



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

La mejora del medio ambiente urbano.
Infraestructuras verdes y Sistemas Urbanos de
Drenaje Sostenible en Zaragoza

Autor

Víctor Puértolas Abad

Director

Ana Isabel Escalona Orcao

Facultad de Filosofía y Letras

2015

ÍNDICE

1) Introducción	3
2) Antecedentes y objetivos del estudio. Un encargo de <i>Zinnae</i> el Clúster urbano para el uso eficiente del agua.	5
a) Origen y proyectos de actuación de <i>Zinnae</i>	5
b) El interés por los SUDS y los objetivos del Trabajo fin de Grado	6
3) El medio ambiente urbano. Problemas y retos.	8
a) Los componentes de la sostenibilidad urbana	8
b) Dos instrumentos: Infraestructuras verdes y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible	10
c) Las políticas de apoyo europeas a la sostenibilidad urbana	14
4) La mejora de la sostenibilidad urbana en Zaragoza.	16
a) Problemática ambiental: La isla de calor.	16
b) Los proyectos europeos: <i>Huertas Life Km0</i> y <i>Zaragoza+ Natural</i>	19
i) Aspectos del proyecto: <i>Huertas Life Km0</i>	20
ii) Aspectos del proyecto: <i>Zaragoza + Natural</i>	21
c) Estudio de caso: Los <i>Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible</i> –SUDS-	22
i) Introducción: Hacia un censo de SUDS en Zaragoza.	22
ii) Los tipos y ejemplos principales.	25
(a) <i>Cubiertas vegetales</i>	25
(b) <i>Depósitos de lluvia.</i>	30
(c) <i>Depósitos y estanques de infiltración</i>	32
(d) <i>Humedales artificiales</i>	34
(e) <i>Pavimentos permeables</i>	36
iii) Síntesis del inventario de SUDS en Zaragoza	36
5) Conclusión	39
6) Bibliografía	42
7) Índice de figuras	45
8) Índice de tablas	46
9) Anexos	47

1. Introducción.

Este trabajo se basa en el interés cada vez mayor que existe en la sociedad por la mejora del medio ambiente urbano. Como vamos a explicar más adelante en este estudio, la idea de aumentar la sostenibilidad de las zonas urbanas recibe una gran cantidad de atención por parte de los políticos y los planificadores urbanos, y por ello destacamos que Zaragoza se ha convertido en la actualidad en una ciudad referente y pionera en España como buen ejemplo de este tipo de prácticas saludables para el medio ambiente.

Debemos destacar que el estudio del medio ambiente urbano tiene una amplia presencia en el Grado de Geografía y Ordenación del Territorio, ya que son varias las asignaturas en las que se tratan cuestiones relacionadas directa o indirectamente con este tema. En este trabajo nos centramos en las Infraestructuras verdes, una cuestión que es protagonista de varias temáticas, tales como el urbanismo, el clima, la hidrología, etc. Zaragoza desarrolla en la actualidad diversos proyectos relacionados directamente con este tema, de los cuales damos cuenta en esta investigación. Algunas de estas iniciativas orientadas a este tipo de políticas no son muy conocidas, como por ejemplo el Clúster de *Zinnae* (**Zaragoza Innova en Agua y Energía**), **también conocido como Clúster Urbano para el uso eficiente del agua**, el cual está impulsado por el Ayuntamiento de Zaragoza y la organización sin ánimo de lucro ECODES (Ecología y Desarrollo). Dicho Clúster, se constituye con el ideal de consolidar a Zaragoza, como un entorno para el conocimiento, la demostración y la experimentación del uso eficiente del agua.

La idea de los *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible* –SUDS–, nace de una entrevista muy interesante y esclarecedora sobre la realidad hidrológica de Zaragoza, mantenida con un miembro responsable de *Zinnae*, que nos propone tres proyectos que dicho Clúster está intentando llevar a cabo, para así resolver las problemáticas hidrológicas existentes en la ciudad de Zaragoza. Podemos resumir dichos proyectos en los siguientes apartados:

- El proyecto *Ziannotec*, para conocer la realidad de la gestión del agua en su uso urbano, en comparación con el resto de ciudades del territorio español.
- El proyecto *Vertido Zero*, que consiste en la reutilización del agua en la industria de papel y del automóvil, cuyo problema reside en que estas empresas se dedican a comprar agua y no a reutilizarla.

- El proyecto *Zonas Verdes: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible –SUDS–*, en un movimiento para impulsar las Infraestructuras verdes, igual que se realiza en otros lugares de la geografía española y así poder aplicarlo a nuestra ciudad.

Este último proyecto (SUDS) nos ha llamado la atención en cuanto que nos pareció interesante, ya que es un tema relativamente novedoso y útil en la ciudad de Zaragoza comparado con el resto de ciudades que pueblan el territorio peninsular. Por ello decidimos dedicar a este tema el presente Trabajo fin de Grado. Para ello presentamos los proyectos que lleva a cabo *Zinnæ* en relación con las problemáticas ambientales en nuestra ciudad; establecemos y valoramos los factores que condicionan la calidad medioambiental en nuestra ciudad; estudiamos la puesta en marcha y evolución de programas ambientales europeos como son *Zaragoza + Natural* y *Huertas Life Km0* y, por último, realizamos un inventario de los SUDS existentes.

En realización del trabajo hemos tenido la oportunidad de consultar a diferentes expertos en la materia. En primer lugar queremos destacar la entrevista a Doña Clara Presa, técnico de *Zinnæ*, la cual nos facilitó la información necesaria para decidimos sobre de que tema en concreto íbamos a realizar este estudio y por la cual al final decidimos optar por los SUDS, ya que nos pareció el tema más original e interesante. Una vez establecido el tema objeto de estudio nos planteamos cuestiones a cerca de la sostenibilidad urbana y las políticas europeas implementadas para llevarla a cabo. Para ello me reúno con el profesor Francisco Pellicer, responsable del Centro Ambiental del Ebro, el cual me habla de los proyectos *Zaragoza+Natural* y *Huertas Life Km0*. Pero como mi objeto de estudio es el caso de los SUDS, para conocerlos a fondo me entrevisto con Don José Navalnuel, jefe del Servicio de Ingeniería Ambiental del Ayuntamiento de Zaragoza, el cual me informa de las características de los SUDS en Zaragoza. A esta entrevista siguió la mantenida con D^a Montserrat Hernández, técnico igualmente del Ayuntamiento de Zaragoza. Después de realizar dichas entrevistas, realizamos una salida de campo con el objeto de realizar una serie de fotografías para conocer más a fondo como son y cómo funcionan estos Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible

Elegimos este tema porque nos pareció una cuestión, como ya hemos dicho anteriormente, original, poco manida y con gran atractivo desde el punto de vista medioambiental, pero debemos decir que la información que sobre este tema nos hemos

encontrado a la hora de realizar este trabajo, nos ha resultado escasa y dispersa, es decir, muy pobre y poco conocida tan siquiera por los responsables ambientales de la ciudad.

2. Antecedentes y objetivos del estudio: un encargo de *Zinnae*, el Clúster urbano para el uso eficiente del agua

El presente Trabajo fin de Grado tiene su origen en la visita realizada en diciembre de 2014 a la secretaria técnica de la asociación *Zinnae*.¹ *Zinnae* es el acrónimo de “Zaragoza Innova en Agua y Energía”. Por ello en este apartado presentamos la asociación y justificamos el tema del proyecto en el marco de los intereses de la misma.

a. Origen y proyectos de actuación de *Zinnae*

Zinnae es una asociación, Clúster, del que forman parte entidades zaragozanas vinculadas al ciclo integral del agua (uso eficiente del agua, provisión, depuración, productos, zonas verdes...), y además diversas administraciones públicas involucradas en la mejora de la calidad y disminución de la demanda de agua. Su origen se remonta al año 1997, cuando se desarrolla en la ciudad de Zaragoza el proyecto demostrativo “Zaragoza, ciudad ahorradora de agua”, el cual pretendía ahorrar y utilizar de forma eficiente el agua a través de cambios de hábitos y cambios tecnológicos. Pero no fue hasta 2008, cuando la Exposición Internacional de Zaragoza con el tema “Agua y Sostenibilidad”, contribuye a reforzar la marca ciudad relacionada con el uso eficiente del agua.

En el año 2009 un conjunto de entidades ciudadanas promueven la creación de un Clúster urbano para el uso eficiente del agua, centrándose en impulsar dicho sector innovador vinculado al uso eficiente del agua en el ámbito urbano, con la idea de convertirse en el motor de empleo para la ciudad. Además se introduce una nueva variable: la eficiencia energética vinculada al ciclo urbano del agua. Esta iniciativa fue avalada por dos circunstancias: que el mercado del agua, es uno de los cinco mayores del mundo y que la demanda urbana de agua se incrementa continuamente debido al aumento de la población en este ámbito.

¹ Agradezco a Clara Presa, de la Secretaría Técnica de *Zinnae*, la atención prestada durante la entrevista mantenida en la Cámara de Comercio de Zaragoza (diciembre de 2014)

El 22 de abril de 2010, se constituye por fin *Zinnae* (Zaragoza Innova en Agua y Energía o Clúster Urbano para el uso eficiente del agua), como un Clúster impulsado por el Ayuntamiento de Zaragoza y la organización sin ánimo de lucro *ECODES* (Ecología y Desarrollo). El Clúster se constituye con el ideal de consolidar Zaragoza, como entorno para el conocimiento, la demostración y la experimentación para el uso eficiente del agua, permitiendo a las empresas locales ser innovadoras, competitivas y capaces de atraer a la ciudad, actividad innovadora de agentes del sector nacional e internacional. Como consecuencia de las iniciativas mencionadas actualmente, la ciudad de Zaragoza se presenta como referente nacional e internacional en el uso eficiente del agua.

b. El interés por los *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible* –SUDS– y objetivos del Trabajo fin de Grado

Zinnae persigue las siguientes metas: impulsar la eficiencia y la sostenibilidad en la gestión y el uso del agua, y en el consumo energético en la ciudad de Zaragoza; posicionarse a nivel nacional e internacional como referente en colaboración conocimiento e innovación para la gestión eficiente del agua en el ámbito urbano y en la reducción del consumo energético asociado; convertir el uso eficiente del agua en motor de empleo cualificado para la ciudad. Para el cumplimiento de su misión *Zinnae* ha llevado a cabo o tiene en curso los proyectos presentados en la Tabla 1.

Tabla 1: Líneas y proyectos de actuación.

Nº	Tipo	Proyecto
1	Proyectos demostrativos	Investigación sobre la demanda urbana de agua en Zaragoza. Mejora de la eficiencia y la sostenibilidad de la demanda urbana de agua.
2	I+D+i, nuevas tecnologías y experimentación	Impulso y apoyo a proyectos de I+D+i. Identificación y difusión de nuevo conocimiento y tecnologías emergentes.
3	Desarrollo de la agrupación empresarial innovadora	Dinamización del sector local. Exploración de oportunidades para la colaboración con agentes externos, nacionales e internacionales.
4	Desarrollo sectorial	Buscar y favorecer la implantación local de agentes del sectoriales Capacitar a los profesionales del sector (arquitectos, instaladores, comerciantes...).

Fuente: *Zinnae*, 2015 [Accesible en: <http://zinnae.org/ejes-de-actuacion>; acceso: 22/6/2015]

En la entrevista mantenida con la técnico de *Zinnæ* se nos informó que se estaba prestando atención al desarrollo en Zaragoza de un tipo especial de infraestructuras verdes, los llamados *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible* o SUDS. Como después de verá, son innovadores sistemas para la gestión del agua pluvial y de escorrentía, la cual está sometida a grandes presiones, como por ejemplo la contaminación. Estos sistemas ofrecen múltiples soluciones a la hora de gestionar las aguas pluviales. Actualmente, los SUDS están adquiriendo una importancia creciente en España, aunque su instalación se ha visto reducida en comparación con otros países, ya que es evidente que no comparte los mismos patrones de lluvia que en el Norte de Europa. En países de ámbito anglosajón como EE.UU y Australia con una climatología similar a la nuestra, las técnicas se han extendido más. De ahí la sugerencia que se nos realizó para que dedicáramos el presente Trabajo Fin de Grado a los *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible* en Zaragoza. Me pareció un tema interesante y por ello decidimos convertirlo en el centro de un trabajo que se plantea los siguientes objetivos:

- Establecer la problemática ambiental típica de las grandes ciudades europeas.
- Presentar la trayectoria reciente de Zaragoza en materia de sostenibilidad ambiental en el marco de las políticas europeas.
- Analizar la implantación de los *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible* –SUDS- en Zaragoza.

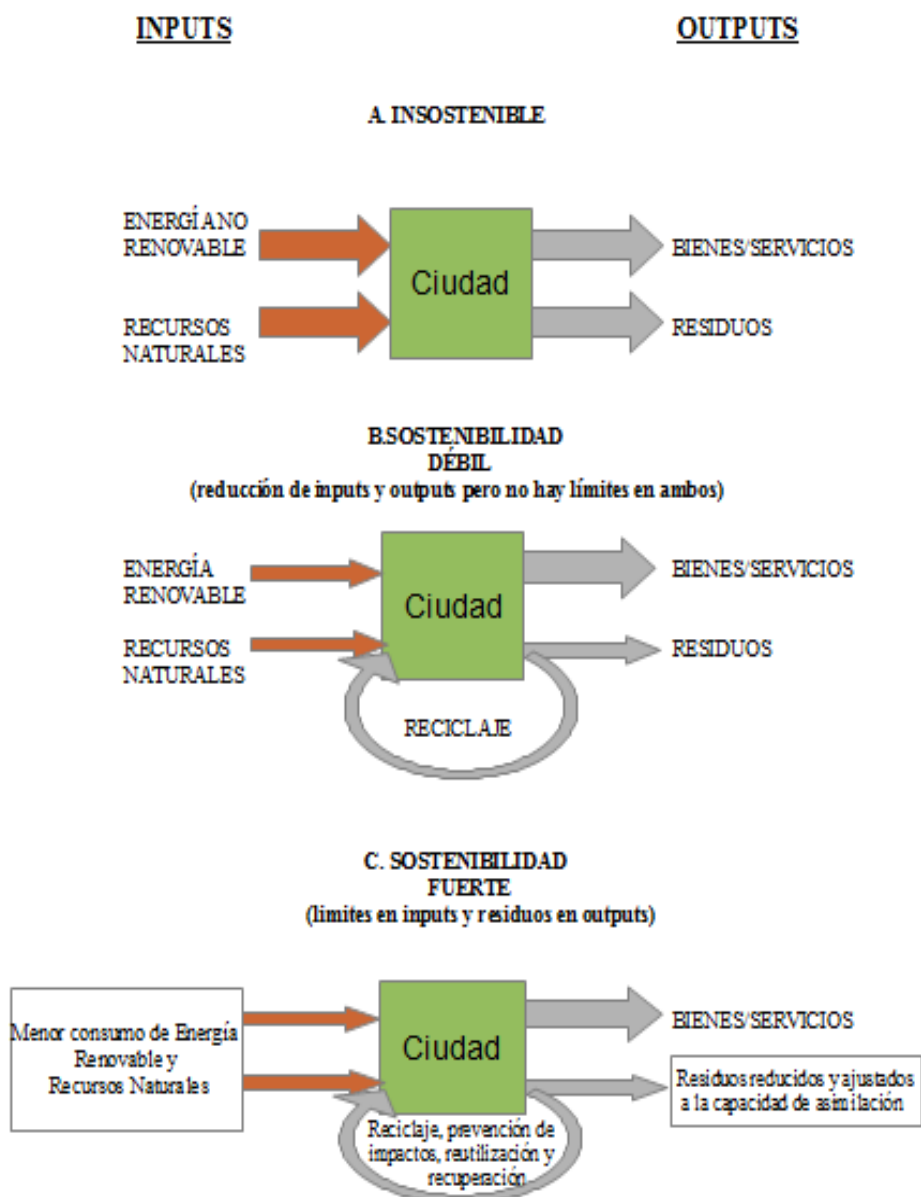
El capítulo siguiente lo dedicamos al primero de los objetivos señalados.

3. El medio ambiente urbano. Procesos y retos

a. Los componentes de la sostenibilidad urbana.

La idea de aumentar la sostenibilidad de las zonas urbanas recibe una gran cantidad de atención por parte de los políticos y los planificadores urbanos, pero el hecho de que las ciudades no estén aisladas de su entorno, significa que las mejoras de la sostenibilidad urbana deben llevarse a partir de programas más amplios. Las claves de la sostenibilidad urbana aparecen esquematizadas en la figura 1.

Figura 1: Mejoras en la sostenibilidad urbana.



Fuente: Elaboración propia a partir de Middleton, 2008.

La **Ciudad Insostenible (A)** consume energía de fuentes no renovables y recursos naturales de todo tipo y debido a ello produce bienes y servicios de todo tipo cuyos desechos se liberan en el medio ambiente con diversos grados de gestión/alteración (por ejemplo, las emisiones de vehículos de motor, basura doméstica enterrados en vertederos).

La **Ciudad que se representa en B** ha mejorado su sostenibilidad, aprovechando la energía de fuentes renovables y un consumo menor de recursos naturales (véase que las flechas son más estrechas), ya que estos se utilizan de manera más eficiente. Pero no solo mejora por consumir menos recursos, sino por generar menos residuos por la introducción de medidas de reciclaje.

En el último **caso, C**, se muestra una ciudad con sostenibilidad alta, con unos consumos (*inputs*) energéticos y de recursos reducidos y una mayor reducción de los residuos (*outputs*) debido a mejoras de su gestión introduciéndose medidas de reutilización, recuperación, reciclaje, así como una mejora de la prevención. Las infraestructuras verdes y los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, estudiados en este proyecto, son un ejemplo ya que la vegetación juega un muy papel importante en "la moderación de los impactos de las actividades humanas" sobre el medio ambiente urbano.

Dentro de las ciudades existen una enorme diversidad de espacios verdes en cuanto a términos que van desde jardines domésticos, arcenes o corredores verdes hasta los que se sitúan en parques y campos deportivos. Es evidente que los espacios verdes de las ciudades se encuentran bajo una fuerte presión que puede provocar la reducción del tamaño. Otro problema se debe al diseño cada vez más artificial. Sin embargo, en la búsqueda de *ciudades verdes*, implica algo más que el simple hecho de reducir o revertir la pérdida de espacios verdes urbanos, las estrategias deben prestar atención también al tipo de espacios verdes en las ciudades, su tamaño y su distribución (Hall y Barret, 2012).

Es habitual que estos espacios verdes tiendan a encontrarse de forma muy dispersa dentro de las ciudades. Entre las soluciones planteadas por muchos países esta: el desarrollo de parques de barrio o para comunidades, esto requiere aceptar estos espacios verdes, tanto por su valor ecológico como recreativo; y destaca el desarrollo de corredores verdes, como exponemos a continuación.

b. Dos instrumentos: Infraestructuras verdes y *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible –SUDS-*

Buena parte de los proyectos y recursos para la mejora de los espacios, se han centrado en las infraestructuras verdes. La infraestructura verde se define como “una red (sistema de soporte de vida natural) interconectada por los cursos de agua, humedales, bosques, hábitats de vida silvestre, y otras áreas naturales; vías verdes, parques y otras tierras de conservación; granjas de trabajo, ranchos y bosques; desiertos y otros espacios abiertos que apoyan a las especies nativas mantener los procesos ecológicos, mantener el aire y los recursos hídricos y contribuir a la salud y la calidad de vida” (Comisión Europea, 2012). El motivo de que la biodiversidad constituya el eje central de la infraestructura verde es que el funcionamiento, la resiliencia de los ecosistemas y la calidad de los servicios ecosistémicos dependen de la riqueza y abundancia de las especies que albergan. En Europa, las primeras referencias al concepto infraestructura verde aparecen en documentos de política regional y de cambio climático. Sin embargo, su verdadero marco de desarrollo es la Estrategia de la Unión Europea sobre la Biodiversidad 2020, aprobada por la Comisión Europea en mayo de 2011.

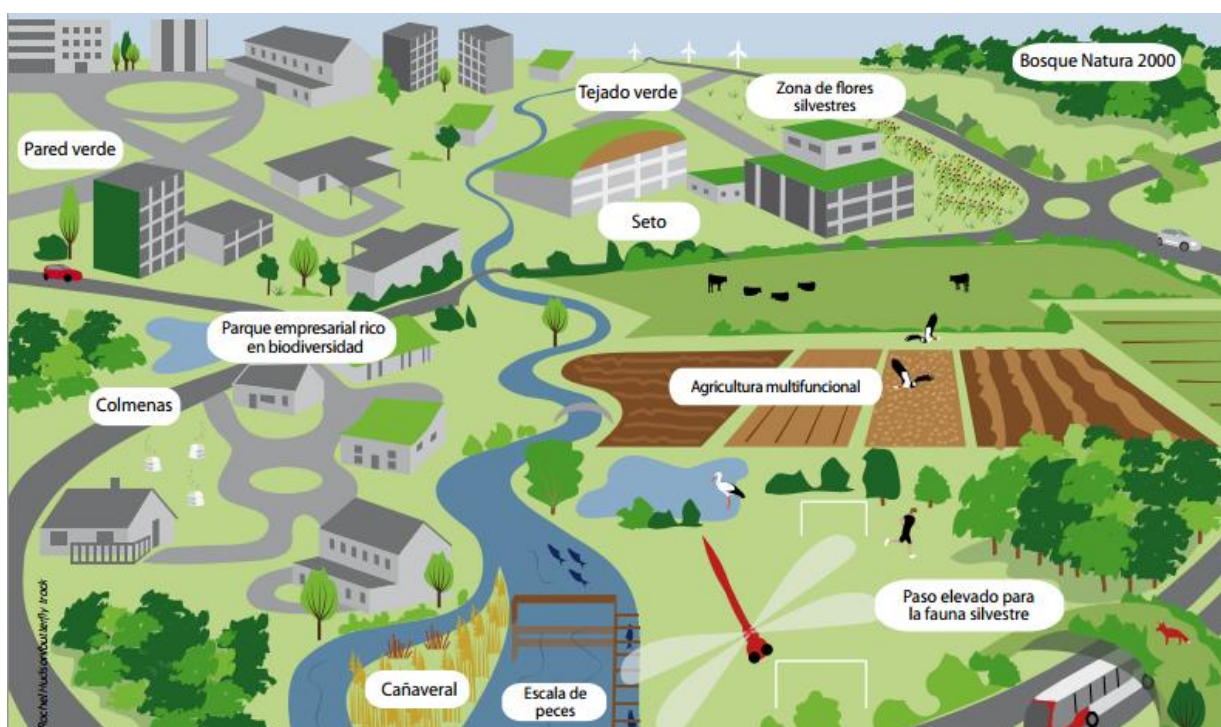
La multifuncionalidad de la infraestructura verde es una de sus principales características y un atributo que le permite atender múltiples necesidades de forma simultánea, lo que la convierte en un instrumento de carácter transversal que puede apoyar el desarrollo de numerosas políticas, tanto territoriales como sectoriales (agricultura, energía, cambio climático, biodiversidad, urbanismo, vivienda, espacio público, etc.). La Estrategia de Infraestructura verde, aprobada en mayo de 2013, ofrece un sólido marco para el diseño y ejecución de proyectos de infraestructura verde en el ámbito europeo. Uno de los puntos que destaca la Estrategia es que, para que resulten viables, los proyectos de Infraestructura verde necesitan ser integrados en los procesos de planificación y ordenación del territorio. En esta línea cabe destacar que la Infraestructura verde admite varias escalas espaciales de intervención:

- A esta escala urbana o de barrio la infraestructura verde se apoya tanto en elementos naturales como seminaturales y artificiales. Los parques y jardines, las calles y plazas arboladas, senderos para caminar, tejados y fachadas verdes, estanques o áreas de juego contribuyen a la biodiversidad y sirven para combatir el cambio climático. Estos espacios verdes son herramientas fundamentales que mejoran significativamente el bienestar de los residentes urbanos, a la vez que

contribuye a desarrollar una economía verde y sostenible.

- A escala municipal cobra especial importancia aquellos elementos con gran potencialidad ecológica como son los setos, los muros de piedra, los bosques, árboles aislados, cultivos; los ríos y pequeños arroyos constituyen los corredores ecológicos y cualquier otro tipo de masa de agua, forman parte esencial de la Infraestructura verde. Resulta fundamental desarrollar una planificación y gestión territorial que garantice la conservación y potenciación de todos estos elementos (v.figura 2).
- A escala comarcal y regional, la Infraestructura verde se concibe como un sistema formado por espacios con mayor valor ambiental, paisajístico y patrimonial, así como por las conexiones necesarias para mantener los procesos ecológicos básicos del territorio. A esta escala es esencial la conformación de redes ecológicas funcionales integradas por espacios protegidos, grandes reservorios de fauna y flora, ríos y llanuras de inundación, etc. Es importante llevar a cabo diferentes actuaciones, las cuales se dirijan a la protección de hábitats, la restauración de espacios degradados y la restitución de la conectividad ecológica.

Figura 2: Ejemplos de Infraestructuras verdes.



Fuente: European Union, 2013. [Accesible en: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_broc.pdf acceso: 22/6/2015].

La Infraestructura verde aparece por tanto como una red estratégicamente gestionada y planificada de la que depende la permanencia y el crecimiento de una comunidad. Veremos después que Zaragoza está desarrollando una mejora de las Infraestructuras verdes, a través del desarrollo de un programa europeo. Un conjunto específico de las infraestructuras verdes tienen que ver especialmente con el agua pluvial. Son los llamados *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible* –SUDS-. Éstos se definen como “elementos participantes en el drenaje de las ciudades que, además de reducir el caudal circulante por la superficie de la misma, consiguen también disminuir de forma notable la cantidad de contaminantes que arrastra el agua de escorrentía” (Abellán García, 2013). Las técnicas que componen un sistema de este tipo se pueden dividir entre estructurales y no estructurales. Las medidas no estructurales son aquellas que no precisan ni actuación directa sobre la red, ni la construcción de infraestructura alguna. Las no estructurales se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Ejemplos de *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible* –SUDS- no estructurales.

Tipo	Función
Educación y programas de participación ciudadana.	Concienciar sobre la gestión del agua y hacer partícipe a la población del proceso de gestión hidrológica
Limpieza	Adecuar la frecuencia de la limpieza y el tipo de equipo o maquinaria que se utiliza, y así reducir la cantidad de contaminantes que posteriormente serán arrastrados por el agua de escorrentía.
Evitar contacto con contaminantes	Control del uso de herbicidas y fungicidas en parques y jardines, y vigilar zonas de obra para evitar el arrastre de sedimentos e intervenir en conexiones ilegales al sistema de drenaje.
Desarrollo de procedimientos y actuaciones	Para tratar episodios de vertidos accidentales con técnicas en seco en lugar de la habitual limpieza con agua.
Recogida y Reutilización	Acción realizada por iniciativa del ciudadano.

Fuente: Elaboración propia a partir de Abellán García, 2013.

Dentro de estas medidas no estructurales, en la página web del MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente), en relación al problema de gestión del agua, encontramos multitud de ejemplos de tareas educativas realizadas en Aragón, realizadas tanto para escolares como para personas adultas. Destacan: *Desde mi aula para mi ciudad*, *Un compromiso educativo con el medio ambiente*, *Ríos limpios Aragón vivo*, *VoluntaRíos*, y *Zaragoza ciudad ahorradora de agua*.

Se consideran medidas estructurales a aquellos que gestionan la escorrentía de las aguas pluviales mediante actuaciones que contengan algún elemento constructivo o

supongan la adopción de criterios urbanísticos. Algunas de las técnicas estructurales, aunque puedan que requieran una inversión económica inicial ayudan a revalorizar la zona donde se implantan por la mejora paisajística que conllevan. Son aplicables en obras nuevas así como medida correctora en infraestructuras existentes, reduciendo problemas de escorrentías, sobrecargas y descargas, mejorando la integración paisajística y medioambiental de las infraestructuras urbanas. Además, permiten la valoración del recurso lluvia, la reducción de aguas residuales y proporcionan un recurso hídrico alternativo y permiten la recarga del nivel freático. Estas medidas y sus características aparecen en la Tabla 3.

Tabla 3: Ejemplos de *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible –SUDS-* estructurales.

Tipo	Función
Áreas de biorretención	Reducen la escorrentía y eliminan sedimentos finos, metales pesados, bacterias, nutrientes y materia orgánica.
<i>Cubiertas vegetales</i>	Concebidas para interceptar y retener las aguas pluviales, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando el caudal pico. Suelen situarse en los tejados de los edificios.
Cunetas verdes	Capturan y tratan el volumen de calidad de agua. También eliminan los contaminantes urbanos y reducen el coeficiente de escorrentía.
Depósitos de lluvia	Se emplean para recoger y almacenar el agua de lluvia que cae sobre una casa.
Depósitos enterrados de detención	Construidos bajo tierra, la función de este depósito es laminar el hidrograma mediante el almacenamiento de un volumen de escorrentía y su posterior vertido al medio
Depósitos superficiales de detención	Almacena temporalmente la escorrentía generada aguas arriba, laminando los caudales punta y atenuando los picos de caudal. Puede suponer una nueva fuente de agua como recurso.
Depósitos y estanques de infiltración	Depresiones en el terreno o embalses poco profundos, que se dedican a almacenar e infiltrar la escorrentía generada en superficies adyacentes.
Drenes filtrantes o franceses	Captan y filtran la escorrentía de superficies impermeables. También favorecen la laminación de la escorrentía.
Estanques de retención	Lagunas artificiales que tienen agua de forma permanente por lo que permiten la proliferación de flora y fauna acuática. Tienen la capacidad de eliminar metales pesados y contaminantes, ya sea por sedimentación o biodegradación
Estructuras de detención multifacéticas	Control de escorrentía urbana
Filtros de arena	Almacena el agua temporalmente y la hace pasar por varios filtros para mejorar su calidad. Puede ir a la red de alcantarillado o infiltrarse en el subsuelo.
Franjas filtrantes	Favorece la sedimentación de las partículas contaminantes arrastradas por el agua, así como la infiltración del agua.

Humedales artificiales	Control de la calidad del agua, también son útiles en el control del volumen de escorrentía. Aporta un gran potencial ecológico, estético y educacional y recreativo en el lugar en el que son emplazadas.
Pozos y zanjas de infiltración	Recoge la escorrentía desde las superficies impermeables y almacenan el agua mientras se infiltra en el terreno natural.
Superficies o Pavimentos permeables	Permite la infiltración del agua en el terreno, luego es retenida en capas subsuperficiales para su posterior reutilización o evacuación.

Fuente: Elaboración propia a partir de Abellán García, 2013.

c. Las políticas europeas de apoyo a la sostenibilidad urbana

Sabemos que las zonas urbanas son la fuente de muchos de los problemas ambientales de hoy. Los gobiernos y las autoridades locales aportan el compromiso y la innovación necesaria para abordar y resolver muchos de estos problemas. La Unión Europea impulsa estas políticas con diversas herramientas como, por ejemplo, el premio a la *Capital Verde Europea* que reconoce y valora los esfuerzos locales para mejorar el medio ambiente, la economía y la calidad de vida en las ciudades. Este premio se otorga cada año a una ciudad, que esté liderando el camino de la vida urbana junto con el medio ambiente, y que por lo tanto pueden actuar como un modelo a seguir para inspirar a otras ciudades.

Además del premio a la *Capital Verde Europea*, hay una serie de planes de acción e instrumentos de política europeos que ayudan a las ciudades y comunidades europeas a ser más sostenibles (Tabla 4).

Tabla 4: Tipología de planes e instrumentos europeos para la mejora ambiental urbana.

Denominación	Descripción
7º Programa de Acción Ambiental.	Establece una comprensión común entre los principales retos ambientales que se enfrenta Europa, y lo que hay que realizar para hacer frente de manera efectiva.
Marco de Referencia para las Ciudades Europeas Sostenibles (RFSC)	Este programa apoya a ciudades y municipios europeos en su trabajo sobre el desarrollo urbano integrado y sostenible. Dicho programa tiene como objetivo proporcionar un marco común para el desarrollo urbano sostenible Y la promoción de los beneficios de los enfoque políticos integrados en dicho desarrollo.
Hoja de ruta para una Europa eficiente en recursos	La Comisión Europea ha establecido un plan de trabajo destinado a transformar la economía europea en sostenible en el año 2050, y contribuir a utilizar eficazmente los recursos, esenciales para nuestro bienestar. Este programa propone diversas maneras de aumentar la productividad de los recursos y de disociar el crecimiento económico del uso de recursos y su impacto ambiental.

Estrategia temática sobre el Medio Ambiente Urbano	Reconociendo el importante papel de las ciudades, este programa tiene como objetivo promover un enfoque más integrado en la gestión urbana de las ciudades, y apoyar en sus esfuerzos para tal fin.
Estrategia de Desarrollo Sostenible de la UE	Las zonas urbanas desempeñan un papel muy importante dentro de los objetivos de la Estrategia de Desarrollo Sostenible de la UE. Este programa establece una estrategia única y coherente para que la UE asuma de forma eficaz su compromiso de larga duración para hacer frente a los desafíos del desarrollo sostenible.
Pensamiento verde y mejores guías e informes de Práctica	Proporciona información y ejemplos de las soluciones existentes a los municipios y las autoridades locales, es esencial ya que permite aprender unos de otros, y desarrolla planes adaptados a su situación específica.
Estrategia Europa 2020 (Eficiencia de los recursos)	La Estrategia Europa 2020, es la estrategia de crecimiento de la UE, enfocada a lograr una economía inteligente, sostenible e integradora; apoya el cambio a través del crecimiento sostenible basado en la eficiencia de los recursos y la eficiencia del bajo carbón.

Fuente: Elaboración propia a partir de *European Comission*, 2015. [Accesible en: <http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/about-the-award/policy-guidance/index.html> acceso: 22/6/2015].

Uno de los problemas para la puesta en marcha y el adecuado desarrollo de todas estas iniciativas es financiarla de forma adecuada. En esta línea, cabe decir que el nuevo presupuesto de la Unión Europea para el período 2014-2020, contará con un 5% del Fondo Europeo de Desarrollo Regional destinado hacia el desarrollo urbano sostenible. Algunos programas de financiación destacables son los siguientes: *LIFE+*; *URBACT*; *INTERREG IVC*; *Horizon 2020*; *Smart Cities and Communities*, *European Innovation Partnership* y *EU Cities Adapt* (*European Comission*, 2015).

De entre todos estos programas de financiación, destaca *LIFE+*. Éste es el instrumento financiero específico para los proyectos de conservación del medio ambiente y naturaleza en todos los países de la UE, y algunos países candidatos y vecinos. Desde 1992, el programa *LIFE+* ha cofinanciado alrededor de 2.750 proyectos por un total de 1,35 billones de €. Actualmente, este programa cuenta con un presupuesto para el período 2014-2020 de 3,4 billones de €. Uno de estos programas está teniendo desarrollo en Zaragoza.

4. La mejora de la sostenibilidad urbana en Zaragoza. Proyectos y ejemplos

En el siguiente apartado presentamos a la ciudad de Zaragoza y las diversas iniciativas de mejora ambiental, para resaltar mediante un estudio de caso la implantación de los SUDS. El interés de estas iniciativas, se ven realizadas por las mejoras que suponen en relación con los principales problemas ambientales de la ciudad. Es importante recordar que los SUDS no sólo contribuyen a la mejora en la gestión de las aguas pluviales, ya que también consiguen la atenuación de la escorrentía urbana, la mejora de la calidad local del aire, la reducción del efecto isla de calor, la conservación de la biodiversidad, la mejora de la calidad del agua y dotar a un espacio de aprovechamiento público (Abellán García, 2013). Puede verse en esta relación de mejoras que la mayoría se relaciona con el clima y en particular con el régimen de precipitaciones y con un fenómeno de especial interés para Zaragoza como es la isla de calor, aspectos con los que iniciamos este bloque.

a. Elementos de la problemática ambiental. La isla de calor.

La problemática medioambiental de la ciudad de Zaragoza deriva en buena parte de la influencia en su clima de los factores recogidos en la tabla 5.

Tabla 5: Factores condicionantes del clima en Zaragoza.

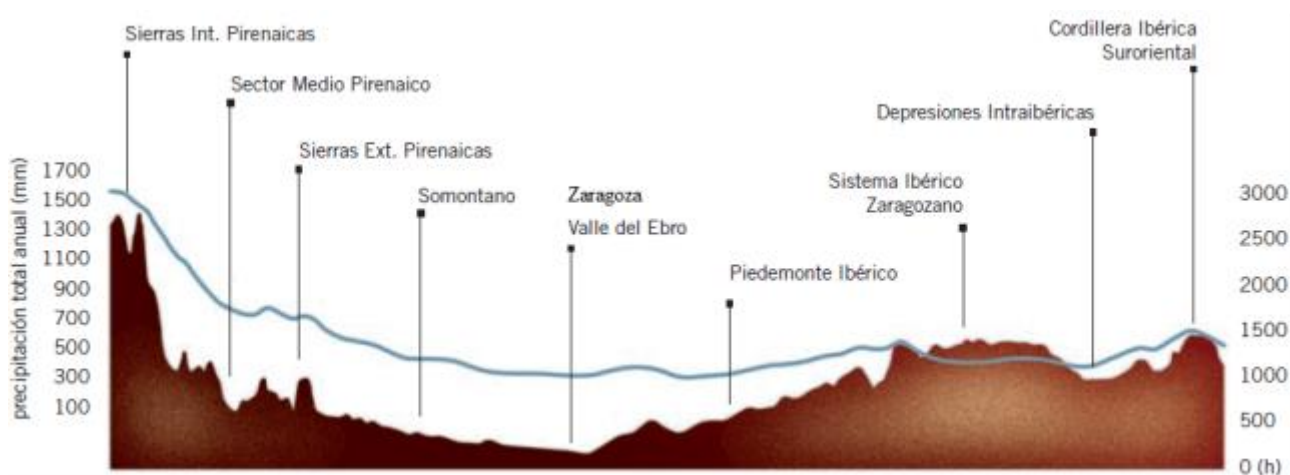
1. Factores Geográficos- Urbanos	Factores que condicionan el aumento de la temperatura y la humedad	Topografía
		Estructura Urbana
		Parques y Jardines (Vegetación)
		Reflectividad
		Distancia de los ríos
		Tráfico
		Densidad de los ciudadanos
2. Factores Atmosféricos	Factores que condicionan el viento	Cierzo
		Bochorno
		Distribución y Flujos del viento

Fuente: Ayto. de Zaragoza, 2004.

El cuadro presenta distintas causas que podemos resumir de este modo: 1. La producción de calor desprendido en las múltiples combustiones urbanas (calefacción, circulación rodada, industria, alumbrado, etc.). 2. La mayor capacidad de almacenamiento de energía solar de los materiales de construcción urbana. 3. La disminución de la evaporación, debido a la sustitución de la superficie original por un suelo pavimentado. 4. La menor pérdida de calor sensible por la reducción de la velocidad del viento originada por los edificios.

Además no puede dejarse de mencionar de forma específica algunas características muy relevantes del clima y en particular de las precipitaciones. Dentro del conjunto del territorio aragonés la precipitación total anual asciende a 548.8mm, el promedio anual de las lluvias difícilmente alcanza los 400mm en el interior de la cubeta del Ebro. Además en una franja del sector centro-oriental de Aragón la sequedad es aún más extrema al recibir una precipitación media inferior a los 350mm (Zaragoza con 315mm).

Figura 3: Precipitación total anual (mm) en Aragón.



Fuente: Diputación General de Aragón, 2007.

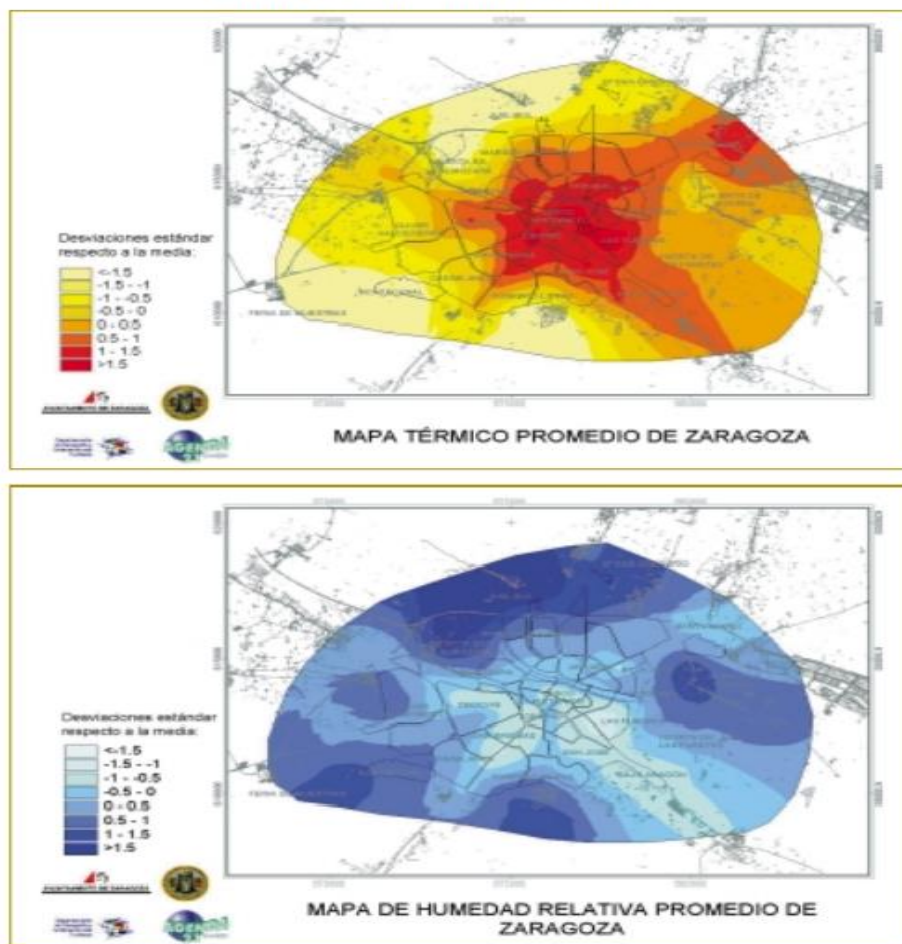
A la indigencia pluviométrica de buena parte del territorio se une un régimen claramente equinoccial, con dos cortos períodos de lluvia, primavera y otoño, separados por dos acentuados mínimos, verano e invierno. Los espacios del sector central de la región donde la penuria pluviométrica es más acusada, ofrecen por su parte máximos locales en cuanto a variabilidad, o que añade al carácter seco de esos espacios la elevada incertidumbre en cuanto al volumen pluviométrico.

En concreto, las comarcas del sector centro-oriental de la Comunidad llegan a registrar en sólo 10 días más de la mitad de todas las precipitaciones que se recogen a lo

largo de todo un año, un indicador que habla bien a las claras del elevado grado de concentración de la precipitación de esas zonas en un limitado número de eventos. Esta situación es la que ocurre en Zaragoza, una ciudad en la cual precipita entre 50 y 60 días al año, y que sufre tal concentración, llegado a precipitar durante esos 10 días, entre el 48 y el 50% de las aguas pluviales (Diputación General de Aragón, 2007).

Por su parte el fenómeno de la isla de calor, que se concreta en la mayor temperatura del centro urbano en relación con el espacio rural circundante, es en Zaragoza la modificación más clara provocada por la ciudad sobre el clima. Al igual que ocurre en todas las áreas urbanas, esta isla térmica es generada por numerosos factores (v. tabla 5). La isla térmica zaragozana presenta forma concéntrica, es decir, con isotermas nucleares cerradas y formas no muy alejadas de las circulares. Los valores máximos se localizan predominantemente en la zona centro, en la margen derecha del río Ebro, y disminuyen de modo progresivo hacia la periferia circundante de Zaragoza dibujando claramente las superficies edificadas, con descenso más rápido hacia el Suroeste, Sur y Norte de la ciudad (Ayto. de Zaragoza, 2004). (v. figura 4).

Figura 4: Isla Térmica de Zaragoza.



Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza, 2004.

b. Los proyectos europeos: *Zaragoza + Natural* y *Huertas Life Km0*

Como ya se ha señalado en el apartado 2b Zaragoza es pionera en la adopción de medidas para la sostenibilidad urbana. Esta trayectoria ha continuado recientemente mediante la presentación de proyectos a convocatorias del programa *LIFE*. Según el Dr. Pellicer² “*es muy raro que a una ciudad se le concedan dos proyectos europeos como son: Huertas Life KM0 y Zaragoza + Natural*”, pero “*es muy positiva esta concesión, ya que en tiempos de crisis se observa un mayor interés de la Unión Europea por lograr una mejora de la calidad de vida y social*”. Por último expresa la idea principal de dichos proyecto: “*Son proyectos demostrativos o bien ensayos, para intentar detectar puntos débiles en la ciudad, que sirvan para realizar algunas correcciones y no crear grandes infraestructuras*”.

Zaragoza ha ido revalorizando sus espacios naturales, recuperando sus ríos, reordenando su territorio y sus actividades económicas, apostando por una movilidad más sostenible, haciendo un uso más responsable de sus recursos, y todo ello en estrecha y permanente colaboración con el tejido social, económico y científico de la ciudad. Son numerosos y diversos los proyectos y estudios que sobre el medio zaragozano ha impulsado el Ayuntamiento enriqueciendo el conocimiento y las experiencias necesarias para orientar nuevas fórmulas de futuro de la gestión municipal en política ambiental. La aprobación de la Estrategia de Conservación de la Biodiversidad (2012), ha sido un nuevo e importante paso, siendo una de las escasas ciudades que dispone de este tipo de instrumento estratégico. De cara al futuro la ciudad de Zaragoza aspira a continuar con el desarrollo de sus políticas y prácticas ambientales, especialmente en la recuperación y potenciación de los valores naturales de la ciudad y del término municipal.

El programa LIFE+ 2012, tiene especial importancia en la ciudad de Zaragoza, ya que el Ayuntamiento presento dos propuestas a la Unión Europea, y este le concedió dos proyectos: *Huertas Life KM0* y *Zaragoza + Natural*, cuyos presupuestos y logotipos se presentan en las figuras 5 y 6.

² Agradezco al Dr. Pellicer su colaboración con el proyecto mediante la entrevista concedida el 23 de marzo en el Centro Ambiental del Ebro y los materiales y documentos proporcionados con ocasión de la misma y con posterioridad.

Figura 5: Presupuesto conjunto de *Huertas Life KM0* y *Zaragoza + Natural*.

PRESUPUESTO	
Contribución de UE	815.875 euros
Contribución municipal	
De Presupuestos Generales	795.377 euros
Aportación Neta	572.384 euros
Total	2.183.636 euros
Distribución del Presupuesto	
Personal	688.627 euros
Infraestructuras y equipamiento	785.357 euros
Gestión y ejecución	709.652 euros

Fuente: B. Ayto. de Zaragoza, 2015. [Accesible en: <http://www.zaragoza.es/ciudad/medioambiente/life.htm#natural> acceso: 22/6/2015].

Figura 6: Logotipo de los proyectos *Huertas Life Km0* y *Zaragoza + Natural*.



Fuente: B. Ayto. de Zaragoza, 2015. [Accesible en: <http://www.zaragoza.es/ciudad/medioambiente/life.htm#natural> acceso: 22/6/2015].

i. Aspectos del proyecto *Huertas Life Km0*.

El primero de los proyectos es *Huertas Life KM0*, el cual tiene una duración de 3 años y 4 meses (del 01/09/2013 al 31/12/2016). Este proyecto se sitúa dentro del contexto, en el que los terrenos de huerta que rodean Zaragoza ofrecen una oportunidad ambiental y permiten generar una actividad económica de gran valor (B. Ayto. de Zaragoza, 2015). Los objetivos que se marcan son los siguientes:

- Recuperar el suelo fértil periurbano de Zaragoza en que tradicionalmente, se han ido cultivando frutas y hortalizas.
- Regenerar la biodiversidad de flora y fauna, y adaptar el suelo cultivable para una agricultura natural.
- Impulsar y apoyar la actividad de nuevos eco-agricultores.
- Construir tres nuevos huertos urbanos para su uso y disfrute por parte de los ciudadanos, como base para el nuevo eco-agricultores.

- Recuperar las acequias.

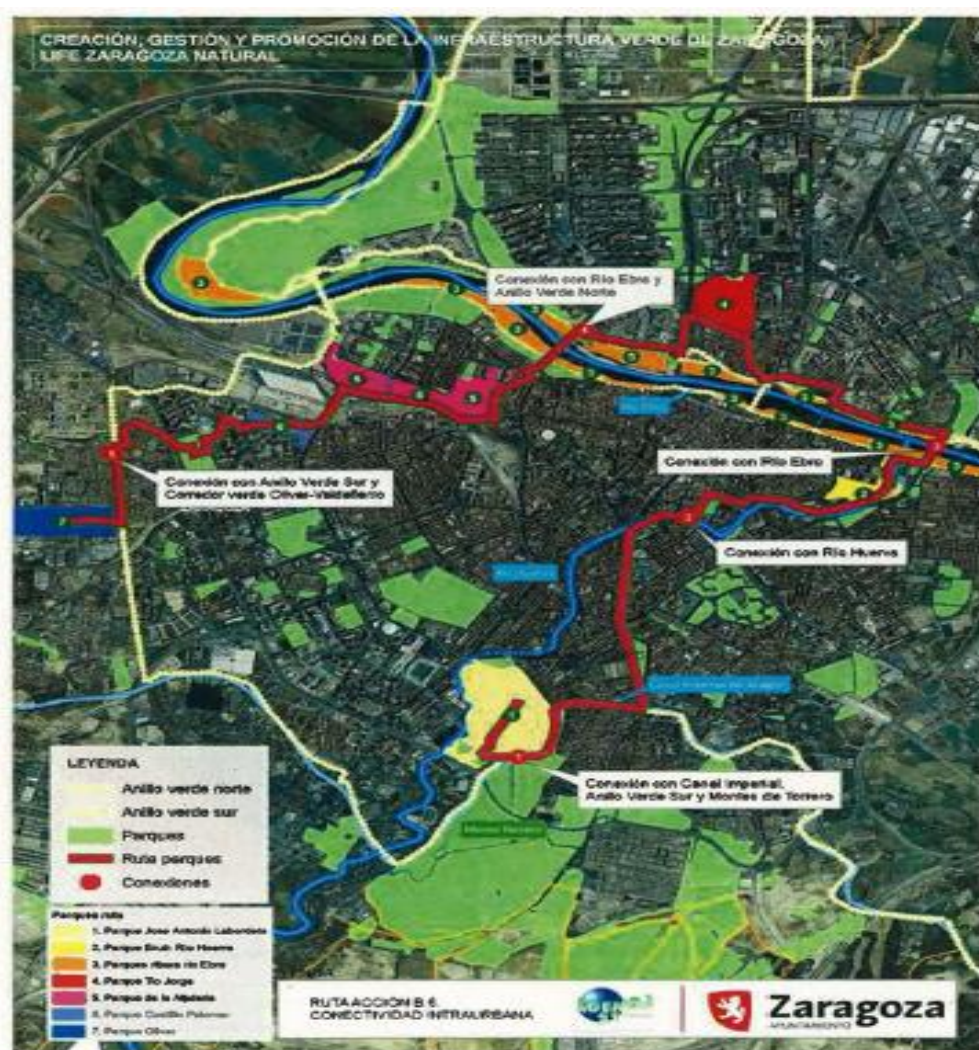
ii. Aspectos del proyecto *Zaragoza + Natural*.

El segundo de los proyectos es **Zaragoza + Natural**, el cual tiene una duración de 3 años y 4 meses (del 01/09/2013 al 31/12/2016). El objetivo general del proyecto es proteger, mejorar, valorizar, conocer y dar a conocer la Infraestructura verde de Zaragoza, que incluye los Lugares de Interés Comunitario (LIC's) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAS), pero también el anillo verde y otros espacios de interés natural del término municipal, de gran singularidad a escala europea por su cercanía a una gran ciudad y estado de conservación (B. Ayto. de Zaragoza, 2015). Los objetivos a alcanzar en dicho proyecto, son:

- Dar naturaleza y protección jurídica a la Infraestructura verde de Zaragoza.
- Mejorar el estado ecológico, mediante intervenciones concretas y altamente demostrativas.
- Mejorar su conectividad y coherencia a través de la matriz verde (espacios naturales de carácter forestal o estepario) y la matriz azul (espacios fluviales y humedales), tanto dentro del casco urbano como la conexión de dichas matrices, aprovechando los Anillos Verdes (senderos, vías pecuarias, caminos) como corredores ecológicos.
- Aumentar el grado de conocimiento a la población, sobre los espacios naturales de Zaragoza.
- Convertir el entorno de Zaragoza en un recurso turístico, para promover la economía verde y el turismo de calidad.

Entre las acciones contempladas destacan las enfocadas a la mejora de la conectividad entre los distintos espacios de interés. Dichas acciones incluirán señalización de caminos y rutas entre los LIC y otros espacios húmedos, así como los corredores fluviales, tareas relacionadas con la función ecológica de canales y acequias de riego y conectividad de la infraestructura verde intraurbana y extraurbana, mediante recuperación y señalización de senderos (v. figura 7)

Figura 7: Conectividad Intraurbana Zaragoza.



Fuente: *European Commission*, 2013.[Accesible en:
<http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/Zaragozanaturallifeenves.pdf>.
acceso: 22/6/2015].

c. Estudio de caso: Los *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible* -SUDS- en Zaragoza.

i. Introducción. Hacia un censo de los SUDS en Zaragoza

Como ya se ha explicado, los *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible* son un tipo especial de infraestructura verde. Los que son objeto de estudio en este proyecto pertenecen a las siguientes categorías: *cubiertas vegetales*, *humedales artificiales*, *depósitos de lluvia*, *depósitos y estanques de infiltración*, y *pavimentos permeables* (v. tabla 6).

Tabla 6: SUDS estructurales considerados en este proyecto.

<i>Cubiertas vegetales</i>			
Denominación	Localización	Año	Promotor
Recinto EXPO	C/ Pablo Ruiz Picasso, 61-D, 50018 (Zaragoza)	2008	Sociedad Expo Zaragoza2008 – Público
Escuela Infantil Barrio Oliver	C/ Antonio Leyva s/n, 50011 (Zaragoza)	2006 – 2007	Ayuntamiento de Zaragoza, Suelo y Vivienda de Aragón – Público
Jardín Vertical Delicias	Confluencia entre C/Caspe y C/ Delicias s/n, 50017 (Zaragoza)	2008	Asociación de Vecinos Delicias "Manuel Viola" – Público
Centro Ambiental del Ebro	Plaza Europa 1-3(Junto al Puente de la Almozara),50001 (Zaragoza)	2007-2009/2011	Ayuntamiento de Zaragoza – Público
Pavimento verde en el Tranvía Zaragoza	12,8 Km. Unión de los Barrios de Valdespartera y Parque Goya (Zaragoza)	2011	Ayuntamiento de Zaragoza – Público
Escuela Arte y Diseño	Avda. María Zambrano, 5, 50018 (Zaragoza)	2009	Ayuntamiento de Zaragoza – Público
Museo de la Naturaleza y el Viento	Avda. Reina Sofía 1, 50196, La Muela (Zaragoza)	2004	Ayuntamiento de La Muela – Público

<i>Depósito de lluvia</i>			
Denominación	Localización	Año	Promotor
<i>Depósito de lluvia en Avda. Alcalde Caballero</i>	Avda. Alcalde Caballero confluencia Ronda Nordeste (Zaragoza)	2011	Ayuntamiento de Zaragoza – Público
<i>Depósito de lluvia en Parque Venecia</i>	Parque Venecia junto a Ronda Hispanidad (Zaragoza)	2009-2012/2013	Ayuntamiento de Zaragoza – Público
<i>Depósitos y estanques de infiltración</i>			
Denominación	Localización	Año	Promotor
<i>Depósito y estanque de infiltración en Valdespartera</i>	Vial de separación Valdespartera – Arcosur junto con la Calle Salomón y la Reina de Saba, 50019 (Zaragoza)	2007	Ayuntamiento de Zaragoza – Público
<i>Depósito y estanque de infiltración en Montecanal</i>	C/San Juan Bautista de la Salle, 50012 (Zaragoza)	2008	Ayuntamiento de Zaragoza – Público
<i>Depósito y estanque de infiltración en Villanueva de Gállego</i>	C/Río Piedra s/n, 50830, POLI IND Villanueva de Gállego (Zaragoza)	2008	ARC Distribución Ibérica y Prologis – Privado

<i>Humedales Artificiales</i>			
Denominación	Localización	Año	Promotor
Parque del Agua Luis Buñuel	Avda de Ranillas, 109, 50018 (Zaragoza)	2008	Sociedad Expo Zaragoza2008 – Público
<i>Pavimento Permeable</i>			
Denominación	Localización	Año	Promotor
<i>Pavimento permeable</i> Recinto EXPO	C/ Pablo Ruiz Picasso, 61-D, 50018 (Zaragoza)	2008	Sociedad Expo Zaragoza2008 – Público

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Los ejemplos recopilados en la tabla 6 proceden de diversas fuentes. Además para completar dicha tabla hemos realizado diversas consultas.³ Hemos observado que no hay información recogida de forma sistemática por lo que este estudio de caso podría ser una primera aproximación a un futuro *censo* de estos sistemas en Zaragoza. Como se ve en la tabla los SUDS más extendidos en la ciudad de Zaragoza son los relacionados con las *cubiertas vegetales*. En esta línea Zaragoza coincide con otras ciudades europeas que han venido adoptando estas medidas en los últimos veinte años, por diversas razones: contribuyen a mejorar el valor estético de los edificios, reducen el efecto de la isla de calor mediante el aumento de la evapotranspiración, mejoran la calidad del aire y protegen la biodiversidad. Estas *cubiertas vegetales* representan una parte significativa de la superficie de los centros de las ciudades, sobre todo disponible en nuevas infraestructuras; las *cubiertas vegetales* también pueden aparecer como una herramienta útil para resolver problemas operativos a escala de la cuenca hidrográfica mediante la reducción del volumen de escorrentía (Versini *et al*, 2014).

La tabla 6 deja claro que la mayor parte de los ejemplos corresponden a espacios e iniciativas de carácter público. El Ayuntamiento de Zaragoza aparece como un promotor destacado, ya que 8 de los 14 los ejemplos estudiados se sitúan en edificios o espacios municipales. Se trata también de iniciativas recientes, relacionadas muchos de ellos con la celebración de la Expo 2008. Posteriores son algunas iniciativas privadas como la del Jardín vertical de la Asociación de Vecinos de Delicias. En cuanto a su localización cabe decir que están las nuevas áreas de expansión (Valdespartera o

³ Hemos acudido al Servicio de Ingeniería Ambiental del Ayuntamiento de Zaragoza donde nos atendió el jefe de servicio, D. José Navalmuel. También hemos solicitado la colaboración de D^a Montserrat Hernández ingeniera y jefa de la Unidad Técnica de Gestión Forestal, y el geógrafo D. Javier Albu. Vaya a todos ellos nuestro agradecimiento.

Montecanal) aunque también hay ejemplos en el centro o en barrios ya antiguos como las Delicias; cabe indicar que en la anterior lista se han incorporado dos ejemplos de localidades del entorno (Villanueva de Gállego o La Muela), para realzar su importancia creciente en todo tipo de espacios y usos. En los siguientes apartados nos referimos a cada uno de los tipos principales de forma diferenciada.

ii. Los tipos principales. Presentación y ejemplos

a. *Cubiertas vegetales*

Como ya he mencionado con anterioridad, en la ciudad de Zaragoza destacan las *cubiertas vegetales*, concretamente hemos podido encontrar siete ejemplos de *cubiertas vegetales* distribuidas en toda la ciudad. En primer lugar, se destacan las azoteas de los recintos de la Expo Zaragoza 2008, en los cuales se instaló este tipo de SUDS, pero especialmente en dos puntos: el Acuario y la plaza temática *Aguas compartidas* (recinto 18 de la exposición). El Acuario dispone de una cubierta verde transitable que se riega con agua del Ebro y cae como una pantalla de agua, en forma de cascada por algunas zonas de la fachada del edificio. En la plaza *Aguas compartidas* se instaló un sistema de plantas aromáticas que permite creaciones paisajísticas y combinaciones entre zonas ajardinadas y zonas peatonales. En comparación con un sistema intensivo (como el sistema “Cubierta jardín”), el mantenimiento del sistema “Plantas aromáticas” es mucho menor (*Promateriales*, 2008). De los anteriores recintos mencionados, el único que todavía se encuentra activo es el Acuario de Zaragoza.

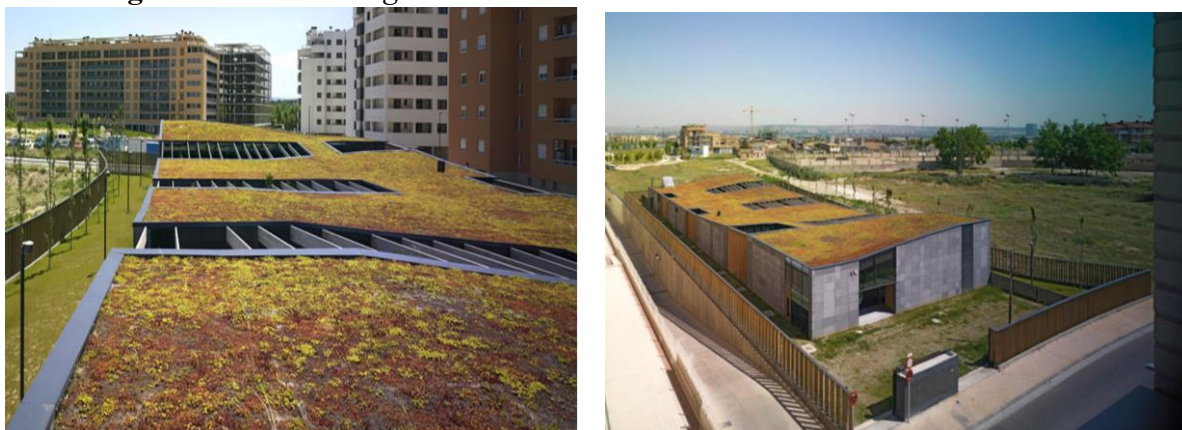
Figura 8: *Cubiertas vegetales en Expo Zaragoza.*



Fuente: Sers, 2008. [Accesible en: <http://www.sers.es/proyectos/sostenibilidad-urbana/urbanizacion-recinto-expo-2008-accesos-zonas-exteriores.html> acceso: 22/06/2015].

En segundo lugar, la Escuela Infantil Oliver (sita en la Calle Antonio Leyva) posee una *cubierta vegetal* ligera que no supera los 150 kg/m^2 , aportando todos los beneficios térmicos del acabado natural. La instalación de esta *cubierta vegetal* se encuentra enmarcada en las actuaciones del Plan de Barrios del Ayuntamiento. Anexa a una dolina inactiva, esta cubierta vegetal se presenta ante su entorno inmediato como un elemento urbanizador; esta escuela es en sí la continuación del área verde que contempla el plan urbanístico para la dolina (Carroquino, S. 2010).

Figura 9: *Cubierta vegetal en la Escuela Infantil del Barrio Oliver.*



Fuente: Carroquino, S., 2010 [Accesible en: <http://es.slideshare.net/carroquinoarquitectos/cubiertas-vegetales-santiago-carroquino-3772732> acceso: 22/6/2015].

En tercer lugar, nos referimos al llamado Jardín Vertical de Delicias, situado en el barrio más poblado de Zaragoza. Durante los años cincuenta y sesenta, se produjo la

llegada de emigrantes procedentes de zonas rurales de toda España provocando un crecimiento rápido y desordenado de su tejido urbano, desde entonces sufre un déficit de equipamientos y de zonas verdes. Durante los años ochenta se realizaron algunas actuaciones de mejora, como la conversión en zona peatonal de su eje principal, la calle de Las Delicias, o la creación de algunas áreas verdes y de recreo. Pero durante las dos décadas siguientes el barrio ha recibido el empuje de nuevas migraciones, y ha visto cómo se incrementaba su densidad y el deterioro físico de muchos de sus inmuebles. Este era el caso del edificio sito en la confluencia de la calle Caspe con la calle de Las Delicias, que con el cambio de siglo tuvo que ser derribado preventivamente.

La asociación de vecinos del barrio de Las Delicias promovió en 2007 una actuación para convertir el solar del edificio derribado en un espacio público. El objetivo era fundar un lugar representativo que pudiera convertirse en un punto de encuentro para la comunidad y en un espacio de ocio, de integración social y de relación con la naturaleza. Se dio lugar a un edificio público de 14,40 metros de altura con una superficie vertical de 800 m² de jardinería y 84 especies diferentes, con detalles de cubiertas de vegetación y placas fotovoltaicas sobre cubierta (A. Ayto. de Zaragoza, 2008). Actualmente, dicho espacio cerrado desde el día 31 de Diciembre de 2014, se encuentra en un estado de abandono y dejadez, no solo por parte del Ayuntamiento sino también por los ciudadanos; de entre sus múltiples problemas, se destacan: deficiencias en el riego, luces rotas y filtraciones en el sótano (Heraldo de Aragón, 2015).

Figura 10: Jardín Vertical de Delicias.



Fuente: Elaboración propia.

Como cuarto ejemplo tenemos el Centro Ambiental del Ebro, construido por el Ayuntamiento de Zaragoza para la realización de estudios, proyectos y acciones conducentes a mejorar la calidad ambiental y paisajística de la ciudad, y difundir sus valores dentro de un programa denominado "Malla Verde y Azul" (integrado a su vez en el ya citado proyecto *Zaragoza + Natural*). El Centro Ambiental del Ebro tiene un doble objetivo, por una parte la revitalización ecológica de la ciudad y por otra el fomento de actividades saludables, recreativas y educativas que propician el disfrute de espacios verdes urbanos y su entorno rural y natural. Sobre la cubierta del edificio, hay un huerto de 36 m², el cual muestra la capacidad de producción de un espacio tan reducido ya que es capaz de proporcionar alimentos vegetales, así como otra *cubierta vegetal* acompañado de una placa solar. (A. Ayto. de Zaragoza, 2015).

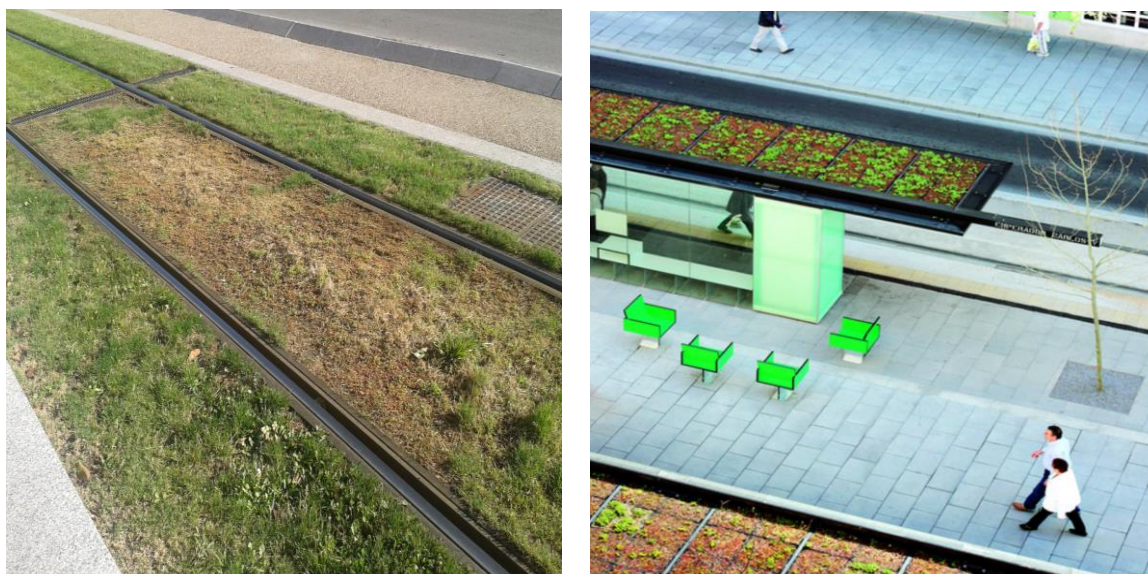
Figura 11: Centro Ambiental del Ebro.



Fuente: A. Ayto. de Zaragoza, 2015. [Accesible en: http://www.zaragoza.es/ciudad/centros/detalle_Centro?id=7168 acceso: 22/06/2015].

El quinto ejemplo se relaciona con la implantación de la primera línea del tranvía que atraviesa la ciudad de Zaragoza completamente de norte a sur. Como inversión en Infraestructuras verdes, se destaca la instalación de marquesinas con cubiertas acabadas superiormente con un jardín autosuficiente de plantas de clima seco y poco suelo, que aísla de la radiación solar. También encontramos la instalación en distintos tramos de la plataforma una ‘alfombra verde’ de césped natural, que en algunos puntos se encuentra en mal estado (*Metalocus*, 2012).

Figura 12: *Cubierta vegetal* en el Tranvía de Zaragoza.



Fuente: 1ª Imagen: Elaboración propia. 2ª Imagen: *Metalocus*, 2012. Accesible en: <http://www.metalocus.es/content/es/blog/el-proyecto-de-tranv%C3%ADa-zaragoza-premiado-por-la-uitp> acceso: 22/6/2015.]

Nuestro sexto ejemplo es la Escuela de Arte y Diseño de Zaragoza, un edificio desarrollado en planta baja y dividida en módulos, que incorpora una *cubierta vegetal* con placas solares. Consiste en 3.325 m² de *cubierta vegetal*, cuyo tratamiento permite la consideración del espacio de azotea como un espacio de prácticas docentes (Carroquino, S. 2011).

Figura 13: Plano y Edificio de la Escuela de Arte y Diseño, donde se ve la disposición de la *cubierta vegetal*.



Fuente: Carroquino, S.2011. [Accesible en: <http://www.andimat.es/wp-content/uploads/d-joaquin-sicilia-arquitecto-sicilia-y-asociados-arquitectura.pdf> acceso: 22/6/2015].

Por último, fuera de Zaragoza, encontramos el Centro de Interpretación de la Energía Eólica de La Muela o Museo de la Naturaleza y del Viento. Un espacio diseñado para el estímulo del conocimiento científico. Este museo se creó como homenaje al viento, siendo uno de los impulsos económicos de La Muela; en dicho museo, se han incorporado 750 m² de *cubiertas vegetales*, además, elementos simbólicos vinculados con las experiencias de ambos museos con el arte (Carroquino, S. 2011).

Figura 14: Museo de la Naturaleza y el viento en La Muela.



Fuente: Carroquino, S., 2011. [Accesible en: <http://www.andimat.es/wp-content/uploads/d-joaquin-sicilia-arquitecto-sicilia-y-asociados-arquitectura.pdf> acceso: 22/6/2015.]

b. Depósitos de lluvia

Junto con las *cubiertas vegetales*, en la ciudad de Zaragoza existen también otros tipos de SUDS que ayudan a mantener la calidad medioambiental de la ciudad. Estos son: *depósitos de lluvia*, *depósitos y estanques de infiltración*, *humedales artificiales* y *pavimentos permeables*.

De entre los *depósitos de lluvia*, puedo desatacar dos en toda la ciudad. El primero de ellos, se encuentra en la Avda. Alcalde Caballero confluencia Ronda Nordeste. Esta infraestructura, cuyo elemento principal es un depósito de 9.360m³ y con una capacidad de bombeo de 1.500 l/s, recoge las aguas pluviales de la margen izquierda cuando en situaciones de avenida el nivel del río impide el desagüe a través del alcantarillado. Así, el agua recogida en los colectores se bombea desde el tanque hasta la superficie para que los colectores puedan funcionar aun estando por debajo del nivel del agua en el cauce. Este tanque recogerá el agua que descargue entre la avenida

Pirineos, la autopista del Nordeste, el río Gállego y el Ebro, que en total comprende una superficie de 671 ha.

Las obras consistieron en la ejecución de un depósito de laminación de aguas pluviales (Depósito de lluvia), más las casetas de motobombas, en el solar ubicado en la confluencia de las avenidas San Juan de la Peña y Alcalde Caballero. Estas obras dan solución a un problema histórico del barrio: el crecimiento urbanístico de la Margen Izquierda en los últimos años, y la consiguiente ampliación de las zonas que vierten las aguas pluviales a la red de colectores municipales (en la zona de confluencia de San Juan de la Peña con la Avda. Academia General Militar), ya que se producen inundaciones puntuales en casos de lluvias torrenciales que afectan a bajos y garajes de un buen número de edificios, debido a la antigüedad y el escaso diámetro de la red existente se ha visto totalmente desbordada en estas circunstancias (Ayto. de Zaragoza, 2007).

Dicha infraestructura, no se encuentra al aire libre por lo que es muy difícil situarla, se encuentra debajo de una zona recreativa.

Figura 15: *Depósito de lluvia en Avda. Alcalde Caballero.*



Fuente: Elaboración propia.

El segundo, corresponde a un depósito de lluvias localizado en la Urbanización Parque Venecia, en el que anteriormente existía una amplia zona de tierra con vegetación que absorbía mucha agua. Esta infraestructura consta de un muro de 100 metros de largo y 10 metros de altura máxima, y se encuentra concebido como un icono que caracteriza al nuevo barrio y que sirve de acceso a la plaza soterrada o depósito de

laminación (Depósito de lluvia). Dicho depósito de laminación está dimensionado para hacer frente a los intensos caudales de lluvia que incidan sobre el sector evitando así el vertido directo de esta agua a la red municipal, cuyo diámetro y capacidad son insuficientes, ya que el sistema de alcantarillado de Zaragoza se realizó para una ciudad con unas dimensiones menores a las de ahora.

Este recinto de gran superficie (3.150 m^2), es utilizado como espacio laminar supeditado a la frecuencia e intensidad de las lluvias (capacidad para albergar unos 9.000 m^3 de agua). Otra de las virtudes, es que ha sido diseñado como un espacio urbano o plaza peatonal al abrigo del incómodo cierzo de esta zona alta de la ciudad, para que pueda ser utilizado por el ciudadano durante la mayor parte del año; cuatro escaleras situadas en las esquinas de esta infraestructura que permiten el acceso a la plaza soterrada y la conexión con el barrio. La incorporación de rampas de anchura suficiente situadas en el espesor del muro acústico permite el acceso de vehículos de servicio o mantenimiento, y un uso más amplio del recinto (Fernández Elorza, H. Fernández Ramírez, M. 2011).

Figura 16: *Depósito de lluvia en Parque Venecia.*



Fuente: Elaboración propia.

c. *Depósitos y estanques de infiltración*

Otros SUDS a destacar, son los *depósitos y estanques de infiltración*. En la ciudad de Zaragoza proponemos dos ejemplos. El primero se localiza en el barrio de Valdespartera. Configurado como un espacio lúdico multifuncional, esta área se

encuentra compuesta por dos grandes lagos de 4 Ha que se convierten en la zona verde de mayor referencia del barrio. Estos lagos recogen el agua de lluvia del lado Oeste de la urbanización, y de la escorrentía procedente de las obras de drenaje del Cuarto Cinturón. Además, tienen la capacidad para almacenar 90.000 m³ de agua en previsión de cortes de suministro del Canal (B. Ayto. de Zaragoza, 2008).

Figura17: *Depósitos y estanques de infiltración en Valdespartera.*



Fuente: Elaboración propia.

El segundo ejemplo está situado en Montecanal. Es una zona que combina la estética con la función de almacenamiento de aguas pluviales. El agua de lluvia es recogida mediante una red de saneamiento que va a parar al lago, para después ser utilizada en el riego de los jardines. En las viviendas de la zona existen dos bocas de agua, una para el consumo humano (agua de boca) y otra para el riego de los jardines (B. Ayto. de Zaragoza, 2008).

Figura 18: *Depósitos y estanques de infiltración en Montecanal.*



Fuente: Elaboración propia.

Hemos considerado oportuno referirnos también a otro depósito situado en Villanueva de Gállego. Este municipio se encuentra en la necesidad de disponer complejos y costosos tratamientos de potabilización intensivos para poder destinar el agua captada al abastecimiento humano, debido a su pésima calidad. Para ello, se construyó un depósito impermeable, para el almacenar y reutilizar el agua de lluvia, tanto para el riego de las zonas ajardinadas como para su uso como agua sanitaria (recarga de inodoros y agua para limpieza). Sólo cuando este depósito de reutilización está lleno, el agua de lluvia captada en la cubierta rebosa al depósito anexo de laminación-infiltración (Perales Momparler, S., 2008).

Figura 19: *Depósito y Estanque de infiltración en Villanueva de Gállego.*



Fuente: Perales Momparler, S., 2008. [Accesible en: <http://www.zaragoza.mobi/contenidos/medioambiente/cajaAzul/33S8-P3-Sara%20PeralesACC.pdf> acceso: 22/06/2015].

d. Humedales artificiales

Las dos últimas infraestructuras seleccionadas para el proyecto nos llevan de nuevo al espacio en el que se celebró la Expo Zaragoza 2008. Encontramos aquí un ejemplo de *Humedales artificiales* del Parque del Agua, que funcionan como una gran máquina de depuración de agua y a la vez conectan con el resto de la ciudad a través de las riberas del río Ebro. De este modo, a la vez que se ejecutan las acciones de tratamiento de agua de un modo sostenible, se da un valor estético y de habitabilidad añadido a este espacio. Una de las lagunas del parque realiza funciones de depuración debido a la presencia importante de vegetación acuática. Es un sistema natural que consiste en disminuir la contaminación del agua a través de las reacciones biológicas que provocan diversos microorganismos en la eliminación de gérmenes patógenos. En este caso son lagunas aerobias, es decir, con oxígeno disuelto en toda la masa de agua,

necesario para que los citados microorganismos realicen su labor (Sociedad Municipal Zaragoza Arroba Desarrollo Expo S.A, 2015).

Figura 20: *Humedal artificial con función de depuración.*



Fuente: Elaboración propia.

Las funciones de desagüe corresponden a un conjunto de lagunas situadas en el extremo del meandro en un área de inundación. Están interconectadas entre sí y por último con el Ebro y su función es recoger el caudal sobrante de la renovación de los canales y balsas, y evacuarlo hacia el soto para devolverlo al río. También realizan una importante labor para el ecosistema fluvial, pues aprovechando lagunas ya existentes y sus tamarizales se crean hábitats de gran valor ecológico. Estos humedales naturalizados constituyen un lugar idóneo como áreas de nidificación y de parada estacional de aves migratorias así como de asentamiento de otras especies animales (Sociedad Municipal Zaragoza Arroba Desarrollo Expo S.A, 2015).

Figura 21: *Humedal artificial con función de desagüe.*



Fuente: Elaboración propia.

e. Pavimentos permeables.

Por último también en el recinto de la exposición internacional encontramos un ejemplo de *pavimentos permeables*. Está en el frente fluvial formado por las seis plazas temáticas que se disponen paralelas al río y se unen por un bulevar ecológico, de 370 metros de largo y 20 de ancho, construido con un pavimento continuo inspirado en el del paseo de Copacabana de Río de Janeiro (Brasil) del paisajista Roberto Burle Marx, que simulan olas en movimiento. El pavimento cubre todo el espacio del paseo entre las plazas, las zonas ajardinadas y las fuentes y se adapta a la geometría del bulevar mediante la utilización de piezas pequeñas y permeables, lo que permiten el crecimiento de cierta vegetación en los espacios menos pisados. Se presenta en diversos colores para diferenciar áreas o para expresar algún orden superior; en el paseo hay también un anfiteatro sobre la ribera del Ebro, que permitió contemplar los espectáculos que se hicieron sobre el río (Jimeno Urban, A. 2008).

Figura 22: *Pavimento permeable* en la Expo Zaragoza.



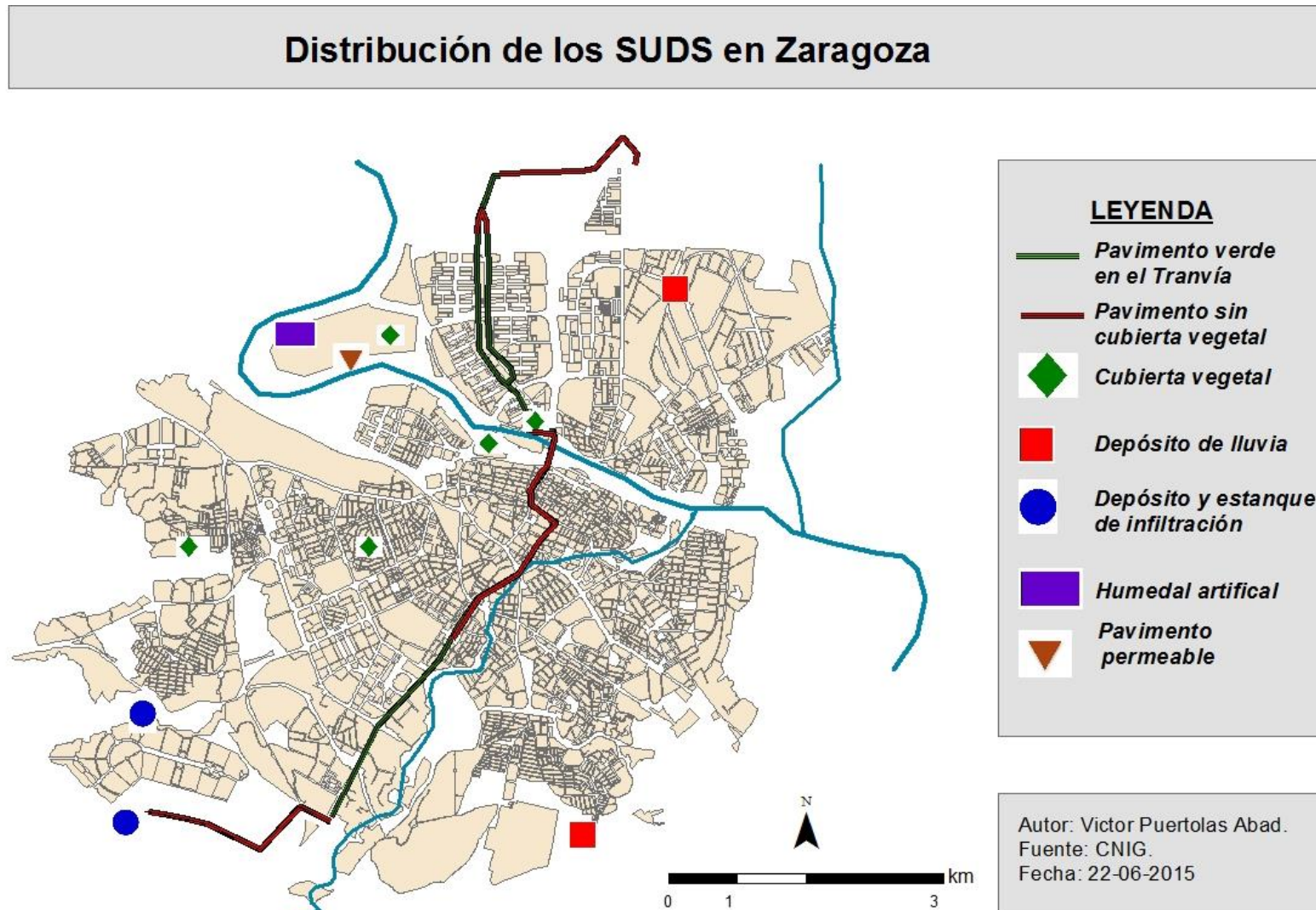
Fuente: *Sistemas Urbanos Drenaje Sostenible S.L.*, 2008. [Accesible en: <http://drenajesostenible.com/referencias/> acceso: 22/06/2015].

iii. Síntesis del inventario de SUDS en Zaragoza.

Como síntesis del trabajo realizado presentamos el mapa de la figura 23. Es importante tener en cuenta que el mapa no pretende ser exhaustivo y que es probable que existan otros ejemplos además de los que están en él recogidos. Pero como ya se ha dicho, la información existente es muy escasa y ello sugiere la necesidad de continuar

la investigación. En todo caso el mapa refleja un claro contraste centro-periferia entre los sistemas específicamente diseñados para el control de la escorrentía (*depósito de lluvia y depósito y estanque de infiltración*) situados en las áreas de expansión urbana y los sistemas de carácter vegetal que se encuentra en las áreas del interior. Destaca también la concentración de estos equipamientos en el recinto de la Exposición Internacional, como herencia de la misma.

Figura 23: Mapa de la distribución de los SUDS en Zaragoza.



5. Conclusión

Tras haber finalizado este estudio, procede valorar en si los objetivos propuestos en el mismo se han cumplido. Creemos que el objetivo de establecer la problemática ambiental de las grandes ciudades europeas ha quedado cubierto así como la referencia detallada a las correspondientes políticas europeas. En cuanto a la trayectoria reciente de Zaragoza, hemos conocido los proyectos y programas que plantea *Zinnæ* y podemos afirmar que corresponden con las importantes necesidades hídricas de la ciudad, con lo cual podemos afirmar que este Clúster hace frente a verdaderos desafíos medioambientales.

Una vez comprobado el punto anterior, hemos reseñado algunas condiciones medioambientales de Zaragoza que justifican la adopción de políticas relativas al medio ambiente. Entre los hechos más destacables está que aunque Zaragoza dispone de agua debido a la presencia y caudal del río Ebro, las precipitaciones son escasas en comparación con ciudades tanto españolas como europeas. En cuanto al calor, hemos destacado el fenómeno de la isla de calor según el cual éste se concentra en el centro de la ciudad (área urbana). Para hacer mejorar el confort y la sostenibilidad ambiental, hemos estudiado la implantación -gracias a los fondos europeos obtenidos en convocatorias competitivas- de programas tales como *Zaragoza + Natural y Huertas Life Km0* cuyo desarrollo se extiende hasta el año 2016.

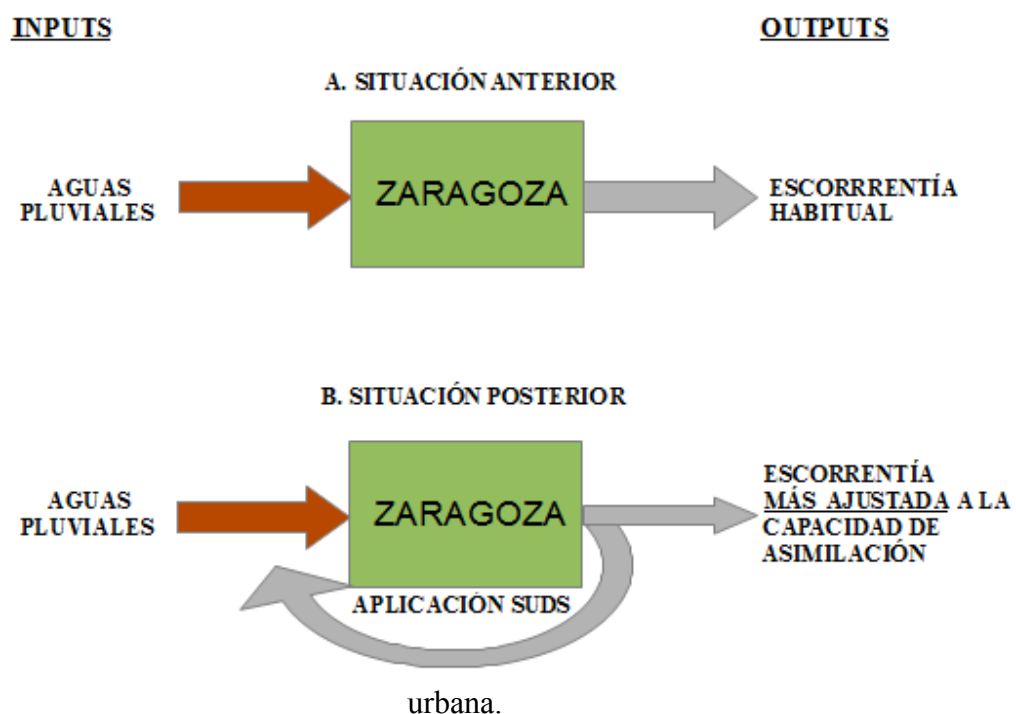
Por último hemos abordado el análisis de los *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible* –SUDS–. En Zaragoza realmente, no sería necesaria como tal la existencia de los SUDS, puesto que como ya hemos mencionado con anterioridad está totalmente abastecida tanto en calidad como en cantidad por las aguas del río Ebro. Pero, no por tener un recurso en abundancia tenemos que aprovecharlo sin más, sino que debemos sacarle todo el partido posible. Como hemos podido comprobar, en la ciudad de Zaragoza se han realizado varias experiencias en relación con los SUDS, aunque con menos presencia que en otras ciudades porque no se trata de una iniciativa considerada como prioritaria en la Agenda 21 local. En el conjunto de los ejemplos mostrados destacan los realizados en el marco de la Expo 2008. Con posterioridad parece haberse perdido el ritmo de implantación de nuevas medidas y sólo aparecen recogidas algunas iniciativas en concepto de recuperación de acequias dentro del proyecto *Huertas Life Km0*.

En relación con las *cubiertas vegetales*, creemos que su implementación podría ser útil para evitar algunos problemas de inundación. En combinación con otros SUDS,

las *cubiertas vegetales* pueden ser importantes desde el punto de gestión del agua urbana, reduciendo significativamente la cantidad de agua que fluye en la red de alcantarillado durante las tormentas (Versini *et al*, 2014). Por ello recomendamos promover su difusión en los nuevos desarrollos urbanos. Hay que tener en cuenta no obstante que no podemos dejarlas sin ningún tipo de conservación, ya que como mínimo es necesario una limpieza de la superficie, es decir, cierto grado de mantenimiento. Por ello, es necesario realizar un despeje de las canaletas y de la vegetación no deseada, y así evitar la presencia de especies invasoras. Es necesario además concienciar a la población para evitar situaciones de deterioro tan graves como la del Jardín vertical de las Delicias. Todo ciudadano debería estar atento al cuidado y no al abandono de estos sistemas, para lograr una situación medioambiental óptima.

Las medidas descritas en el proyecto confirman la progresión de Zaragoza en el camino hacia la sostenibilidad descrita en la Figura 1. La figura 24 resume la mejora que estos sistemas pueden aportar en relación con la gestión de las aguas pluviales.

Figura 24: Esquema del impacto de las medidas descritas sobre la sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia a partir de Middleton, 2008.

Como conclusión queremos afirmar que las iniciativas descritas en este trabajo nos parecen un ejemplo de cómo se mejora la sostenibilidad de la ciudad. Es crucial que cualquier promoción de políticas ambientales busque sacar partido de la biodiversidad de las ciudades, y también debe encontrar la manera de conciliar la necesidad ecológica de los espacios urbanos con los intereses de los ciudadanos. Es evidente que el papel vital del medio ambiente en la vida y la cultura de la ciudad no puede ser ignorado para beneficio de todos los ciudadanos y para poder emular las iniciativas adoptadas en otras muchas ciudades europeas.

6. Bibliografía.

- Abellán García, 2013. *Blog Drenaje Urbano Sostenible*. [Accesible en: <http://drenajeyurbanosostenible.org/> acceso: 22/6/2015].
- Ayuntamiento de Zaragoza, 2004. *Clima urbano y calidad ambiental de la ciudad de Zaragoza*. Cuaderno Nº 10. [Accesible en: http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/agenda21/publicaciones_anteriores/Indicador_A5.pdf acceso: 22/6/2015].
- Ayuntamiento de Zaragoza, 2007. *Obras del colector de aguas pluviales y tanque de tormentas del Picarral*. [Accesible en: https://www.zaragoza.es/ciudad/noticias/detalle_Noticia?id=49100 acceso: 22/06/2015].
- Ayuntamiento de Zaragoza, 2008. *Jardín Vertical de Delicias*. [Accesible en: http://www.zaragoza.es/ciudad/noticias/detalleM_Noticia?id=70107 acceso: 22/6/2015].
- B. Ayuntamiento de Zaragoza, 2008. *La gestión y la eficiencia del ciclo integral del agua en la ciudad de Zaragoza*. [Accesible en: <http://www.ugtaragon.es/medioambiente/Agua/LIBRO%20MONTAJE.pdf> acceso: 22/6/2015].
- A. Ayto. Zaragoza, 2015. *Centro Ambiental del Ebro*. [Accesible en: http://www.zaragoza.es/ciudad/centros/detalle_Centro?id=7168 acceso: 22/6/2015].
- B. Ayto. de Zaragoza, 2015. *Proyectos LIFE: Huertas Life Km0 & Zaragoza + Natural*. [Accesible en: <http://www.zaragoza.es/ciudad/medioambiente/life.htm#natural> acceso: 22/6/2015].
- Carroquino, S. 2010. *Escuela Infantil del Barrio Oliver*. [Accesible en: <http://es.slideshare.net/carroquinoarquitectos/cubiertas-vegetales-santiago-carroquino-3772732> acceso: 22/6/2015].
- Carroquino, S. 2011. *Escuela de Arte y Diseño de Zaragoza & Museo de la Naturaleza y el Viento en La Muela*. [Accesible en: <http://www.andimat.es/wp-content/uploads/d-joaquin-sicilia-arquitecto-sicilia-y-asociados-arquitectura.pdf> acceso: 22/6/2015].
- Diputación General de Aragón, 2007. *Atlas Climático de Aragón*. [Accesible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=281219> acceso: 22/6/2015].
- European Commission, 2013: LIFE12 ENV /ES/000567 *Creación, gestión y promoción de la infraestructura verde de Zaragoza*. [Accesible en: <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/Zaragozanaturallifeenvs.pdf> acceso: 22/6/2015].

- *European Comission, 2015. Policy & Background. European Green Capital.* [Accesible en: <http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/about-the-award/policy-guidance/> acceso: 22/6/2015].
- *European Union, 2013. Building a green infrastructure for Europe.* [Accesible en: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_brochure.pdf acceso: 22/6/2015].
- Fernández Elorza, H. Fernández Ramírez, M. 2011. *Parque Venecia.* [Accesible en: <http://www.tectonicablog.com/docs/parqueVene.pdf> acceso: 22/6/2015].
- HALL, T. y BARRET, H. 2011. *Urban Geography.* Routledge Contemporary Human Geography Series, cuarta edición.
- Heraldo de Aragón, 2015. *El Jardín Vertical de Delicias, cerrado a la espera.* [Accesible en: http://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza_provincia/zaragoza/2015/06/04/el_jardin_vertical_las_delicias_cerrado_por_falta_mantenimiento_364441_301.html acceso:22/6/2015].
- Jimeno Urban, A. 2008. *Concurso de Anteproyecto de Plazas temáticas: Un jardín de gotas de agua.* [Accesible en: https://upcommons.upc.edu/eprints/.../1/MEMORIA_CONCURSO.doc acceso: 22/6/2015].
- *Metalocus, 2012. El proyecto del Tranvía premiado por la UITP.* [Accesible en: <http://www.metalocus.es/content/es/blog/el-proyecto-de-tranv%C3%ADa-zaragoza-premiado-por-la-uitp> acceso: 22/6/2015].
- MIDDLETON, N. 2008. *The Global Casino: An Introduction to Environmental Issues.* Routledge Contemporary Human Geography Series, cuarta edición.
- Perales Momparler, S. 2008. *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.* [Accesible en: <http://www.zaragoza.mobi/contenidos/medioambiente/cajaAzul/33S8-P3-Sara%20PeralesACC.pdf> acceso: 22/06/2015].
- *Promateriales, 2008. Cubiertas vegetales.* [Accesible en: <http://www.promateriales.com/pdf/pm0603.pdf> acceso: 22/6/2015].
- *Sers, 2008. Urbanización del recinto Expo 2008: Accesos y zonas exteriores.* [Accesible en: <http://www.sers.es/proyectos/sostenibilidad-urbana/urbanizacion-recinto-expo-2008-accesos-zonas-exteriores.html> acceso: 22/6/2015].
- *Sistemas Urbanos Drenaje Sostenible S.L, 2008. Expo Zaragoza.* [Accesible en: <http://drenajesostenible.com/referencias/> acceso: 22/06/2015].

- Sociedad Municipal Zaragoza Arroba Desarrollo Expo S.A, 2015. *Sitio web del Parque del Agua “Luis Buñuel”*. [Accesible en: <http://www.parquedelagua.com/index.php/gestion-de-aguas/acceso:22/6/2015>].
- Versini *et al*, 2014. *Simulation of Green Roof Impact at Basin Scale by Using a Distributed Rainfall-Runoff Model*. [Accesible en: <http://hal.grenoble-em.com/GIP-BE/hal-01080248v1> acceso: 22/06/2015].
- Zinnae, 2015. *Ejes de actuación*. [Accesible en: <http://zinnae.org/ejes-de-actuacion>; acceso: 22/6/2015].

7. Índice de figuras.

Figura 1: Mejoras en la sostenibilidad urbana.

Figura 2: Ejemplos de Infraestructuras verdes.

Figura 3: Precipitación total anual (mm) en Aragón.

Figura 4: Isla Térmica de Zaragoza.

Figura 5: Presupuesto conjunto de *Huertas Life KM0 y Zaragoza + Natural*.

Figura 6: Logotipo de los proyectos *Huertas Life KM0 y Zaragoza + Natural*.

Figura 7: Conectividad Intraurbana Zaragoza.

Figura 8: *Cubiertas vegetales* en Expo Zaragoza.

Figura 9: *Cubierta vegetal* en la Escuela Infantil del Barrio Oliver.

Figura 10: Jardín Vertical de Delicias.

Figura 11: Centro Ambiental del Ebro.

Figura 12: *Cubierta vegetal* en el Tranvía de Zaragoza.

Figura 13: Plano y Edificio de la Escuela de Arte y Diseño, donde se ve la disposición de la *Cubierta vegetal*.

Figura 14: Museo de la Naturaleza y el Viento en La Muela.

Figura 15: *Depósito de lluvia* en Avda. Alcalde Caballero.

Figura 16: *Depósito de lluvia* en Parque Venecia.

Figura 17: *Depósitos y estanques de infiltración* en Valdespartera.

Figura 18: *Depósitos y estanques de infiltración* en Montecanal.

Figura 19: *Depósito y Estanque de infiltración* en Villanueva de Gállego.

Figura 20: *Humedal artificial* con función de depuración.

Figura 21: *Humedal artificial* con función de desagüe.

Figura 22: *Pavimento permeable* en la Expo Zaragoza.

Figura 23: Mapa de la distribución de los SUDS en Zaragoza.

Figura 24: Esquema del impacto de las medidas descritas sobre la sostenibilidad urbana.

8. Índice de tablas.

Tabla 1: Líneas y Proyectos de actuación.

Tabla 2: Ejemplos de *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible* –SUDS- no estructurales.

Tabla 3: Ejemplos de *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible* –SUDS- estructurales.

Tabla 4: Tipología de planes e instrumentos europeos para la mejora ambiental urbana.

Tabla 5: Factores condicionantes del clima en Zaragoza.

Tabla 6: SUDS estructurales considerados en este proyecto.

9. Anexos

- **RECINTO EXPO**

- **Localización:** C/ Pablo Ruiz Picasso, 61-D, 50018 (Zaragoza).
- **Medida:** *Cubierta vegetal.*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2008.
- **Promotor:** Sociedad Expo Zaragoza2008 – Público.



En las azoteas de los recintos de la Expo Zaragoza 2008, en los cuales se instaló este tipo de SUDS, pero especialmente en dos puntos: el Acuario y la plaza temática *Aguas compartidas* (recinto 18 de la exposición). El Acuario dispone de una cubierta verde transitable que se riega con agua del Ebro y cae como una pantalla de agua, en forma de cascada por algunas zonas de la fachada del edificio. En la plaza *Aguas compartidas* se instaló un sistema de plantas aromáticas que permite creaciones paisajísticas y combinaciones entre zonas ajardinadas y zonas peatonales. En comparación con un sistema intensivo (como el sistema “Cubierta jardín”), el mantenimiento del sistema “Plantas aromáticas” es mucho menor. De los anteriores recintos mencionados, el único que todavía se encuentra activo es el Acuario de Zaragoza.

- **ESCUELA INFANTIL BARRIO OLIVER**

- **Localización:** C/ Antonio Leyva s/n, 50011 (Zaragoza).
- **Medida:** *Cubierta vegetal*.
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2006-2007.
- **Promotor:** Ayuntamiento de Zaragoza, Suelo y Vivienda de Aragón – Público.



La Escuela Infantil Oliver (sita en la Calle Antonio Leyva) posee una *cubierta vegetal* ligera que no supera los 150 kg/m^2 aportando todos los beneficios térmicos del acabado natural. La instalación de esta *cubierta vegetal* se encuentra enmarcada en las actuaciones del Plan de Barrios del Ayuntamiento. Anexa a una dolina inactiva, esta *cubierta vegetal* se presenta ante su entorno inmediato como un elemento urbanizador; esta escuela es en sí la continuación del área verde que contempla el plan urbanístico para la dolina.

- **JARDÍN VERTICAL DELICIAS**

- **Localización:** Confluencia entre C/ Caspe y C/ Delicias s/n, 50017 (Zaragoza).
- **Medida:** *Cubierta vegetal.*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2008.
- **Promotor:** Asociación de Vecinos Delicias "Manuel Viola" – Público.



El Jardín Vertical de Delicias, se encuentra situado en el barrio de más poblado de Zaragoza. Durante los años cincuenta y sesenta, se produjo la llegada de emigrantes procedentes de zonas rurales de toda España provocando un crecimiento rápido y desordenado de su tejido urbano, desde entonces sufre un déficit de equipamientos y de zonas verdes. Durante los años ochenta se realizaron algunas actuaciones de mejora, como la conversión en zona peatonal de su eje principal, la calle de Las Delicias, o la creación de algunas áreas verdes y de recreo. Pero durante las dos décadas siguientes el barrio ha recibido el empuje de nuevas migraciones, y ha visto cómo se incrementaba su densidad y el deterioro físico de muchos de sus inmuebles. Este era el caso del edificio sito en la confluencia de la calle Caspe con la calle de Las Delicias, que con el cambio de siglo tuvo que ser derribado preventivamente.

La asociación de vecinos del barrio de Las Delicias promovió en 2007 una actuación para convertir el solar del edificio derribado en un espacio público. El objetivo era fundar un lugar representativo que pudiera convertirse en un punto de encuentro para la comunidad y en un espacio de ocio, de integración social y de relación con la naturaleza. Se dio lugar a un edificio público de 14,40 metros de altura con una superficie vertical de 800 m² de jardinería y 84 especies diferentes, con detalles de cubiertas de vegetación y placas fotovoltaicas sobre cubierta. Actualmente, dicho espacio cerrado desde el día 31 de Diciembre de 2014, se encuentra en un estado de abandono y dejadez, no solo por parte del Ayuntamiento sino también por los ciudadanos; de entre sus múltiples problemas, se destacan: deficiencias en el riego, luces rotas y filtraciones en el sótano.

- **CENTRO AMBIENTAL DEL EBRO**

- **Localización:** Plaza Europa 1-3(Junto al Puente de la Almozara),50001 (Zaragoza).
- **Medida:** *Cubierta vegetal*.
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2007-2009/2011.
- **Promotor:** Ayuntamiento de Zaragoza – Público.



El Centro Ambiental del Ebro, construido por el Ayuntamiento de Zaragoza para la realización de estudios, proyectos y acciones conducentes a mejorar la calidad ambiental y paisajística de la ciudad, y difundir sus valores dentro de un programa denominado "Malla Verde y Azul" (integrado a su vez en el ya citado proyecto *Zaragoza + Natural*). El Centro Ambiental del Ebro tiene un doble objetivo, por una parte la revitalización ecológica de la ciudad y por otra el fomento de actividades saludables, recreativas y educativas que propician el disfrute de espacios verdes urbanos y su entorno rural y natural. Sobre la cubierta del edificio, hay un huerto de 36 m² el cual muestra la capacidad de producción de un espacio tan reducido ya que es capaz de proporcionar alimentos vegetales, así como otra *cubierta vegetal* acompañado de una placa solar.

- **PAVIMENTO VERDE EN EL TRANVÍA ZARAGOZA**

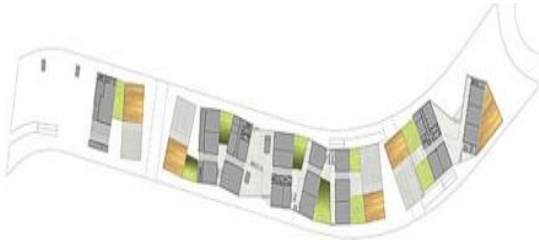
- **Localización:** 12,8 Km. Unión de los Barrios de Valdespartera y Parque Goya (Zaragoza).
- **Medida:** *Cubierta vegetal.*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2011.
- **Promotor:** Ayuntamiento de Zaragoza – Público.



La primera línea del tranvía que atraviesa la ciudad de Zaragoza completamente de norte a sur. Como inversión en Infraestructuras verdes, se destaca la instalación de marquesinas con cubiertas acabadas superiormente con un jardín autosuficiente de plantas de clima seco y poco suelo, que aísla de la radiación solar. También encontramos la instalación en distintos tramos de la plataforma una ‘alfombra verde’ de césped natural, que en algunos puntos se encuentra en mal estado.

- **ESCUELA DE ARTE Y DISEÑO**

- **Localización:** Av. María Zambrano, 5, 50018 (Zaragoza).
- **Medida:** *Cubierta vegetal*.
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2009
- **Promotor:** Ayuntamiento de Zaragoza – Público.



La Escuela de Arte y Diseño de Zaragoza, es un edificio desarrollado en planta baja y dividida en módulos, que incorpora una *cubierta vegetal* con placas solares. Consiste en 3.325 m² de *cubierta vegetal*, cuyo tratamiento permite la consideración del espacio de azotea como un espacio de prácticas docentes.

- **MUSEO DE LA NATURALEZA Y EL VIENTO EN LA MUELA**

- **Localización:** Avda. Reina Sofía 1, 50196 La Muela (Zaragoza).
- **Medida:** *Cubierta vegetal.*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2004.
- **Promotor:** Ayuntamiento de La Muela – Público.



Fuera de Zaragoza, encontramos el Centro de Interpretación de la Energía Eólica de La Muela o Museo del Viento. Un espacio diseñado para el estímulo del conocimiento científico. Este museo se creó como homenaje al viento, siendo uno de los impulsos económicos de La Muela; en dicho museo, se han incorporado 750 m² de *cubiertas vegetales*, además, elementos simbólicos vinculados con las experiencias de ambos museos con el arte.

- **DEPÓSITO DE LLUVIA EN AVDA. ALCALDE CABALLERO.**

- **Localización:** Avda. Alcalde Caballero confluencia Ronda Nordeste.
- **Medida:** *Depósito de Lluvia.*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2011.
- **Promotor:** Ayuntamiento de Zaragoza – Público.



Esta infraestructura, cuyo elemento principal es un depósito de 9.360m³ y con una capacidad de bombeo de 1.500 l/s, recoge las aguas pluviales de la margen izquierda cuando en situaciones de avenida el nivel del río impide el desagüe a través del alcantarillado. Así, el agua recogida en los colectores se bombea desde el tanque hasta la superficie para que los colectores puedan funcionar aun estando por debajo del nivel del agua en el cauce. Este tanque recogerá el agua que descargue entre la avenida Pirineos, la autopista del Nordeste, el río Gállego y el Ebro, que en total comprende una superficie de 671 ha.

Las obras consistieron en la ejecución de un depósito de laminación de aguas pluviales (depósito de lluvia), más las casetas de motobombas, en el solar ubicado en la confluencia de las avenidas San Juan de la Peña y Alcalde Caballero. Estas obras dan solución a un problema histórico del barrio: el crecimiento urbanístico de la Margen Izquierda en los últimos años, y la consiguiente ampliación de las zonas que vierten las aguas pluviales a la red de colectores municipales (en la zona de confluencia de San Juan de la Peña con la Avda. Academia General Militar), ya que se producen inundaciones puntuales en casos de lluvias torrenciales que afectan a bajos y garajes de un buen número de edificios, debido a la antigüedad y el escaso diámetro de la red existente se ha visto totalmente desbordada en estas circunstancias.

Dicha infraestructura, no se encuentra al aire libre por lo que es muy difícil situarla, se encuentra debajo de una zona recreativa.

- **DEPÓSITO DE LLUVIA EN PARQUE VENECIA**
 - **Localización:** Parque Venecia junto a Ronda Hispanidad (Zaragoza).
 - **Medida:** *Depósito de Lluvia.*
 - **Tipo:** Estructural.
 - **Año:** 2009-2012/2013.
 - **Promotor:** Ayuntamiento de Zaragoza – Público.



Hay un *depósito de lluvias* localizado en la Urbanización Parque Venecia, en el que anteriormente existía una amplia zona de tierra con vegetación que absorbía mucha agua. Esta infraestructura consta de un muro de 100 metros de largo y 10 metros de altura máxima, y se encuentra concebido como un icono que caracteriza al nuevo barrio y que sirve de acceso a la plaza soterrada o depósito de laminación (*depósito de lluvia*). Dicho depósito de laminación está dimensionado para hacer frente a los intensos caudales de lluvia que incidan sobre el sector evitando así el vertido directo de esta agua a la red municipal, cuyo diámetro y capacidad son insuficientes, ya que el sistema de alcantarillado de Zaragoza se realizó para una ciudad con unas dimensiones menores a las de ahora.

Este recinto de gran superficie (3.150 m^2), es utilizado como espacio laminar supeditado a la frecuencia e intensidad de las lluvias (capacidad para albergar unos 9.000 m^3 de agua). Otra de las virtudes, es que ha sido diseñado como un espacio urbano o plaza peatonal al abrigo del incómodo cierzo de esta zona alta de la ciudad, para que pueda ser utilizado por el ciudadano durante la mayor parte del año; cuatro escaleras situadas en las esquinas de esta infraestructura que permiten el acceso a la plaza soterrada y la conexión con el barrio. La incorporación de rampas de anchura suficiente situadas en el espesor del muro acústico permite el acceso de vehículos de servicio o mantenimiento, y un uso más amplio del recinto.

- **DEPÓSITO Y ESTANQUE DE INFILTRACIÓN EN VALDESPARTERA**

- **Localización:** Vial de separación Valdespartera – Arcosur junto con la Calle Salomón y la Reina de Saba, 50019 (Zaragoza).
- **Medida:** *Depósito y Estanque de Infiltración.*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2007
- **Promotor:** Ayuntamiento de Zaragoza – Público.



En el barrio de Valdespartera localizamos un *depósito y estanque de infiltración*. Configurado como un espacio lúdico multifuncional, esta área se encuentra compuesta por dos grandes lagos de 4 Ha que se convierten en la zona verde de mayor referencia del barrio. Estos lagos recogen el agua de lluvia del lado Oeste de la urbanización, y de la escorrentía procedente de las obras de drenaje del Cuarto Cinturón. Además, tienen la capacidad para almacenar 90.000 m³ de agua en previsión de cortes de suministro del Canal.

- **DEPÓSITO Y ESTANQUE DE INFILTRACIÓN EN MONTECANAL**

- **Localización:** C/San Juan Bautista de la Salle, 50012 (Zaragoza).
- **Medida:** *Depósito y Estanque de Infiltración.*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2008.
- **Promotor:** Ayuntamiento de Zaragoza – Público.



En el barrio de Montecanal localizamos un *depósito y estanque de infiltración*. Es una zona que combina la estética con la función de almacenamiento de aguas pluviales. El agua de lluvia es recogida mediante una red de saneamiento que va a parar al lago, para después ser utilizada en el riego de los jardines. En las viviendas de la zona existen dos bocas de agua, una para el consumo humano (agua de boca) y otra para el riego de los jardines.

- **DEPÓSITO Y ESTANQUE DE INFILTRACIÓN EN VILLANUEVA DE GÁLLEGO.**

- **Localización:** C/Río Piedra s/n, 50830 POLI IND Villanueva de Gállego (Zaragoza).
- **Medida:** *Depósito y Estanque de Infiltración.*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2008.
- **Promotor:** ARC Distribución Ibérica y Prologis – Privado.



Villanueva de Gállego se encuentra en la necesidad de disponer complejos y costosos tratamientos de potabilización intensivos para poder destinar el agua captada al abastecimiento humano, debido a su pésima calidad. Para ello, se construyó un depósito impermeable, para el almacenar y reutilizar el agua de lluvia, tanto para el riego de las zonas ajardinadas como para su uso como agua sanitaria (recarga de inodoros y agua para limpieza). Sólo cuando este depósito de reutilización está lleno, el agua de lluvia captada en la cubierta rebosa al depósito anexo de laminación-infiltración.

- **PARQUE DEL AGUA LUIS BUÑUEL ZARAGOZA**

- **Localización:** Avda de Ranillas, 109, 50018 (Zaragoza).
- **Medida:** *Humedales artificiales.*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2008.
- **Promotor:** Sociedad Expo Zaragoza2008 – Público.



Los *humedales artificiales* del Parque del Agua, que funcionan como una gran máquina de depuración de agua y a la vez conectan con el resto de la ciudad a través de las riberas del río Ebro. De este modo, a la vez que se ejecutan las acciones de tratamiento de agua de un modo sostenible, se da un valor estético y de habitabilidad añadido a este espacio. Una de las lagunas del parque realiza funciones de depuración debido a la presencia importante de vegetación acuática. Es un sistema natural que consiste en disminuir la contaminación del agua a través de las reacciones biológicas que provocan diversos microorganismos en la eliminación de gérmenes patógenos. En este caso son lagunas aerobias, es decir, con oxígeno disuelto en toda la masa de agua, necesario para que los citados microorganismos realicen su labor.

Las funciones de desagüe corresponden a un conjunto de lagunas situadas en el extremo del meandro en un área de inundación. Están interconectadas entre sí y por último con el Ebro y su función es recoger el caudal sobrante de la renovación de los canales y balsas, y evacuarlo hacia el soto para devolverlo al río. También realizan una importante labor para el ecosistema fluvial, pues aprovechando lagunas ya existentes y sus tamarizales se crean hábitats de gran valor ecológico. Estos humedales naturalizados constituyen un lugar idóneo como áreas de nidificación y de parada estacional de aves migratorias así como de asentamiento de otras especies animales.

- **PAVIMENTO PERMEABLE RECINTO EXPO**

- **Localización:** C/ Pablo Ruiz Picasso, 61-D, 50018 (Zaragoza).
- **Medida:** *Pavimentos permeables*
- **Tipo:** Estructural.
- **Año:** 2008.
- **Promotor:** Sociedad Expo Zaragoza2008 – Público.



En el recinto de la Expo encontramos un ejemplo de *pavimentos permeables*. Está en el frente fluvial formado por las seis plazas temáticas que se disponen paralelas al río y se unen por un bulvar ecológico, de 370 metros de largo y 20 de ancho, construido con un pavimento continuo inspirado en el del paseo de Copacabana de Río de Janeiro (Brasil) del paisajista Roberto Burle Marx, que simulan olas en movimiento. El pavimento cubre todo el espacio del paseo entre las plazas, las zonas ajardinadas y las fuentes y se adapta a la geometría del bulvar mediante la utilización de piezas pequeñas y permeables, lo que permiten el crecimiento de cierta vegetación en los espacios menos pisados. Se presenta en diversos colores para diferenciar áreas o para expresar algún orden superior; en el paseo hay también un anfiteatro sobre la ribera del Ebro, que permitió contemplar los espectáculos que se hicieron sobre el río.