vegetal

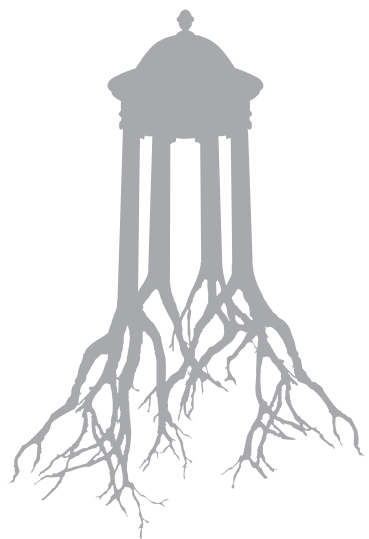


5. Recogida de residuos



6. Pavimento filtrante









Conclusión

El presente trabajo surge de la necesidad de verificar si existe una forma de construir el espacio público de forma sostenible, es decir, si este se puede construir sin poner en riesgo los recursos de las generaciones venideras y garantizando los recursos de la actual.

Se estructura desde el concepto de responsabilidad medioambiental, y al efecto se analizan cinco puntos como recursos: el agua, el verde, los materiales, la energía y la atmósfera.

Esta reflexión se basa únicamente en cuantificaciones de estudios y casos reales de éxito, y es ilustrada por sistemas constructivos específicos que permiten su materialización.

Para poder proponer sistemas constructivos y materiales sostenibles, en cada capítulo se exponen los “conceptos generales” de cada recurso, partiendo de los estudios más relevantes que incluyen cuantificaciones con vistas a una mejora medioambiental. Siempre que se ha obtenido un resultado positivo, en el apartado siguiente (“Sistemas constructivos”) se describen las herramientas técnicas o las soluciones constructivas que permiten alcanzar el objetivo general.

Un segundo motivo para estructurar este trabajo desde el punto de vista de la sostenibilidad en el contexto global actuales es la reflexión de Ban Ki-moon, presidente de las Naciones Unidas, cuando indica que “nuestro modelo económico es un suicidio medioambiental”. Y es que más de la mitad de la población mundial reside en entornos urbanizados. Por ello, es muy importante intentar construir “sin depredar”.

En el caso del *agua*, se expone el caso de éxito, monitorizado por el Gobierno de Melbourne, en la gestión de la búsqueda de fuentes alternativas de captación de agua y para la mejora de su calidad (optimización del ciclo del



agua). El sistema expone que, ante un crecimiento demográfico del 67 % registrado entre los años 2000 y 2008, según el Gobierno de Melbourne, ha conseguido reducir aproximadamente en un 30 % del consumo de agua potable de las fuentes de agua convencionales, aportando fuentes de captación alternativas y reutilizando el agua.

Los sistemas constructivos que se utilizan para este fin tienen que ver con los sistemas de infiltración y control en el origen, con los sistemas de transportes permeables y con los sistemas de tratamientos pasivos, que además permiten mejorar la calidad del agua.

En el caso del *verde*, se exponen los estudios más importantes sobre confort psicológico y emocional, así como las recomendaciones de la OMS. Destacan los estudios de Ulrich y Kaplan. Algunos de ellos cuantifican las reacciones fisiológicas relacionadas con una recuperación física más rápida de los pacientes hospitalizados, gracias a la presencia de la vegetación.

Sin embargo, el confort acústico no tiene los mismos efectos, puesto que los estudios que cuantifican la reducción del sonido han demostrado que la absorción de dB por parte de la masa arbórea no es tan eficaz. En cambio, los estudios cuantificados del doctor Ochoa de la Torre apuntan mejoras en el ambiente microclimático gracias al verde.

También, aunque en menor medida, se toman en consideración los estudios de Figueroa Clemente, catedrático de Ecología de la Universidad de Sevilla, sobre la absorción de CO₂ por parte de la vegetación, que contribuye a mejorar la atmósfera.

Sus conclusiones, así como la mejora microclimática y psicoemocional, dan a la vegetación validez suficiente para incorporarla en la construcción sostenible del espacio público, a través de los sistemas constructivos expuestos en los objetivos específicos.

En cuanto a la materia convertida en *materiales*, se expone el cambio del ciclo de vida lineal al circular para conseguir la sostenibilidad. Este sistema, llevado al extremo, nos conduce al *Cradle to Cradle*, que sostiene que “la basura es comida”.

Existen diferentes criterios a la hora de considerar si un material es sostenible. En este trabajo se expone un criterio, pero también se muestran diferentes mercados de materiales sostenibles. Cada “mercado” incorpora sus criterios cuantificables, que se explican en cada caso. De estos “mercados”, se extraen las fichas constructivas, basadas en los criterios de los materiales sostenibles y de los elementos que son necesarios para la urbanización.

El apartado dedicado a la *energía* trata del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Las energías renovables pueden utilizarse en un proyecto de urbanización, así como los elementos constructivos que las incorporan, que el arquitecto puede

incluir en su proyecto de urbanización. La mayoría de los sistemas producen electricidad o sirven para dar potencia (no se exponen, pues, los que producen calor u otras formas de energía).

Las fuentes de energía son la solar fotovoltaica, la eólica-mecánica, la cinética-mecánica y las estaciones mini eólicas. Aunque solo una pequeña parte de la energía eléctrica se produce a través de las energías renovables, esta parte es la que se dejan de emitir las centrales nucleares en forma de CO_2 en su proceso de generación de electricidad para las ciudades (ciclo combinado). La electricidad generada puede destinarse al espacio público o venderse a la red.

Finalmente, el apartado que trata de la *atmósfera*, aunque es el menos cuantificado en cuanto a la construcción del espacio público, sí que incluye una cuantificación de las emisiones de CO_2 en la fabricación de los materiales de construcción en relación con la actividad humana, la construcción del edificio y su uso. Ello nos puede dar una aproximación del impacto ambiental que produce una construcción. En el *Informe MIES* se ha visto que el impacto del desplazamiento de los alumnos a la ETSAV superaba la suma de los impactos debidos a la construcción y al uso del edificio. Por tanto, aunque se llegara a eliminar el impacto derivado de la construcción, seguiría existiendo un mayor impacto debido al transporte de esta a su emplazamiento. De todas maneras, la suma de las cuantificaciones de las actividades profesionales de los arquitectos, en cuanto a emisiones de CO_2 , arroja una cifra todavía superior, por lo que se debe tener en cuenta.

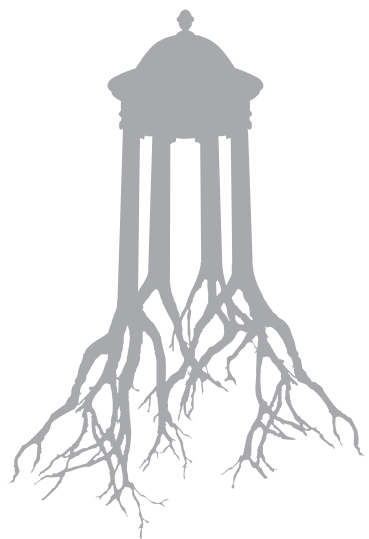
Asimismo, de este estudio se derivan también las cuantificaciones realizadas en las fichas constructivas de los apartados anteriores, puesto que durante el análisis en algunas se exponían las cuantificaciones de ahorro de CO_2 por el hecho de evitar la energía eléctrica derivada de las centrales eléctricas. Este apartado no es el que obtiene un resultado más eficiente, pero no podemos dejar de insistir en la necesidad de reducir las emisiones de CO_2 . Según el informe "Ciudades y Cambio Climático" de la Agencia para los Asentamientos Humanos de Naciones Unidas (ONU-Hábitat), las ciudades ocupan sólo un 2% de la superficie del Planeta, pero son las mayores contaminantes y las responsables del 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Nuestras ciudades ocupan el 2% de la superficie del planeta y, sin embargo, son responsables del 70% del efecto invernadero ((según el informe "Ciudades y Cambio Climático" de la Agencia para los Asentamientos Humanos de Naciones Unidas (ONU-Hábitat) causa principal del cambio climático. Actualmente, el 80 % de la población española vive en ciudades, concentrada en un 20% del territorio nacional.

En definitiva, este manual pretende exponer que sí es posible construir el espacio público de una forma más eficiente, convirtiéndolo en el captador y el gestor de los recursos. Podemos intentar recuperar el ciclo del agua, gestionarla según nuestras necesidades (drenaje, captación, transporte, etc.); captar y gestionar los recursos energéticos y reducir su consumo; preservar el verde;



optimizar del ciclo de vida de los materiales utilizados en la construcción, o reducir el impacto climático en la atmósfera dentro de unos límites.

El manual pretende considerar la construcción del espacio público desde otro punto de vista, a partir de la inquietud que otros han sembrado en nosotros y nos han transmitido.







Bibliografía

Libros, artículos de revistas técnicas, estudios de investigación y tesis doctorales

1. ALABERN VALENTÍ, Eduardo; GUILMANY CASADAMON, Carlos. *Secciones estructurales de firmes urbanos en sectores de nueva construcción*. Ed. Romargraf, 1990.
2. ALESSANDRO, S.; BARBERA, G.; SILVESTRINI, G. *Stato del l'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica travegetazione ed ambiente costruito*.
3. ARAÚJO, Rosana de Melo. *Natureza na Cidade: Reflexos de visões de natureza sobre modelos urbanos*. Tesis del Máster en Arquitectura. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 2006.
4. AYUNTAMIENTO DE BARCELONA. *Proposta per a la modificació de l'Ordenança general del mediambient urbà*.
5. BALA, Alba; GAZULLA, Cristina. *Base de datos de ecoproductos municipales*. Diputació de Barcelona, Xarxa de Municipis, 2002.
6. BERJMAN, Sonia. *El espacio verde público. Modelos materializados en Buenos Aires - parte 1*. Base de datos en internet. Portal Vitruvius, Arquitectos 008, textos especial 046, enero de 2001. Disponible en: <<http://www.vitruvius.com.br/arquitectos/arq000/esp046.asp>> [Fecha de acceso: 12 de enero de 2009].
7. BRAUNGART, Michael; McDonough, William. *Cradle to Cradle*. Ed. Mc GrawHill, 2000.



8. BORJA, Jordi; MUXÍ, Zaida. *El espacio público. Ciudad y ciudadanía*. Barcelona: Diputació de Barcelona, Xarxa de Municipis. Electa, 2003.
9. BORJA, Jordi. *Espaço público, condição da cidade democrática. A criação de um lugar de intercâmbio*. Base de datos en internet. Portal Vitruvius, Arqtextos 072, mayo de 2006. Disponible en: <http://www.vitruvius.com.br/arqtextos/arq072/arq072_03.asp> [Fecha de acceso: 12 de enero de 2009].
10. City of Melbourne's Sustainable Water Use Reference Group. *City as a Catchment*.
11. CIRIA <www.ciria.org>.
12. FIFA. *Concepto de calidad de la FIFA para césped artificial*. <www.FIFA.com/Footballturf>.
13. CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA MODERNAIV. *Carta de Atenas*. Atenas: CIAM, 1933
14. CORREIA, Beatriz da Silva; SILVA, Maclovia Corrêa; MAGNABOSCO, Milton. "Ocupação do espaço urbano e natureza: os parques nas cidades". Base de datos en internet. *Paisagens em debate, revista eletrônica da área Paisagem e Ambiente*, FAU-USP, n. 5, diciembre de 2007. Disponible en: <<http://www.usp.br/fau/deprojeto/gdpa/paisagens/artigos/2007CorreaSilvaMagnabosco-ParquesUrbanos.pdf>> [Fecha de acceso: 15 de enero de 2009].
15. CUCHÍ, Albert. Informe *MIES*. UPC, 1999.
16. DEMOGRAPHIA *World Urban Areas: Population & Projections*. Edición 6.1 (07.2010).
17. FALCON, Antoni. *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, gestión*. Barcelona: Gustavo Gili, 2007.
18. FIGUEROA CLEMENTE, Manuel Enrique; REDONDO GÓMEZ, Susana. *Los sumideros naturales de CO₂*. Ed. Muñoz Moya, 2007.
19. GITECO <www.giteco.unican.es>.
20. GRUPO ABIO-UPM. *Tecnologías verdes como instrumentos de rehabilitación arquitectónica. Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*.
21. FERNÁNDEZ GUELL, José Miguel. *Planificación estratégica de ciudades*. Barcelona: Gustavo Gili, 1996.
22. HEGGER, M.; AUCH-SCHWELK, V.; FUCH, M.; ROSENKRANZ, T. *Construction Materials Manual*. Birkhäuser, 2006.

23. HOUGH, Michael. *Ciudad y naturaleza. Planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili, 1996.
24. INSTITUTCATALÀ DEL SÒL. *Criterios de diseño estructural de pavimentos urbanos en núcleos antiguos y sectores de nueva construcción*. Generalitat de Catalunya, 2009.
25. KAPLAN, Rachel; KAPLAN, Stephen. *The Experience of Nature: A psychological perspective*. Nueva York: CambridgeUniversityPress, 1989.
26. KAPLAN, Rachel. "Informational issues: A perspective on human needs and inclinations". En: BRADLEY, G. A. (ed.) *Urban Forest Landscapes: Integrating multidisciplinary perspectives*. Seattle: University of Washington Press, 1995, pp. 60-71.
27. KAPLAN, Rachel. "The Nature of the View from Home: Psychological Benefits". *Environment and Behavior*, 33, 507-542, 2001.
28. KAPLAN, Rachel. "Intrinsic and Anesthetic Values of Urban Nature: A psychological perspective" . En: DOUGLAS, I.; GOODE, D.; HOUK, M.; WANG, R. (eds.) *The Routledge Handbook of Urban Ecology*. Londres: Routledge, 2011, pp. 385-393.
29. Ley 16/2002, de 28 de junio, de protección contra la contaminación acústica.
30. LIVINGSTON, Rodolfo. "Elogio al vacío", Clarín, 28 de agosto de 1984. Sección Opinión.
31. MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO <www.mytic.es>.
32. MINISTERIO DE MEDIOAMBIENTE. *Inventario de tecnologías disponibles en España para la lucha contra la desertificación*.
33. MONTALBO, Javier; DURÁN, Jorge; CASAL, Patricia. *Siembra en mantas orgánicas: establecimiento de nuevas especies y aplicaciones para la restauración de taludes*.
34. MORENO CALVO, Isaac, *Vías romanas: Ingeniería y técnica constructiva*. Ministerio de Fomento, 2006.
35. OCHOA DE LA TORRE, José Manuel. *Ciudad, vegetación e impacto climático. El confort en los espacios urbanos*. Ed. Erasmus, 2009.
36. PINTADO MANZANEQUE, Jesús. *Guía de Buenas Prácticas de Urbanización Sostenible*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos.



37. RODRÍGUEZ-AVIAL LLARDENT, Luis. Zonas verdes y espacios libres en la ciudad. Oficina Municipal del Plan. Ayuntamiento de Madrid, noviembre de 1981.
38. ROS ORTA, Serafín. *Planificación y gestión integral de parques y jardines*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2007.
39. RUEDA PALENZUELA, Salvador. *Libro Verde del Medio Ambiente Urbano*, tomo I. Ministerio del Medio Ambiente y AL21. Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible, 2004.
40. RUEDA PALENZUELA, Salvador. *Libro Verde del Medio Ambiente Urbano*, tomo II. Ministerio del Medio Ambiente y AL21. Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible, 2004.
41. SALVADOR PALOMO, Pedro J. *La planificación verde en las ciudades*. Barcelona: Gustavo Gili, 1997.
42. STRYJENSKI, Jean. *L' Acoustique appliquée à l' urbanisme*. Les Éditions Techniques, 1990.
43. TECTÓNICA, n. 30. "Espacio exterior". ATC Ediciones, 2009. <www.tectonicablog.com> [Toda la revista].
44. THEKNOS. Revista del Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona, n.143, junio de 2010. Artículo de Albert Punsola, pp.20 y 21.
45. URBANARBOLISMO<www.urbanarbolismo.es>.
46. WHO/Europe. *Urban Planning, Environment and Health*. 2008

Empresas y webs

1. ADVANCLIM (www.hemeraenergy.com/#es/hom)
2. AGENDA DE LA CONSTRUCCIÓ SOSTENIBLE (www.csostenible.net/index.php/ca/productes)
3. AGROCESPED (www.agrocesped.es)
4. ARTIFICIALES (www.cespedartificial.com).
5. ALBERGRASS (www.albergrass.es)
6. AQUANEA (www.aquanea.com)
7. ATLANTIS (<http://www.atlantiscorp.com.au/>), incluida en el grupo Ins-Med: (www.marketplace.insmed.eu)

8. ATRI, S.L. (www.atrisl.com)
9. BASEFILT(www.basefilt.com)
10. BENITO (www.benito.com)
11. BIOFILTEX ESPAÑA (www.biofiltex.com)
12. BONTERRA IBÉRICA, S.L. (www.controlerosion.es)
13. BREINCO (www.breinco.es)
14. CEMEX (www.cemex.es)
15. COLEGIO TERRITORIAL DE ARQUITECTOS DE VALENCIA
(www.ctav.es/icaro/materiales/materiales_lista_categ.asp?clasificacion=categorias&modo=ecologico)
16. DEGOM (www.degom.com)
17. DINAGRID GEOSYNTHETICS (www.dinagrid.com)
18. DO CERRAMIENTOS METÁLICOS,
S.A(www.serviayuntamientos.com)
19. ECOPROYECTA (www.ecoprojecta.es)
20. GCM,S.L. (www.murotalud.com)
21. INNOWATTECH (www.innowattech.co.il)
22. INTEMPER (www.intemper.com)
23. INSMED (marketplace.insmed.eu/)
24. ISOFOTON (www.isofoton.com)
25. MBDC (www.mbdc.com/)
26. METALIA (www.metalia.es)
27. MUROTALUD (www.murotalud.com)
28. OSE-OMAU(www.omaumala-ga.com/noticias/ficha/item/511/informe_sostenibilidad_en_Espa%F1a_2009._OSE.html)
29. PANSOGAL (www.pansogal.com)



30. PRODUCTO SOSTENIBLE
(www.productosostenible.net/pags/Productos/Index.asp?cod=8FD41194-6270-4638-9876-53A08029B7E)
31. PROJAR (www.projar.es)
32. RECICLADO DE BRIK DE BALEARES, S.A. (www.maplar.com)
33. ROBERT FORT NET CÉSPEDES (www.cespedartificial.com/)
34. RITTER GMBH (www.ritter-online.de)
35. ROTHFUS (www.rothfus-es.de)
36. SANTA & COLE (www.santacole.com)
37. S.A.G.O.A. (sagoa.wordpress.com/2008/10/27/sagoa)
38. SEÑALIZACIÓN Y DISEÑOS URBANOS, S.A. (www.disenos-urbanos.es)
39. SERVIAYUNTAMIENTOS (www.serviayuntamientos.com)
40. TAPIZ VERDE (www.tapizverde.es)
41. TECHNAL (www.technal.es)
42. TEXSA (www.texsa.com)
43. URBANARBOLISMO (www.urbanarbolismo.es)
44. URCOTEX (www.urcotex.com)
45. VOLADURAS Y DEMOLICIONES (www.voladurasydemoliciones.com)
46. ZICLA (www.zicla.es)
47. ZINCO (www.zinco-cubiertas-ecologicas.es)
48. ZULUETA (www.zulueta.com)

