LIFE my building is green

LIFE17 ENV/ES/000088

Aplicación de soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación local de edificios educativos y sociales al cambio climático

Acción: A.2. Elaboración de proyectos para la aplicación de prototipos de soluciones basadas en la naturaleza en edificios piloto.

Resultados: A.2.1) Elaboración de bases de datos NBS y matriz de trabajo

A.2.2) Elaboración de 7 proyectos de NBS

Fecha: 08/07/2022

LIFE my building is green - LIFE17 ENV/ES/000088

Resultado: Elaboración de bases de datos NBS y matriz de trabajo

Fecha: **08/07/2022**

Proyecto de datos

Ubicación del proyecto:	España
Fecha de inicio del proyecto:	01/09/2018
Fecha de finalización del proyecto:	31/08/2022
Presupuesto total:	2.854.102 €
Contribución de la UE:	1.697.369 €
(%) de los costes subvencionables:	59,99 %

Datos Beneficiario

Nombre Beneficiario:	Município do Porto
Persona de contacto:	Pedro Pombeiro
Dirección postal:	Plaza General Humberto Delgado
Teléfono:	+351 225 320 080
Correo electrónico:	pedropombeiro@cm-porto.pt
Página web del proyecto:	www.mybuildingisgreen.eu

Responsable de la entrega de datos

Nombre Beneficiario:	Município do Porto & CSIC
Persona de contacto:	Pedro Pombeiro y Miguel Vega
Correo electrónico:	pedropombeiro@cm-porto.pt / miguel.vega@rjb.csic.es

Índice

1. RESUMEN (INGLÉS) 4
2. SUMMARY (ENGLISH) 5
3. RESUMO (PORTUGUÊS) 6
4. INTRODUCCIÓN 7
5. SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA 10
5.1 NBS PARA TEJADOS **15**
5.2 NBS PARA FACHADAS **17**
5.3 NBS PARA ZONAS EXTERIORES (PATIOS DE RECREO O ESPACIO EXTERIOR DE LOS EDIFICIOS) **19**
6. SELECCIÓN DE NBS 31
6.1 MBIG NBS PARA TEJADOS **31**
6.2 MBIG NBS PARA FACHADAS **45**
6.3 MBIG NBS PARA ZONAS EXTERIORES (PARQUES INFANTILES Y ESPACIOS AL AIRE LIBRE) **50**
7. CRITERIOS DE SELECCIÓN 61
8. INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE LOS NBS SELECCIONADOS 65
8.1 ESPECIES VEGETALES ADAPTADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO. ANÁLISIS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN **65**
8.2 NBS APLICADO EN FACHADAS Y MUROS DE CARGA INTERIORES **65**
8.3 CUBIERTAS SOSTENIBLES Y BIOCLIMÁTICAS **67**
8.4 ZONAS VERDES SOSTENIBLES AL AIRE LIBRE **69**
8.5 VENTILACIÓN NATURAL INDUCIDA **69**
8.6 ESTRUCTURA PARA EL SEGUIMIENTO ESTACIONAL **69**
8.7 SUPERFICIES PERMEABLES **70**
9. BIBLIOGRAFÍA 71
10. APÉNDICE 72

1. RESUMEN (INGLÉS)

Este documento forma parte de la Acción A2. "*Redacción de proyectos para la aplicación de prototipos de soluciones de base natural en edificios piloto"* que lo plasma en forma de entregable. Para el desarrollo del proyecto, es imprescindible llevar a cabo un conjunto de tareas preparatorias en cuanto a la recopilación de información existente y posterior diseño y desarrollo de soluciones innovadoras de base natural que respondan positivamente a los resultados esperados con el proyecto.

La acción A2 se divide en tres subacciones: A2.1 "*Recopilación de información sobre soluciones basadas en la naturaleza en bases de datos europeas y de proyectos NBS"*, A2.2 "*Desarrollo de un instrumento de decisión para la selección NBS*" y A2.3 "*Preparación y redacción de proyectos*".

Este documento describe el cumplimiento de estas tres subacciones incluidas en los capítulos siguientes. La información relativa a la subacción A2.1 se contempla en el capítulo 5 sobre las NBS y su base de datos adjunta. La información relativa a la subacción A2.2 se contempla en el capítulo 7 sobre criterios de selección. El capítulo 8 presenta las NBS identificadas para cada edificio piloto, así como los proyectos y la información técnica.

El capítulo 6 está dedicado al diseño y desarrollo de prototipos y soluciones innovadoras de base natural, especialmente aquellas consideradas útiles para el proyecto LIFE, tanto a nivel de diseño, como de aplicación y desarrollo innovador, cumpliendo así con los requisitos del proyecto.

2. SUMMARY (ENGLISH)

Este documento es parte de la acción A2. "*Redacción de Proyectos para la aplicación de prototipos de soluciones de base natural en edificios piloto*" que lo encarna en forma de entrega. Para el desarrollo del proyecto es esencial llevar a cabo un conjunto de tareas preparatorias en términos de recopilación de información existente y posterior diseño y desarrollo de soluciones innovadoras de base natural que respondan positivamente a los resultados esperados con el proyecto.

La Acción A2 se divide en tres subacciones: A2.1 "*Recopilación de información sobre soluciones basadas en el medio natural en proyectos y bases de datos europeas*", A2.2 "*Elaboración de un instrumento de decisión para la selección de NBS*" y A2.3 "*Preparación y redacción de proyectos*".

Este documento describe el cumplimiento de estas tres subacciones incluidas en los capítulos siguientes. La información sobre la subacción A2.1 se puede encontrar en el capítulo 5 sobre NBS y su base de datos adjunta. La información relativa a la subacción A2.2 se contempla en el capítulo 7 sobre los criterios de selección. En el capítulo 8 se presenta el NBS identificado para cada edificio piloto, así como los proyectos y la información técnica.

El capítulo 6 se dedica al diseño y desarrollo de prototipos y soluciones innovadoras de base natural, especialmente las consideradas útiles para el proyecto LIFE, tanto a nivel de diseño, como por la aplicación y desarrollo innovadores, cumpliendo así con los requisitos del proyecto.

3. RESUMO (PORTUGUÊS)

El presente documento se centra en la Acción A2. "*Reducción de proyectos para la aplicación de prototipos de soluciones de base natural en edificios piloto*", que se presenta de forma corporativa. Para el desarrollo del proyecto es fundamental proceder a un conjunto de tareas preparatorias a nivel de recopilación de la información existente y posterior desarrollo de soluciones de base natural innovadoras y que respondan positivamente a los resultados esperados con el proyecto.

La acción A2 se divide en tres subapartados: A2.1 "*Recopilación de información sobre soluciones de base natural en proyectos y bases de datos europeas*", A2.2 "*Elaboración de instrumentos de decisión para la selección de las NBS adecuadas*" y A2.3 "*Elaboración y redacción de proyectos*".

Este documento describe el cumplimiento de las tres secciones incluidas en los siguientes capítulos. La información relativa al apartado A2.1 podrá encontrarse en el capítulo 5 sobre las NBS y la base de datos respetiva en el anexo. La información relativa al apartado A2.2 se incluye en el capítulo 7 sobre criterios de selección. El capítulo 8 presenta las NBS identificadas para cada edificio piloto, así como los proyectos y la información técnica.

El capítulo 6 está dedicado al diseño y desarrollo de prototipos y soluciones innovadoras de base natural, especialmente las consideradas únicas para el proyecto LIFE, tanto a nivel de diseño como de aplicación y desarrollo innovador, cumpliendo así los requisitos del proyecto.

4. INTRODUCCIÓN

Breve presentación del proyecto

El proyecto LIFE "Mi edificio es verde" es un proyecto desarrollado por un consorcio ibérico y financiado por el Programa LIFE España, con el objetivo de diseñar, desarrollar y probar soluciones innovadoras basadas en la naturaleza (prototipos NBS), para mejorar el confort bioclimático de los edificios escolares con el fin de mejorar el bienestar de los usuarios.

El proyecto da un mayor protagonismo al edificio público debido a dos factores clave, en primer lugar a la antigüedad de los distintos edificios públicos, construidos en su mayoría antes de los años 80 del siglo XX y bajo normativas constructivas poco exigentes en cuanto a la calidad del aire interior y con escasas preocupaciones medioambientales, de sostenibilidad y eficiencia energética, y en segundo lugar debido a la población que utiliza estos mismos edificios, y que está sometida a una mala calidad del aire interior y a molestias climáticas en estos edificios.

Con estas premisas, los edificios con mayor ocupación de los grupos de edad más vulnerables, como los niños y los ancianos, que a menudo utilizan los edificios educativos, médicos y de asistencia social, tales como escuelas, centros de salud y residencias de ancianos. Para Mi edificio es verde, y de acuerdo con la responsabilidad y las atribuciones de los socios locales, se consideró actuar en los edificios escolares como una forma de tratar de mejorar el confort bioclimático de los niños y otros usuarios (profesores y empleados) con vistas a aumentar la resiliencia de estos edificios e inculcar la preocupación por la adaptación del edificio público al cambio climático.

Para alcanzar este objetivo y con vistas a la propuesta e implementación de soluciones innovadoras que permitan a las escuelas adaptarse al cambio climático, el proyecto cuenta con 5 socios institucionales, 2 de carácter tecnológico, el *Consejo Superior de Investigaciones* Científicas CSIC y CARTIF, CSIC, que interviene con la colaboración de dos entidades, Real Jardín Botánico, RJB e *Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja*, IETcc, y 3 socios locales.

Los socios tecnológicos tienen la tarea de diseñar y proponer prototipos de NBS en colaboración con los socios locales (municipios y autoridades regionales), con la responsabilidad y la tarea de colaborar en la identificación de las escuelas piloto que participan en el proyecto y garantizar la implantación de los prototipos en los edificios seleccionados.

Los socios locales, Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central, CIMAC, Diputación de Badajoz, DIPBA y Município do Porto, MP, utilizando los criterios para la selección de edificios y la aplicación de la acción *A1. Recopilación de información y diseño de los criterios técnicos para la selección y los edificios piloto, se han* seleccionado las respectivas escuelas que servirán como edificios piloto para el mBiG. Se identificaron las siguientes escuelas cuya caracterización se abordará más adelante en este documento. **CIMAC seleccionó** un edificio en el Municipio de Évora, la Escola Básica do 1º Ciclo Horta das Figueiras (**EB1 Horta das Figueiras**), **DIPBA**, seleccionó el Colegio de Educación Infantil y Primaria Gabriela Mistral (**CEIP Gabriela Mistral**) en el Municipio de Solana de los Barros y el Municipio de

Porto seleccionó la Escola Básica do 1º Ciclo do Falcão (**EB1 Falcão**), situada en la zona este de la ciudad, un área con más problemas sociales y económicos. Los criterios de selección y la ponderación del universo de escuelas consideradas por los tres socios se incluye en los documentos relacionados con las subacciones *A1.1. Diseño y selección de criterios técnicos*, A1.*2. Inventario y selección de edificios* y *A.1.3. Autorización administrativa* para la intervención en el edificio seleccionado (piloto).

Contexto climático

El cambio climático está consensuadamente reconocido como uno de los grandes retos a los que se enfrenta la humanidad en la actualidad. La elevada emisión de gases de efecto invernadero (gran parte de la cual procede de actividades humanas como la producción ganadera y la combustión de combustibles fósiles) ha contribuido a modificar la composición global de la atmósfera. Este cambio afecta al funcionamiento normal del sistema terrestre (por ejemplo, las corrientes marinas que son el motor de todo el clima de la Tierra), lo que tiene profundas implicaciones para el clima, afectando de distintas maneras a diferentes regiones del mundo.

El reciente cambio climático ha tenido repercusiones generalizadas en los sistemas humanos y naturales. Además, la aplicación de medidas que aumenten la resiliencia y permitan un desarrollo sostenible puede acelerar los procesos de adaptación al cambio climático. A nivel europeo se han identificado algunos de los principales impactos esperados, que están relacionados con el aumento de los fenómenos de precipitaciones intensas, inundaciones y/o sequías prolongadas, aumento de la frecuencia y duración de las olas de calor y/o frío y consiguiente efecto isla (calor y frío), erosión costera y desbordamiento del litoral.

El Quinto Informe del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) señala que la gran mayoría de los riesgos e impactos previstos se concentrarán en las zonas urbanas, lo que sitúa a las ciudades en primera línea de los más afectados por las vulnerabilidades previstas. Las ciudades concentran la mayor parte del patrimonio construido y de los servicios públicos, lo que pone de manifiesto la necesidad de que las autoridades locales promuevan la adaptación urbana también desde el punto de vista de la edificación, inculcando criterios de construcción adecuados y mejorando las condiciones de los edificios existentes.

Para hacer frente a estos escenarios, las ciudades europeas necesitan crear condiciones que mejoren el confort bioclimático en los edificios públicos y privados. Para ayudar a las ciudades a afrontar los múltiples retos que se prevén en las próximas décadas, Mi edificio es verde se centra en mejorar las condiciones de los edificios tratando de responder positivamente al cambio climático.

Resultados esperados

En la práctica, mBiG actuará directamente en 3 edificios escolares (escuelas piloto) situados en las zonas geográficas de los socios locales, con la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza en partes específicas del edificio, como la azotea, la fachada y el espacio exterior, con vistas a mejorar el aire interior.

calidad, confort bioclimático y permeabilización del suelo, como herramientas para adaptar los edificios al cambio climático.

El desarrollo del proyecto permitirá alcanzar un conjunto de resultados ambientales, sociales, económicos, de gobernanza y de movilización de cara a mejorar la adaptación de las ciudades al cambio climático. Algunos efectos serán difíciles de cuantificar y medir, pero se espera conseguir con el proyecto los siguientes resultados:

- Mejorar el bienestar y el confort térmico de 1000 ciudadanos;
- Reducir las emisiones de 27 toneladas de CO_2 al año;
- Reducir la emisión de 144 kg de NOx al año;
- Recoger 2700 m^3 de agua de lluvia para su reutilización;
- Reducir un 50% el consumo de agua para riego en cada edificio;
- Aumentar en 5000 m^2 la zona verde sostenible en cada edificio;
- Ahorre cerca de 1.000 euros al año en costes energéticos;
- Capacitar a los ciudadanos para el uso de las NBS como forma de adaptación al cambio climático;
- Sensibilizar a la población sobre el cambio climático mediante acciones de difusión del proyecto;
- Movilizar a estudiantes y profesores en torno a la cuestión del cambio climático;
- Elaborar manuales de buenas prácticas para la aplicación de las NBS como herramienta de adaptación al cambio climático.

Estructura del documento

Este documento tiene como objetivo comprender la acción *A2. Elaboración de proyectos para la aplicación de prototipos basados en la naturaleza en edificios piloto,* por lo que presenta la recopilación de algunas de las soluciones basadas en la naturaleza disponibles (subacción A2.1.) y establece directrices para su selección y aplicación como herramientas de adaptación de edificios (subacción A2.2).

El documento está estructurado según las fases del proyecto y con el fin de ser utilizado como instrumento para la selección y aplicación de algunas de las soluciones descritas en los edificios, por lo que, aunque se dirige específicamente a los casos piloto del proyecto, presenta una descripción de una amplia gama de NBS, así como algunos criterios técnicos para ayudar en la selección de las soluciones más adecuadas a la tipología de otros edificios.

Se pretende que este documento se convierta en una guía práctica para la selección y aplicación de las NBS para la adaptación de los edificios al cambio climático, tratando de ofrecer múltiples soluciones y oportunidades adecuadas a los distintos tipos de construcción, a los diferentes climas y a las diferentes vulnerabilidades previstas.

5. SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

Presentación de NBS

En un mundo cada vez más urbanizado, la naturaleza -rica en soluciones inteligentes y eficientes para los retos de las ciudades- ha sido olvidada en el diseño y la gestión de los espacios urbanos. Muchas de l a s superficies verdes (vegetación) y azules (agua) se han transformado con el tiempo en superficies grises (impermeables), con graves consecuencias para la calidad de vida de los habitantes y riesgos ambientales crecientes.

En la actualidad, parte de esta ingeniería natural intenta rescatarse para las ciudades con el fin de garantizar soluciones sostenibles, rentables, multifuncionales y flexibles a diversos retos medioambientales. Este movimiento reconoce que es más ventajoso -ecológica y económicamente- trabajar junto a la naturaleza y la naturaleza que contra ella.

La Unión Europea elaboró la agenda política de investigación e innovación de la UE sobre soluciones basadas en la naturaleza y renaturalización de las ciudades, cuyo objetivo es situar a la UE a la cabeza de la "innovación con la naturaleza" para lograr sociedades más sostenibles y resilientes. La UE define las soluciones basadas en la naturaleza "como soluciones que se inspiran y apoyan en la naturaleza, que son rentables, proporcionan simultáneamente beneficios ambientales, sociales y económicos y ayudan a crear resiliencia. Estas soluciones aportan más y más diversa naturaleza y características y procesos naturales a las ciudades, paisajes terrestres y marinos, a través de intervenciones adaptadas localmente, eficientes en recursos y sistémicas."

Los principales objetivos de la agenda política de I+I de la UE para las soluciones basadas en la naturaleza y la renaturalización de las ciudades son: mejorar las condiciones marco para las soluciones basadas en la naturaleza a nivel político de la UE; desarrollar una Comunidad Europea de Investigación e Innovación para las soluciones basadas en la naturaleza; proporcionar la base de pruebas y conocimientos para las soluciones basadas en la naturaleza; avanzar en el desarrollo, la adopción y la ampliación de soluciones innovadoras basadas en la naturaleza e integrar las soluciones basadas en la naturaleza en la agenda internacional de I+I.

Con el fin de alcanzar los objetivos de la UE en materia de NBS y mejorar los territorios urbanos, muchas ciudades han estado desarrollando y apoyando proyectos para la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza con la intuición de promover la biodiversidad, respetar el ciclo natural del agua, aumentar la capacidad de almacenamiento de carbono, mejorar los suelos, reducir el consumo de energía, hacer la ciudad más agradable y más cómoda para los residentes y visitantes.

El proyecto Mi edificio es verde tiene como objetivo fortalecer y apoyar a las ciudades, y la UE en el cambio del viejo paradigma urbano basado en superficies grises, y trabaja para contribuir con soluciones específicas e innovadoras con base en la naturaleza (más eficiente, más sostenible, más verde), a la adaptación de los edificios mejorar el confort bioclimático y la calidad de vida de los usuarios, sino también actuar (cada escuela), como un ejemplo, la inspiración y un punto de partida para el cambio y adaptarse al cambio climático en las ciudades.

Inventario
NBS

De acuerdo con la subacción A2.1 Recopilación de información tras la revisión de las bases de datos europeas de ENB, se realizó un breve estudio de las ENB disponibles en las distintas bases de datos y catálogos de otros proyectos europeos con el fin de recopilar las múltiples soluciones basadas en la naturaleza y las mejores prácticas ya desarrolladas y que ya se están aplicando con éxito, en algunos de ellos.

Para esta recopilación, se consultaron las bases de datos de proyectos y entidades como OPPLA[1] , Nature4Cities[2] , Clever Cities[3] , Urban GreenUP[4] , URBiNAT[5] , Green Surge[6] , UNaLab[7] , ThinkNature[8] , GrowGreen[9] , EKLIPSE[10] , LIFE REUSING POSIDONIA[11] , BiodivERsA[12] , NATURVATION[13] , ProGIreg[14] , Connecting Nature[15] , Climate-ADAPT[16] , Green Roofs[17] , LandLab[18] .

A partir de las distintas bases de datos consultadas, se identificaron y enumeraron las soluciones basadas en la naturaleza que mejor se ajustaban a los objetivos del proyecto Mi edificio es verde, lo que dio lugar a la elaboración de un documento en Excel (Anexo 1) que resume una serie de parámetros que permiten establecer comparaciones entre las distintas soluciones.

[1] https://oppla.eu/
[2] https://www.nature4cities.eu/
[3] https://clevercities.eu/
[4] https://www.urbangreenup.eu/
[5] https://urbinat.eu/
[6] https://greensurge.eu/
[7] https://unalab.eu/
[8] https://www.think-nature.eu/
[9] http://growgreenproject.eu/
[10] https://www.eklipse-mechanism.eu/
[11] http://reusingposidonia.com/
[12] https://www.biodiversa.org/
[13] https://naturvation.eu/
[14] https://progireg.eu/
[15] https://connectingnature.eu/
[16] https://climate-adapt.eea.europa.eu/
[17] https://greenroofs.org/
[18] https://www.landlab.pt/

La siguiente tabla presenta y describe algunos de los parámetros utilizados en el inventario NBS:

Tabla 1. Descripción de los parámetros del inventario NBS y opciones de llenado.

Parámetro	Descripción	Opciones de relleno
Designación NBS	Nombre NBS	n.d.
Descripción breve	Breve resumen y descripción de la NBS. Algo de información específica sobre la función, los materiales y otros.	n.d.
Categoría NBS	Identifique el tipo principal de uso de las NBS, según las opciones. Elija la mejor categoría que defina el NBS.	I. Mejor uso de los ecosistemas protegidos/naturales II. NBS para la sostenibilidad y multifuncionalidad de los ecosistemas gestionados III. Diseño y gestión de nuevos ecosistemas
Zona de intervención	Identificar el ámbito principal de aplicación	Techo Fachada Interior Exterior (zona de juegos o al aire libre) Varias zonas
Respuesta al cambio climático	Identificar los resultados esperados de las ENB en función del cambio climático	Captura de carbono Regulación del clima local Depuración del agua Regulación de la calidad del aire Prevención de la erosión Protección contra las inundaciones Mantenimiento de poblaciones y hábitats Formación y composición del suelo Gestión del agua
Ventajas y/o beneficios (sociales, económicos y medioambientales)	Identificar las ventajas y/o beneficios esperados de la aplicación de las NBS.	Social: Mejora estética; Bienestar; Cohesión social e inclusión social; Oferta de espacio público y accesibilidad; Educación y sensibilización.
		Económicos: Ahorro de recursos; Aumento del valor del espacio o zona; Desarrollo turístico; Aumento del valor regional; Mejorar la gestión del agua;

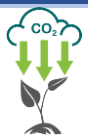
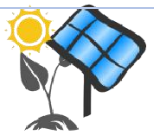
Parámetro	Descripción	Opciones de relleno
		Drenaje urbano sostenible; Producción de alimentos; Ahorro de materias primas; Economía circular; Otros beneficios
		Medioambientales: Captura de carbono; Reducción de la contaminación atmosférica; Mitigación de la isla de calor urbana; Prevención y recuperación de las inundaciones pluviales; Mejora de la conectividad del paisaje y los espacios verdes; Reducción del ruido; Apoyo a la biodiversidad, ofrecer espacio para las especies en declive; Polinizadores para la seguridad alimentaria y la biodiversidad; Control del riesgo de inundaciones, gestión de las aguas pluviales; Agua potable y recursos hídricos; Formación y composición del suelo.
Desventajas y / o limitaciones	Identifique qué desventajas o limitaciones se adaptan mejor a las NBS	Poca innovación Baja rentabilidad (durabilidad y/o sostenibilidad) Bajo rendimiento (social, económico y/o medioambiental) Incertidumbre de los resultados Requisitos de espacio Requisitos de accesibilidad
Rendimiento y eficiencia (social, económica y medioambiental)	Graduar el nivel de rendimiento y/o eficiencia de cada NBS relacionado con cada área, social, económica y medioambiental.	Bajo Medio Alto
Escala de aplicación	Identifique el área de influencia de las NBS, según las opciones.	Edificio / Infraestructura Parque infantil o parcela Nivel de manzana Ciudad
Innovación	Graduar el nivel de innovación de las NBS.	Baja Media Alta
Buenas prácticas	Identificar el proyecto / entidad donde se aplican las NBS	n.d.
Información adicional / enlace	Describa información adicional sobre las NBS y el enlace de la fuente.	n.d.

Como se ha mencionado, en el Anexo 1 se presenta la tabla completa con toda la información sobre las ENB recopilada para el proyecto.

Base de datos NBS mBiG

En esta sección se presenta una revisión general y una breve descripción de las principales NBS disponibles que se identificaron en la matriz de inventario y que podrían instalarse en edificios como escuelas u otros edificios públicos como centros sociales. Las NBS se han clasificado según la "zona de intervención" en tres tipos: cubiertas, fachadas y espacios exteriores. Cada NBS incluye una breve descripción y los principales retos a los que pueden enfrentarse mediante los siguientes iconos:

Tabla 2. Iconos de desafíos.

Desafío	Icono	Desafío	Icono
Captura de carbono		Regulación climática local	
Normativa sobre calidad del aire		Mantenimiento de poblaciones y hábitats. Biodiversidad.	
Tratamiento y gestión del agua		Producción de energía renovable	
Ciudades neutras en carbono		Formación y composición del suelo	
Protección contra las inundaciones		Prevención de la erosión	
Plagas y control de enfermedades			

5.1 NBS para tejados

Tabla 3. Lista general de NBS adecuadas para tejados.

NBS	Breve descripción
Cubiertas verdes extensivas **Desafíos climáticos y sociales**	Los tejados verdes se refieren al espacio en la parte superior de un edificio que se cubre parcial o totalmente con vegetación plantada en un sustrato de crecimiento. Vegetación de tejado sobre sustrato fino con poco o ningún riego y gestión. Vegetación establecida artificialmente mediante siembra o plantación o de forma natural: musgos, suculentas, pocas hierbas y gramíneas. 
Cubiertas verdes intensivas **Desafíos climáticos y sociales**	Los tejados verdes se refieren al espacio en la parte superior de un edificio que se cubre parcial o totalmente con vegetación plantada en un sustrato de crecimiento. Vegetación de cubierta sobre sustrato grueso con riego y gestión. Vegetación establecida artificialmente mediante siembra o plantación o de forma natural: plantas perennes, gramíneas, pequeños árboles, cultivos en tejados. 
Cubierta vegetal semiintensiva **Desafíos climáticos y sociales**	Los tejados verdes se refieren al espacio en la parte superior de un edificio que se cubre parcial o totalmente con vegetación plantada en un sustrato de crecimiento. Tipo intermedio, con características mixtas, entre las cubiertas verdes extensivas e intensivas. 
Agricultura urbana en azoteas **Desafíos climáticos y sociales**	Las granjas urbanas en azoteas son los espacios/áreas situados en los tejados de los edificios, utilizados para el cultivo de hortalizas, frutas y hierbas aromáticas. Los cultivos en azoteas combinan la cubierta vegetal, la hidroponía, la aeroponía o la aeroponía. sistemas dinapónicos o huertos en contenedores. 

NBS	Breve descripción
Cubiertas húmedas **Desafíos climáticos y sociales**	Un tipo especial de cubierta verde extensiva que incluso está plantada con plantas de humedales o marismas. Puede ayudar a ralentizar las cosas y repartir el impacto de las lluvias torrenciales a lo largo de un periodo más prolongado, junto con el agua de lluvia. coleccionistas. 
Cubiertas verdes / Alfombra de Sedum **Desafíos climáticos y sociales**	Un refugio de cubierta verde es un tipo muy ligero de cubierta verde. Este tipo de cubierta verde tiene un sustrato muy ligero y fino para evitar que la cubierta tenga mucho peso. La vegetación debe ser pequeña. Esta solución está prevista para estructuras de sombra ligera o paradas de autobús. La "alfombra de Sedum" es una configuración estándar para acolchado ecológico extensivo / acolchado paisajístico extensivo. Es una cubierta de jardín ligera, de aspecto atractivo y natural que requiere poco mantenimiento. 
Biotecho solar **Desafíos climáticos y sociales**	Los paneles solares o la producción de energía solar (ya sea para energía eléctrica o térmica) pueden integrarse en los sistemas de cubiertas verdes. La altura de las bases solares crea una distancia suficiente entre la capa de sustrato y los paneles solares, proporcionando a las plantas suficiente luz solar y permitiendo un mantenimiento adecuado. Además, la regulación de la temperatura que proporciona la cubierta verde puede aumentar la eficiencia de producción de energía de los paneles solares en verano. 
Cubierta de gestión de aguas pluviales **Desafíos climáticos y sociales**	"Cubierta de gestión de aguas pluviales" permite la retención de agua en el tejado y, en consecuencia, la capacidad de suavizar la escorrentía del agua de lluvia para los sistemas públicos de drenaje urbano. El almacenamiento de agua en un sistema estándar de cubierta verde no puede aumentarse arbitrariamente, ya que una mayor cantidad de agua puede provocar cambios en la vegetación utilizada. El sistema puede retener hasta aproximadamente 80 l / m² de precipitación y luego liberar al drenaje urbano durante un periodo predefinido (entre 24 horas y varios días). 

5.2 NBS para fachadas

Tabla 4. Lista general de NBS adecuadas para fachadas.

NBS	Breve descripción
Clima / Fachadas Verdes / Muro Verde **Desafíos climáticos y sociales**	Las fachadas climáticas ayudan a reducir el consumo de energía para el clima interior utilizando plantas cultivadas en una estructura vertical soportada, reduciendo la pérdida de calor en invierno y la ganancia de calor en verano. Tipologías: Jardín vertical hidropónico; sustrato de jardín vertical (con sustrato técnico); sustrato de jardín vertical (con sustrato orgánico); jardín vertical con enredaderas trepadoras. 
Fachada verde hidropónica **Desafíos climáticos y sociales**	Se trata de un tipo especial de fachada verde. Una fachada verde hidropónica es un sistema constructivo que permite plantar especies vegetales en toda la superficie vertical de una fachada. La estructura que soporta este sistema se fija a la fachada. Sobre esta estructura se colocan diferentes capas y un sustrato hidropónico en el que crecen las plantas. 
Pared viva **Desafíos climáticos y sociales**	Los muros vivos son jardines verticales autosuficientes que se adosan al exterior o al interior de un edificio. Tipologías: Jardín vertical hidropónico; sustrato de jardín vertical (con sustrato técnico); sustrato de jardín vertical (con sustrato orgánico); jardín vertical con enredaderas trepadoras. 
Sistema de producción de algas **Desafíos climáticos y sociales**	En el proceso de crecimiento, las algas consumen CO_2 , además de producir un aceite que puede convertirse en un combustible respetuoso con el medio ambiente. Al final de su ciclo de vida, la biomasa de las algas puede transformarse en abono orgánico. 

NBS	Breve descripción
Agricultura vertical **Desafíos climáticos y sociales**	La agricultura vertical, agricultura Z o cultivo horizontal es la práctica de utilizar el espacio estereoscópico para cultivar plantas, utilizando el concepto de cultivar plantas o vida animal dentro de rascacielos o en superficies verticales. superficies inclinadas. 
Panel en directo **Desafíos climáticos y sociales**	Live Panel es un sistema modular con casetes extraíbles (40 x 40 cm). Estos casetes tienen cazoletas para plantar. Cada línea de casetes se fija a un raíl de plástico de 7 cm de altura. La canaleta de plástico funciona como depósito de agua. A través del filtro capilar del interior de los casetes, el agua fluye desde el depósito hasta las plantas. El sistema Live Panel es considerablemente más económico que otros sistemas de muros verdes y consigue una reducción significativa de los costes de mantenimiento. Puede utilizarse tanto en interiores como en exteriores. Gracias a su diseño modular, puede diseñarse en función de las necesidades específicas de cada cliente. 
Pantalla verde **Desafíos climáticos y sociales**	Los paneles Green Screen son vallas de malla de acero galvanizado precultivado, totalmente cubiertas de vegetación, que permiten un cerramiento inmediato, proporcionando protección y seguridad al lugar. Los paneles Green Screen pueden aplicarse en diversas situaciones como parques, jardines, aparcamientos, zonas industriales, tejados, fachadas, balcones. Debido a su color verde carácter de pantalla, los paneles también se utilizan para mitigar el impacto visual de infraestructuras como las zonas técnicas. 
Jardinera de pared **Desafíos climáticos y sociales**	El sistema Wall Planter consiste en jardineras superpuestas de vegetación precultivada sobre una malla de acero galvanizado, en fachadas de edificios nuevos o existentes. Las jardineras se colocan en una estructura de acero aplicada a la fachada del edificio. El sistema está equipado con un riego totalmente automático incorporado en las jardineras de aluminio. También es un sistema de drenaje y utiliza un sustrato especializado para garantizar la salud y el bienestar de las plantas. 

5.3 NBS para zonas exteriores (patios de recreo o espacio exterior de los edificios)

Tabla 5. Lista general de NBS adecuadas para parques infantiles o espacios exteriores de los edificios.

NBS	Breve descripción
Pared verde **Desafíos climáticos y sociales**	Un muro verde se compone de plantas cultivadas en una estructura vertical fijada a una pared interior o exterior, o independiente. Las estructuras varían de sistemas modulares a estructuras de láminas o tableros con bolsas de fieltro para contener tierra u otro medio de cultivo basado en principios hidropónicos y sistemas de riego para suministrar el agua y los nutrientes necesarios para que las plantas se mantengan vivas. 
Nano Jardines **Desafíos climáticos y sociales**	Los nanojardines o jardines de metro cuadrado o de balcón son técnicas de jardinería que permiten cultivar plantas utilizando la casa construida y no requieren zonas verdes separadas para la jardinería prácticas. 
Parque Urbano **Desafíos climáticos y sociales**	Espacio abierto diseñado para uso recreativo. Desde un punto de vista social, los parques pueden dividirse en zonas de recreo activo (como céspedes y zonas de juego que a menudo implican cooperación y actividades en equipo) y zonas de recreo pasivo (que consisten en observación, senderismo, picnic... 
Jardín silvestre **Desafíos climáticos y sociales**	Un espacio verde local, con una gestión especial hacia l a promoción de la biodiversidad urbana. 
Bosque urbano **Desafíos climáticos y sociales**	Arbolado urbano, diseñado y gestionado según principios ecológicos, estéticos y económicos. 

NBS	Breve descripción
Huertos urbanos **Desafíos climáticos y sociales**	Parcela de tierra fértil en la zona urbana, destinada a particulares o familias que deseen producir sus propias hortalizas. 
Restauración de cursos de agua **Desafíos climáticos y sociales**	Un curso de agua subterráneo forzado, o parte de él, se devuelve a la superficie y se recrea su cauce, como sus orillas. 
Calles arboladas **Desafíos climáticos y sociales**	Una calle con una o dos alineaciones de árboles plantados en fosos o zanjas. 
Permeabilización de superficies impermeables **Desafíos climáticos y sociales**	Eliminación de superficies impermeables, sustitución por superficies permeables y/o plantación de vegetación. 
Humedales urbanos **Desafíos climáticos y sociales**	Preservación y fomento de terrenos saturados de agua. Esto crea un ecosistema distintivo y biológicamente diverso. 
Renaturalización de terrenos baldíos, infraestructuras abandonadas y ecosistemas degradados **Desafíos climáticos y sociales**	Las zonas industriales, los edificios urbanos abandonados o las infraestructuras pueden renaturalizarse y reciclarse para que desempeñen importantes funciones ecológicas y sociales. También las zonas desatendidas, como las riberas de los ríos, las pendientes pronunciadas y las zonas a la espera de desarrollo urbano, pueden ser objeto de plantación de árboles y desarrollo de espacios verdes (aunque sea de forma temporal). 

NBS	Breve descripción
Corredores verdes **Desafíos climáticos y sociales**	El corredor promueve un vínculo ecológico entre los espacios verdes de la ciudad. Los corredores ecológicos pueden mitigar la pérdida y fragmentación de hábitats. Los corredores actúan como "puentes" entre hábitats para las especies y proporcionan un flujo de la causada natural o incluso antropogénicamente perturbaciones. 
Treesolution Groasis **Desafíos climáticos y sociales**	El sistema Groasis imita a la madre naturaleza en la forma de plantar los árboles. El plantón se coloca cuidadosamente en el suelo protegido por una caja que sostiene su raíz utilizando una cantidad mínima de agua que se suministra a través de un sencillo mecanismo de goteo. De este modo, la raíz se mantiene viva, pero "privada" de agua, lo que la induce de forma natural a buscar la humedad en las profundidades. Esto contrasta claramente con las prácticas de riego habituales, en las que la raíz permanece cerca de la superficie para recibir ayuda "humana". Además, Groasis aplica sustancias naturales complementarias, por ejemplo, mejorando el suelo con abono Growmaxx y micorrizas para mantener la planta sana. El método ha demostrado su validez en plantaciones variadas de 22 países, logrando regularmente tasas de supervivencia superiores al 95% a pesar del uso mínimo de agua, los bajos costes y la escasa necesidad de mantenimiento. Si bien esto incluye la Jardinería Urbana, se emprenderán más trabajos de investigación y desarrollo a través de Urbinat para examinar cómo se puede refinar aún más la metodología y adaptarla para apoyar el establecimiento de valiosos Espacios Verdes Públicos y Corredores Saludables en las ciudades. Entre las características que se perfeccionarán, se aplicarán casillas especiales para plantar árboles de mayor tamaño, lo que permitirá avanzar a mayor velocidad. Además, se investigarán métodos de codiseño y vías para impulsar procesos de innovación complementarios. 
Provisión y adopción de colmenas **Desafíos climáticos y sociales**	La provisión de colmenas, jardines de biodiversidad y creación de hábitats con el fin de estimular la proliferación de insectos polinizadores y aves. 

NBS	Breve descripción
Barreras visuales verdes y mitigación del ruido **Desafíos climáticos y sociales**	NBS diseñados para establecer una barrera visual en una zona concreta y/o contribuir a amortiguar el impacto del ruido en el exterior de una zona. 
Estructuras verdes y sombreadas **Desafíos climáticos y sociales**	Este NBS está pensado para llevar sombra a lugares donde no es posible plantar árboles o instalar otro tipo de NBS que requieran más espacio. Este NBS puede fijarse a las fachadas de los edificios de la calle o mediante postes fijados a la acera. 
Huerto escolar **Desafíos climáticos y sociales**	Se utilizarán pequeñas parcelas como superficie de cultivo, facilitando el manejo y utilizando sistemas de riego por goteo. La orientación será Norte-Sur, en una superficie de cultivo plana o con una suave pendiente para favorecer la evacuación del agua. Esta agua podría reutilizarse para el riego propone. Las parcelas pueden delimitarse con ladrillos, madera o no y otro tipo de vallas pequeñas y naturales; y rellenarse con compost, turba, tierra vegetal. 
Compostaje comunitario **Desafíos climáticos y sociales**	Zona de compostaje que se implantará en línea con el huerto para proporcionar una materia prima sostenible que mejore la calidad del suelo. 
Pequeña ganadería urbana **Desafíos climáticos y sociales**	Este NBS tiene como objetivo promover las actividades agrícolas entre los niños. Debe construirse de acuerdo con la ordenanza de bienestar animal. 

NBS	Breve descripción
Intervenciones arbóreas	Esta NBS incluye los árboles individuales de gran tamaño de las calles, así como las grandes zonas arboladas de los colegios con grandes patios de recreo. Los árboles desempeñan múltiples funciones en las zonas educativas. La colocación estratégica de grandes árboles de sombra y refrigeración en zonas urbanas puede dar sombra a los edificios, reducir la carga térmica sobre ellos y proporcionar islas de respiro de las altas temperaturas.
Desafíos climáticos y sociales	
Drainmax	El DRAINMAX es un túnel de plástico ligero de 1,6 metros cúbicos que crea un espacio hueco en el suelo a través del cual el agua de lluvia puede ser retenida directamente en la fuente y filtrarse en el suelo a través del fondo abierto y las ranuras laterales. Este producto reduce significativamente los costes de sistemas de drenaje e infiltración más complejos.
Desafíos climáticos y sociales	
Purain	PURAIN filtra el agua de lluvia, lo que permite reutilizarla, por ejemplo, en el riego de zonas verdes. Inspirado en los cursos de agua naturales, dispone de un hombro hidráulico que limpia automáticamente el filtro. Gracias a su diseño especial, los filtros PURAIN pueden utilizarse en instalaciones privadas o industriales. instalaciones en cubiertas de 60 m² a más de 15.000 m².
Desafíos climáticos y sociales	
Imagen en directo	Mobilane Live Picture es una pizarra viva con plantas que puede hacer que su entorno personal o profesional sea más verde y agradable. Este sistema es ecológicamente sostenible, armoniza el ambiente interior, creando un efecto relajante. El cuadro vivo "Live Picture" tiene un sistema de riego capilar automático. El propio cuadro es el depósito de agua para las plantas, con un orificio en la parte superior del marco que permite llenar el depósito.
Desafíos climáticos y sociales	

NBS	Breve descripción
Parklets	Parklet o parque de bolsillo ofrece a la gente la oportunidad de crear espacios públicos pequeños pero importantes. Parklet reutiliza parte de la calle junto a la acera para convertirla en un espacio público para las personas. Ofrece servicios como asientos, plantas, aparcamiento para bicicletas y arte. Parklets fomentar el transporte no motorizado.
Desafíos climáticos y sociales	
Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)	Sistemas de drenaje sostenible que suelen considerarse una secuencia de prácticas de gestión, estructuras de control y estrategias diseñadas para drenar las aguas superficiales de forma eficiente y sostenible, minimizando al mismo tiempo la contaminación y gestionando el impacto sobre la calidad del agua de las masas de agua locales. Los SUDS se inspiran en características y procesos naturales como la absorción del agua por las plantas, la infiltración del suelo, los estanques, las charcas, las marismas, los humedales, los manantiales, los arroyos y los ríos.
Desafíos climáticos y sociales	
Jardines de lluvia	Una cuenca de biorretención poco profunda diseñada para recoger, almacenar, filtrar y tratar la escorrentía de agua. Para optimizar sus funciones, debe incluir una mezcla de suelo poroso, vegetación autóctona y algunas plantas hiperacumuladoras, capaces de fitorremediación.
Desafíos climáticos y sociales	
Pavimentos duros de drenaje	Los pavimentos de drenaje duro son infraestructuras basadas en la naturaleza que ofrecen oportunidades para aumentar la percolación de las aguas pluviales y superficiales a través de una superficie pavimentada. Se construyen con áreas más pequeñas de superficie impermeable en comparación con la pavimentación más tradicional, que se intercala con engrasado o áreas de arena para permitir que el agua se disipe a través de la superficie más rápidamente.
Desafíos climáticos y sociales	
Aceras verdes	Superficies verdes instaladas en zonas de aparcamiento y accesos peatonales. Contribuyen principalmente a la infiltración de agua y a mitigar el efecto isla de calor.
Desafíos climáticos y sociales	

NBS	Breve descripción
Tierra inteligente como sustrato **Desafíos climáticos y sociales**	La elaboración de suelos inteligentes tiene una doble finalidad, por un lado se valorizan los residuos utilizados, minimizando los potenciales impactos ambientales derivados de una mala gestión de los mismos y, por otro, se recuperan los suelos degradados sin costes excesivos. Los suelos inteligentes se utilizan en procesos de recuperación de suelos y aguas degradadas y/o contaminadas, zonas con afloramientos rocosos, cobertura de estériles, zonas afectadas por obras urbanas e infraestructuras urbanas/periurbanas (como rotondas, bordes de carreteras y zonas ajardinadas no recreativas), zonas industrializadas, minas y canteras o suelos silvícolas degradados por erosión, incendios o pérdida de capacidad productiva, suelos forestales intensivos y cultivos de biomasa no alimentaria. 
Módulos sobre polinizadores **Desafíos climáticos y sociales**	Módulos vegetales que soportan plantas con flores, que pueden proporcionar néctar y polen para atraer a especies de insectos polinizadores en busca de alimento. Pueden instalarse como arcenes, muros (verticales), cubierta verde o en el jardín, ya sea en suelo natural o en una estructura compactada. 
Vía verde ciclista y peatonal **Desafíos climáticos y sociales**	Las vías verdes ciclistas y peatonales forman parte de las redes verdes de la ciudad. Promueven la movilidad sostenible. Se caracteriza por vías que ofrecen oportunidades recreativas, de salud pública y bienestar, así como enlaces de transporte. Sirve para conectar a ciclistas y peatones con la naturaleza. En este sentido, esta nueva generación de vías verdes multiobjetivo va más allá de la recreación y el embellecimiento para abordar áreas como las necesidades de hábitat de la vida silvestre, la promoción de la reducción de daños por inundaciones urbanas, la mejora de la calidad del agua, la provisión de un recurso para la educación al aire libre, y otras infraestructuras verdes. objetivos. 

NBS	Breve descripción
Sumidero urbano de carbono	Sumidero urbano de carbono es la acción cubre la plantación de árboles para maximizar el secuestro de carbono alrededor de un nuevo corredor verde principalmente. El aumento de la superficie de sombra es otro objetivo de la acción y se plantarán árboles como *Tilia cordata*, *Platanus orientalis* y *Pistacia terebinthus* para aumentar la superficie de sombra y ayudar a reducir los efectos de la isla de calor. Purificación del aire mediante la eliminación de dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), dióxido de azufre (SO_2) y PM_{10} partículas es otro de los efectos del sumidero urbano de carbono.
Desafíos climáticos y sociales	
Zonas verdes de descanso	Las zonas verdes de descanso son espacios verdes proyectados para el ocio social pasivo (descanso, relajación, observación de la naturaleza, contacto social). El desarrollo de zonas verdes de descanso desempeña un papel central en las políticas relacionadas con la salud, la conservación de la naturaleza y la ordenación del territorio.
Desafíos climáticos y sociales	
Árboles Renaturalización del aparcamiento	El efecto de isla de calor urbano se reducirá en las zonas de aparcamiento mediante la plantación de árboles. Este NBS proporcionará un nuevo concepto de aparcamiento que integrará la actividad urbana del tráfico con la actividad natural de las zonas verdes urbanas. Asimismo, esta acción contribuirá a la actividad de secuestro de carbono y al reequipamiento de las zonas de aparcamiento. La instalación de árboles en estas zonas permitirá mejorar la filtración del agua de escorrentía.
Desafíos climáticos y sociales	
Plantación y renovación de árboles urbanos	Instalación de un gran número de árboles o renovación de la arboleda urbana. Estas NBS proporcionan lugares sombreados y mejoran el bienestar de los usuarios, así como la conexión con la naturaleza. Se debe tener en cuenta el carácter endémico de las especies arbóreas implantadas, ya que es una garantía de adaptación del árbol a las condiciones edafoclimáticas.
Desafíos climáticos y sociales	

NBS	Breve descripción
Árboles refrigerantes (especies para maximizar el efecto refrigerante) **Desafíos climáticos y sociales**	Serie de árboles plantados para aprovechar el enfriamiento por evapotranspiración. Las especies seleccionadas serán aquellas que transpiren a tasas elevadas para maximizar su efecto refrigerante. El suministro constante de agua a estos árboles será esencial para garantizar esta función. eficaz. 
Árboles de sombra (especies con copas extendidas) **Desafíos climáticos y sociales**	Serie de árboles situados en lugares estratégicos para maximizar la sombra en verano. Las especies seleccionadas serán árboles de hoja ancha con copas extendidas para maximizar la sombra en verano y reducir la ganancia térmica del edificio, pero con copas abiertas en invierno para permitir la ganancia térmica en los meses más fríos. 
Vallas verdes **Desafíos climáticos y sociales**	Los principales objetivos son proporcionar una separación verde entre el río y los peatones y crear pequeños hábitats para la fauna. Se construye como parte de la renaturalización del río y sus riberas. 
Jardines flotantes **Desafíos climáticos y sociales**	Los jardines flotantes pueden adoptar muchas formas, como pontones, plataformas flotantes o barcazas de arena. Pueden variar en tamaño, desde pequeñas plataformas individuales hasta sistemas de pontones más largos, como los que se ven en el río Sena (París) y el río Chicago (Chicago). En las zonas urbanas pueden colocarse en masas de agua no sujetas a mareas, como sistemas de muelles, lagos, canales y estanques, ya que las zonas sujetas a mareas pueden dañar la estructura de los jardines. 
Área de filtro verde	Las zonas verdes filtrantes son intervenciones verticales de infraestructura verde, construidas para proporcionar una barrera visual y/o un filtro de contaminación entre las carreteras o las operaciones industriales y el espacio público o los paseos. Las zonas verdes filtrantes pueden adoptar la forma de arbolado urbano, muros verdes (pantallas), arbustos o setos. Los árboles, arbustos o trepadoras pueden plantarse directamente en el suelo o en contenedores. La plantación de filtros verdes puede combinarse con la construcción de barreras sólidas para reducir el impacto acústico.

NBS	Breve descripción
Desafíos climáticos y sociales	
Biofiltro para huertos urbanos	Este NBS utiliza un sustrato especial (mezcla de subproductos urbanos) como medio filtrante para capturar contaminantes (NOx, PM, CO, benceno, tolueno, etc.) del aire de los aparcamientos subterráneos sin generar residuos. Este NBS utiliza un proceso de rizodegradación en el que los contaminantes se degradan en la rizosfera (zona del suelo que rodea las raíces de las plantas) por medio de la actividad microbiana que se ve potenciada por el presencia de raíces vegetales. Que tiene lugar en el suelo al proceso.
Desafíos climáticos y sociales	
Parque inundable	Los parques inundables pueden diseñarse para controlar los caudales y disminuir los picos de flujo almacenando el exceso de agua de crecida y liberándola lentamente una vez pasado el riesgo de inundación. Este tipo de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) puede desempeñar un papel especialmente importante a la hora de mitigar los posibles impactos causados por las aguas de escorrentía superficial procedentes de la lluvia, las crecidas repentinas o los cursos de agua de pequeño y mediano tamaño. Otros beneficios potenciales que pueden aportar los parques inundables son, entre otros, la reducción del caudal de agua que entra en el sistema público de alcantarillado, así como la creación de espacios recreativos y beneficios para la biodiversidad.
Desafíos climáticos y sociales	
Cunetas de césped y de retención de agua	Las cunetas son canales abiertos poco profundos, de fondo plano y con vegetación, diseñados para transportar, tratar y, a menudo, atenuar la escorrentía de aguas superficiales. Cuando se incorporan al diseño del sitio, pueden mejorar el paisaje natural y proporcionar beneficios estéticos y de biodiversidad. Suelen utilizarse para drenar carreteras, caminos o aparcamientos, donde es conveniente recoger afluencias distribuidas de escorrentía, o como medio de transportar la escorrentía en superficie a la vez que se mejoran los corredores de acceso u otros espacios abiertos. Las cunetas pueden tener diversos perfiles, pueden ser uniformes o no uniformes y pueden incorporar una serie de estrategias de plantación diferentes, en función de las características del lugar y de los objetivos del sistema.
Desafíos climáticos y sociales	

NBS	Breve descripción
Aceras verdes - Aceras verdes para aparcar	Los adoquines verdes aportan muchos beneficios, empiezan a ser una solución bastante popular ofrecida en el mercado de la construcción, gracias a que son relativamente económicos y una solución sobrina para cualquier estructura urbana. Encajan perfectamente en cualquier entorno urbano y aportan ventajas adicionales en cuanto a efectos espaciales, drenaje e incluso señalización del tráfico. Los adoquines verdes tienen huecos extragrandes en todo el perímetro para establecer una escena verde en la calle sin necesidad de instalar separadores independientes. La vegetación garantiza que parte del agua se evapore. mientras que una parte es absorbida. **Desafíos climáticos y sociales** 
Pavimento fresco	Los pavimentos fríos son pavimentos reflectantes/permeables que ayudan a bajar la temperatura de la superficie y reducen la cantidad de calor absorbido por el pavimento. Los pavimentos solares reflectantes "fríos" permanecen más frescos al sol que los pavimentos convencionales. La reflectancia del pavimento puede mejorarse utilizando áridos reflectantes, ligantes reflectantes o transparentes o revestimientos superficiales reflectantes. Pavimentos permeables: permiten la entrada de aire, agua y vapor de agua en los huecos. de pavimento, manteniendo el material fresco cuando está húmedo. **Desafíos climáticos y sociales** 
Renaturalización de canales	Terramesh es un sistema de refuerzo del suelo formado por paneles de malla metálica hexagonal de doble torsión, tejida con cinc pesado y recubierta de PVC, que se utiliza para estabilizar pendientes pronunciadas y muros verticales (Jayswal et al., 2014). Se coloca una cuña de tierra vegetal detrás de la cara frontal para facilitar un acabado verde vegetal. Los muros modulares de terramesh se implantarán en las riberas de los ríos tras la retirada de los muros de hormigón. **Desafíos climáticos y sociales** 

NBS	Breve descripción
Silvicultura urbana	Las inundaciones de aguas superficiales y la mala calidad del agua ya suponen un reto en las zonas urbanas, con importantes costes económicos e impactos en la salud y el bienestar, y se prevé que se intensifiquen con el cambio climático y el aumento de la urbanización. Aunque los enfoques tradicionales de ingeniería son parte de la solución, los datos sugieren que los árboles urbanos también pueden desempeñar un papel. Esto puede hacerse conservando las arboledas, los bosques y la vegetación natural de las cuencas hidrográficas; mejorando el dosel arbóreo urbano y suburbano; protegiendo los árboles en el desarrollo y aumentar el uso de árboles en los sistemas de drenaje de aguas pluviales.
Desafíos climáticos y sociales	

6. SELECCIÓN DE NBS

En esta sección se incluyen los prototipos de NBS seleccionados que se han diseñado y propuesto para las demostraciones mBiG (edificios prototipo). Aquí, se presenta un breve resumen de los NBS incluyendo la descripción y algunas imágenes ilustrativas. Además, se han incluido algunas NBS innovadoras de URBAN GreenUP para parques infantiles y espacios al aire libre. Esta información se ha incluido en el marco de colaboración entre ambos proyectos. Algunos prototipos también se basan en soluciones existentes con enfoques innovadores.

6.1 mBiG NBS para tejados

***mBiGBOX**. Prototipo para cubiertas que utiliza contenedores con depósito de agua.*

Sistema integrable en cubiertas de grava de fácil instalación que utiliza un contenedor vegetal con un depósito para recoger el agua de lluvia y los condensados, un espacio interior de pequeñas dimensiones para aportar el sustrato inicial con abonos y la plantación y un soporte inferior multicapa para el crecimiento de las raíces una vez desarrollada la planta. El riego se realiza mediante mechas higroscópicas que conectan el depósito con dos zonas del área radicular.

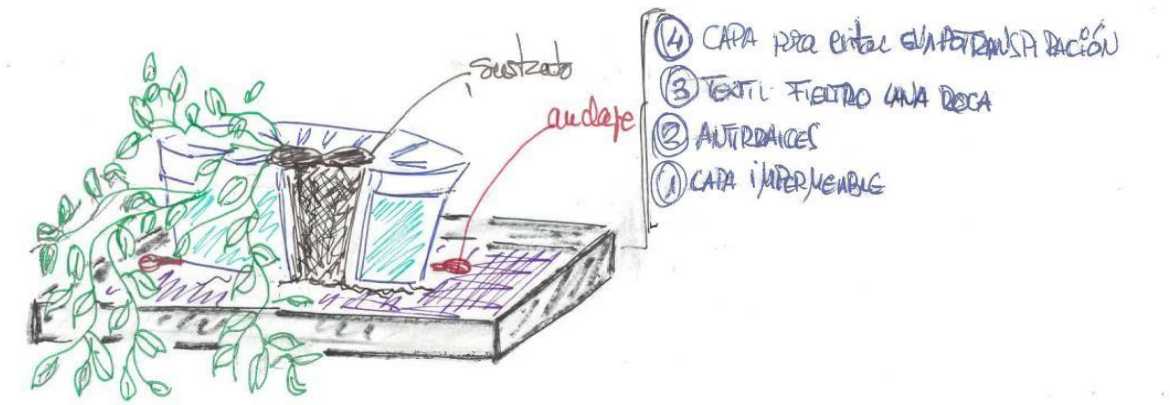


Figura 1. Esquema básico de mBiGBOX Esquema básico de mBiGBOX.

El sistema e incluso el propio embalse estarán cubiertos por la grava del tejado y pueden completarse con arlita o grava volcánica. Esta cobertura reducirá la pérdida de agua por evapotranspiración de las capas de soporte y protegerá el embalse del sol. Los principales componentes del sistema son

- WATERBOXX® o depósito de agua similar y guía de plantación. Dispone de un sistema de mecha higroscópica para suministrar el agua del interior del depósito a la zona específica de las raíces. El diseño de la tapa permite recoger los condensados de agua que se producen a primera hora de la mañana.
- Sustrato especialmente diseñado para el mantenimiento de las especies seleccionadas.

- Las características de las especies seleccionadas son escasa necesidad de agua, porte rastrero y raíces superficiales, especies autóctonas y especies indicadas como beneficiosas para los polinizadores.
- Bandeja inferior multicapa para contener las raíces de la planta cuando se cultiva. Las capas se han diseñado para contener la parte radicular de la planta y permitir su expansión, pero sin causar daños a la cubierta. De abajo a arriba estaría compuesta por:



Figura 2. Ejemplo de instalación de mBiGBOX en un tejado de grava. ©CARTIF.

  - Capa de impermeabilización. Aunque la cubierta ya está impermeabilizada con esta capa conseguiremos una mayor retención del agua del sistema. Se puede utilizar membrana de EPDM, lámina de PVC u otro material equivalente.
  - Barrera antiraíces Safeguard de polietileno de alta resistencia, poliolefina flexible o geotextil no tejido.
  - **Opción:** Se puede integrar una doble capa de drenaje y una capa filtrante (para evitar que los finos entren en los canales de la capa filtrante) para aumentar la capacidad de almacenamiento del agua de lluvia.
  - Capa ligera de sustrato a base de lana mineral, lana de oveja, fibra de coco o fieltro.

El sistema es compatible con el riego por goteo, que puede integrarse en la estructura de base. Se conseguiría un mantenimiento de la vegetación más homogéneo durante todo el año. No obstante, el diseño inicial se ha realizado para que no sea necesario implantar un sistema de riego y las pruebas previas que se van a realizar van encaminadas en esta dirección.

***mBiGBOX_Ex**. Prototipo para cubiertas de contenedores con depósito de agua y una amplia cubierta verde.*

Sistema de cubierta integrable que combina el sistema mBiGBOX y un amplio sistema de cubierta. Sistema alternativo al mBiGBOX para cubiertas con mayores necesidades de cobertura verde y retención de agua.

El sistema mBiGBOX consta de un contenedor para hortalizas con un depósito para recoger el agua de lluvia y los condensados, un espacio interior de pequeñas dimensiones para proporcionar el sustrato inicial con fertilizantes y la plantación y un soporte inferior multicapa para que crezcan las raíces una vez que la planta se ha desarrollado. El riego se realiza mediante mechas higroscópicas que conectan el depósito con dos zonas del área radicular.

En el sistema mBiGBOX_Ex, la capa de sustrato del sistema de cubierta verde extensiva se utiliza como capa para permitir el desarrollo radicular de la planta integrada en el contenedor vegetal.

La densidad de implantación del sistema mBiGBOX es una unidad por metro cuadrado y el resto de la cubierta se hará a base de un extenso tejado verde. El tejado verde sobre el que se apoya sería un

Cubierta verde extensiva de 8 cm de sustrato para albergar vegetación de sedum. La cubierta dispondrá de una lámina nodular drenante con una capacidad de almacenamiento de agua de 6 litros por metro cuadrado que contribuirá a una gestión más adecuada del agua de lluvia que caiga sobre la cubierta.

La uniformidad de la cubierta extensiva se romperá integrando el sistema mBiGBOX con especies de mayor tamaño que permitirán dar servicio a los polinizadores. Además, estéticamente será diferente de los sistemas extensivos convencionales que son más positivos en un entorno escolar. Por otro lado, la integración del mBiGBOX en la cubierta extensiva aumenta en 15L la cantidad de agua de lluvia que se puede almacenar por metro cuadrado.



Figura 3. Simulación del resultado de mBiGBOX_Ex para el tejado de un colegio de Oporto.

Los componentes del sistema son:

AMPLIO TEJADO VERDE

- Capa geotextil antiperforación
- Barrera antiraíces HDPE
- Capa geotextil antiperforación
- Capa de drenaje HDPE con capacidad de almacenamiento de agua
- Capa de retención / sustrato orgánico para cubierta de sedum
- Plantas de Sedum

Depósito WATERBOXX® o similar

- WATERBOXX® o depósito de agua similar y guía de plantación. Dispone de un sistema de mecha higroscópica para suministrar el agua del interior del depósito a la zona específica de las raíces. El diseño de la tapa permite recoger los condensados de agua que se producen a primera hora de la mañana.
- Sustrato especialmente diseñado para el mantenimiento de las especies seleccionadas.
- Las características de las especies seleccionadas son escasa necesidad de agua, porte rastrero y raíces superficiales, especies autóctonas y especies indicadas como beneficiosas para los polinizadores.

El contenedor vegetal WATERBOXX® o similar con depósito de agua se integraría sobre el resto de la cubierta extensiva colocándolo sobre la lámina nodular, la manta de contención y el sustrato y no instalando la planta en esa zona.

El sistema es compatible con el riego por goteo, que puede integrarse en la estructura de base. Se conseguiría un mantenimiento de la vegetación más homogéneo durante todo el año. No obstante, el diseño inicial se ha realizado para que no sea necesario implantar un sistema de riego y las pruebas previas que se van a realizar van encaminadas en esta dirección.

Las plantas que se instalen en el mBiGBOX se adaptarán a cada ubicación y se utilizará un mínimo de tres especies diferentes con floraciones escalonadas y que proporcionen alojamiento y alimento a varios tipos de insectos para fomentar la biodiversidad en el tejado.

A destacar la funcionalidad de la cubierta que tendría una capacidad de almacenamiento de agua de al menos 21 l por metro cuadrado entre lo que captaría el mBiGBOX y lo que capta la lámina nodular. A este valor se añadiría lo que se acumularía en el propio sustrato y los tejidos que presenta el sistema. La capacidad de retención puede incrementarse si se coloca una lámina de mayor capacidad.

***mBiGTray**. Prototipo para cubiertas con bandejas encapsuladas con alta capacidad de retención de agua.*

El sistema consiste en una bandeja multicapa para mantener cubierta vegetal que se encapsula con una lámina impermeable blanca para recoger el agua de lluvia y reducir las pérdidas de agua. El diseño del sistema, incluida la selección de las especies vegetales adecuadas, se ha realizado en función de las necesidades de riego, pero es compatible con un sistema de riego. En la parte superior del encapsulado hay unos agujeros para plantar especies vegetales.

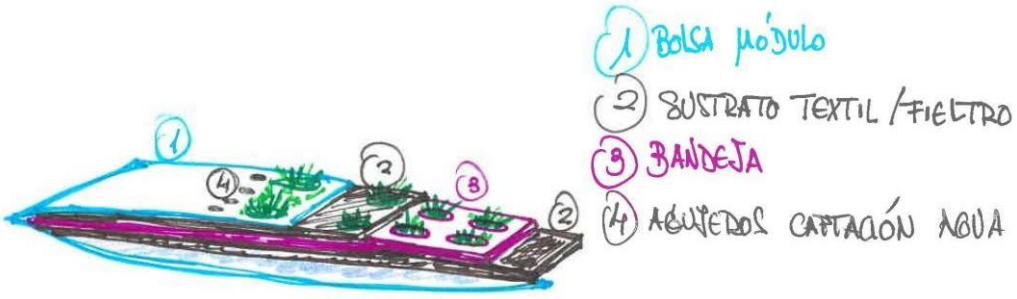


Figura 4. Esquema básico del mBiGTray Esquema básico del mBiGTray.

Esquemáticamente, se trataría de un sistema de cubierta vegetal extensiva embolsada para hacerla más resistente a las épocas sin lluvia.

Este sistema permite la instalación de las bandejas en la cubierta ocupando directamente el 50% de la superficie con la parte vegetal inicialmente y el resto con una superficie blanca que evita la excesiva captación de energía térmica. La instalación se realiza mediante un sistema a cuadros en el que se alternan las superficies de plantación con las de captación de agua. En la zona de unión de cada módulo hay unos orificios que permiten la entrada de agua desde la zona de recogida de agua hacia la zona con el sistema vegetal.

mBiGTray disponen de un orificio de drenaje a la altura de la superficie de la bandeja para permitir almacenar la mayor cantidad de agua posible evitando el encharcamiento del sustrato en el que se encuentran las raíces de las plantas.



Figura 5. Vista lateral del mBiGTRay Vista lateral del mBiGTRay.

Tanto el peso de la propia bandeja como su diseño plano hacen que, en principio, un anclaje de techo auxiliar
sistema no es necesario. Sin embargo, si los vientos dominantes en la zona fueran muy fuertes, se podría lastrar el sistema utilizando árido drenante como relleno parcial de los agujeros de la bandeja.

Componentes del sistema:

- El material de encapsulado puede ser de EPDM blanco o de PVC. En principio, el PVC blanco se elige como primera opción por precio principalmente. El EPDM costaría aproximadamente 15 euros/m2 y el PVC menos de la mitad. Además, el peso por m2 también es mayor. La durabilidad de los dos materiales es similar para esta aplicación, ambos con una garantía de 10 años.
- La bandeja se compone de un soporte con cavidades para contener el sustrato de plantación de las plantas a incluir. El soporte modulado se cubre con un geotextil de fieltro no tejido y se introduce en la cápsula. Esta bandeja permite estructurar la plantación de la vegetación, aportando rigidez para manipulación del embolsado y creación de espacios para el almacenamiento de agua en el interior.

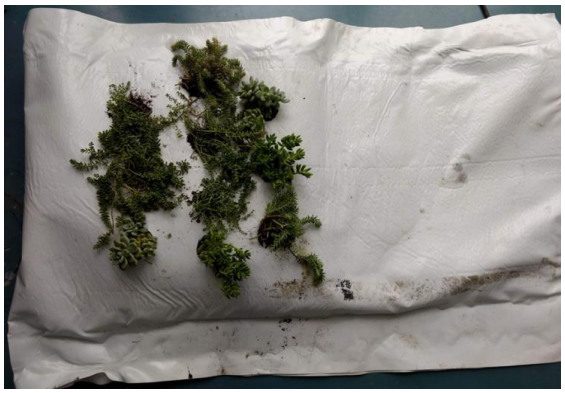


Figura 6. Fase inicial del primer prototipo de laboratorio del mBiGTray.

- Entre la bandeja y el geotextil se encuentra el material que actúa como sustrato que puede ser tanto lana de oveja como esfagno u otros materiales similares. Esta capa permite el transporte capilar del agua desde la zona de almacenamiento de agua hasta la zona superior.
- Por encima del geotextil hay una capa de sustrato encapsulado en un geotextil ligero. En esta zona es donde contiene la parte radicular de la vegetación que se integra en el sistema.

- Las características de las especies seleccionadas son escasa necesidad de agua, raíces rastreras y superficiales, especies autóctonas y especies indicadas como beneficiosas para los polinizadores. Se haría una plantación de 16 plantas por bandeja. Inicialmente habría bandas cubiertas de vegetación y bandas sin vegetación pero con el paso de los años se podría tener una cubierta verde completa.

Por otra parte, el sistema es compatible con el riego por goteo, que puede integrarse en la estructura de base. Se conseguiría un mantenimiento de la vegetación más homogéneo durante todo el año. No obstante, el diseño inicial se ha realizado para que no sea necesario implantar un sistema de riego y las pruebas previas que se van a realizar van encaminadas en esta dirección.



Figura 7. 4 meses del primer prototipo de laboratorio del mBiGTray.

mBiGCUVE. *Prototipo para cubiertas mediante bandejas sobre parcelas basado en sistemas de cubiertas extensivas.*

Esta solución pretende sombrear los tejados para reducir la radiación solar y, por tanto, las altas temperaturas que se alcanzan en los meses de verano. Los tejados pueden tener una gran inercia térmica, por lo que es importante reducir la irradiación solar directa en verano y el efecto del viento y las bajas temperaturas en los meses más fríos. Esto ayudará a reducir las pérdidas de energía en los meses de invierno y, por tanto, las emisiones de CO_2 y el consumo de energía en calefacción, que también son objetivos del proyecto. Considerando el estado actual de la técnica, la principal novedad esperada en el campo de las cubiertas verdes es simplemente su mayor implantación y difusión en climas cálidos y secos. En este caso, considerando los objetivos del proyecto, y la necesidad de actuación en edificios existentes, se deberían buscar sistemas igualmente modulares, fácilmente montables y desmontables, adaptables a diferentes edificios.

Los requisitos de diseño del mBiGCUVE eran que fuera fácil de implantar, modular, adaptable a cualquier edificio, duradero, accesible y compatible con el edificio.

mBiGCUVE 1: (De CUbierta VEgetal) sistemas apoyados sobre la cubierta, separados de ella, que generan el efecto de cubierta ventilada con cámara de aire entre la grava de acabado existente y el sistema dispuesto (de esta forma se cambiaría la cubierta actual "Caliente" por "cubierta fría"). Se deben disponer bastidores apoyados sobre "parcelas" elevadas, sobre las que colocar "bandejas" desmontables que alberguen una solución de cubierta fina y extensiva, con un sustrato mejorado y con especies autóctonas adecuadas a dicho espesor. Hemos trabajado con bastidores y bandejas modulares que aprovechan el material disponible comercialmente, modulando los elementos a 1,50 m, 3,00 m, 4,50 m, o 6,00 m, con anchos de 1,00 m o dependiendo de las medidas del sistema de bandejas.

En cuanto a la selección de especies vegetales, hay que tener en cuenta que, considerando los requerimientos de espesor máximo del sustrato, las condiciones de riego y el mantenimiento. El Real Jardín Botánico (CSIC) ha seleccionado las siguientes especies, incluyendo los requisitos de plantación, adquisición y mantenimiento:

Perennes: *Dianthus carthusianorum; Festuca cinerea, Hybride Festuca cinereal; Gypsophila repens p.; Helianthemum nummularium; Koeleria glauca; Petrorhagia saxifraga; Saponaria ocymoides; Satureja montana ssp. illyrica; Saxifraga paniculata; Sempervivum hybride; Cerastium arvense; Hieracium pilosella; Potentilla neumanniana; Prunella grandiflora; Thymus doerfleri Thymus doerfleri Bressingham; Thymus serpyllum Serpol.*

Sedum: *Album, Acre, Reflexum, Sediforme, Rupestre, Ochroleucum, etc.*

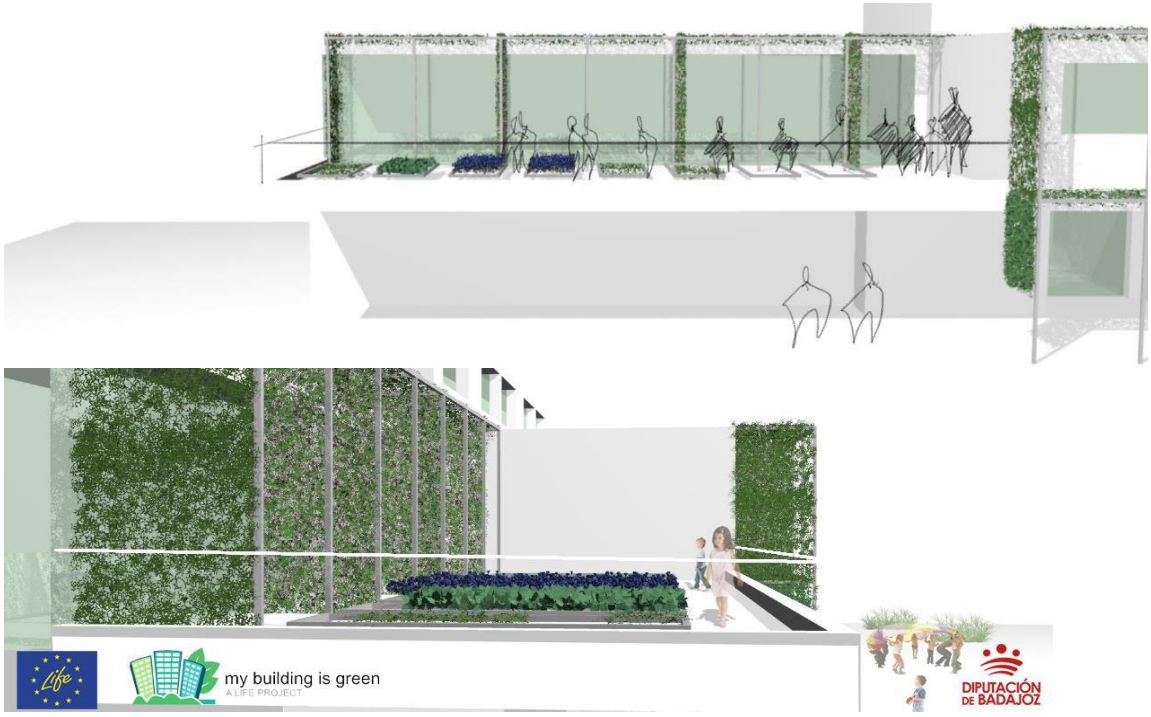


Figura 8. Recreación visual del CEIP Gabriela Mistral con mBiGCuve.

mBiGCUVE_SUS. *Prototipo para cubiertas mediante bandejas sobre parcelas basado en sistemas de cubiertas extensivas.*

mBiGCUVE_SUS. Prototipo MBiGCUVE pero con un sustrato más sostenible que utiliza árido reciclado de origen cerámico para la formulación del sustrato vegetal. También sustituye la capa drenante, normalmente de materiales plásticos, por árido reciclado de mayor granulometría.

El almacenamiento de agua y el aporte de nutrientes son especialmente importantes para el cultivo de plantas perennes y arbustos. En el caso de los sustratos del Proyecto, se combinará una granulometría más fina (polvo de residuos de porcelana) y mayores niveles de materia orgánica en función de la vegetación autóctona que se vaya a instalar.

De este modo se asegurarán los niveles adecuados de agua que requiere la vegetación, sin reducir el volumen de aire en el sustrato, evitando la compactación del mismo.

***mBiGUL - Solución basada en el Sistema de Vida Urbana Verde (GUL)**. Sistemas multifuncionales para cubiertas basados en aglomerado de corcho expandido para impermeabilización.*

El Green Urban Living (GUL)[19] es un sistema multifuncional que utiliza aglomerado de corcho expandido para la construcción de cubiertas verdes y fachadas vivas.

Aunque el uso de cubiertas verdes urbanas es todavía infrecuente, el proyecto LIFE-mybuildingisgreen pretende promover que las cubiertas verdes sean una tendencia en la arquitectura y el urbanismo, conciliando aspectos relacionados con la adaptación de las ciudades a los efectos del cambio climático y promoviendo también la construcción sostenible. Este sistema fue desarrollado dentro de un proyecto nacional que tiene como objetivo desarrollar y validar nuevos sistemas de cubiertas y fachadas verdes estructuradas en aglomerado de corcho expandido (ICB), con un perfil medioambiental y energético superior a las soluciones convencionales y con una alta capacidad de personalización energética y prefabricación. En estos sistemas ecodiseñados, el ICB proporcionará simultáneamente:

- Aislamiento térmico del edificio;
- Funciones de drenaje;
- Funciones de retención;
- Captura de carbono.

El corcho es una materia prima tan perfecta que ningún proceso industrial o tecnológico ha sido capaz de replicar. Tiene numerosas ventajas y beneficios debido a sus características clave como, y representa una oportunidad innovadora para incorporar materiales a base de corcho en los sistemas de cubiertas verdes. Algunas de las características clave del corcho son

- Material muy ligero - Más del 50% de su volumen es aire, lo que lo hace muy ligero: sólo pesa 0,16 gramos por centímetro cúbico y puede flotar.
- Elástico y compresible - Es el único sólido que, comprimido por un lado, no aumenta de volumen por otro; y como consecuencia de su elasticidad es capaz de adaptarse, por ejemplo, a variaciones de temperatura y presión sin sufrir alteraciones.
- Impermeable a líquidos y gases - Gracias a la suberina y a los ceroides contenidos en las paredes celulares, el corcho es prácticamente impermeable a líquidos y gases. Su resistencia a la humedad le permite envejecer sin deteriorarse.
- Aislante térmico y acústico - El corcho tiene una baja conductividad al calor, el ruido y las vibraciones. Esto se debe a que los componentes gaseosos contenidos en el corcho están encerrados en pequeños compartimentos impermeables, aislados entre sí por una sustancia resistente a la humedad.

[19] http://www.itecons.uc.pt/projectos/greenurbanliving/index.php?module=sec&id=546&f=1

- Ignífugo - El corcho también es un ignífugo natural: arde sin llama y no emite gases tóxicos durante la combustión.
- Alta resistencia a la abrasión - El corcho es extremadamente resistente a la abrasión y tiene un alto coeficiente de fricción. Gracias a su estructura alveolar, su resistencia al impacto o a la fricción es mayor que la de otras superficies duras.
- Hipoalergénico - Como el corcho no absorbe el polvo, ayuda a proteger contra las alergias y no supone un riesgo para los asmáticos.
- Tacto natural - La textura natural del corcho combina suavidad y flexibilidad al tacto con una superficie naturalmente irregular. El grado variable de irregularidad viene dado por el tipo de corcho utilizado y el acabado elegido.

El corcho también juega un papel importante en la economía portuguesa, representando el 2% de las exportaciones totales portuguesas, y debido a sus beneficios sostenibles, medioambientales y económicos parece ser un material excelente para incorporar en el proyecto, así como el uso del GUL, para probarlo a la adaptación a un cambio climático en un edificio escolar.

El GUL es un sistema de cuatro capas, que utiliza ICB (Insulation Cork Board, un aglomerado de corcho expandido), seguido de la capa filtrante (para evitar que las partículas del sustrato se desprendan y colapsen la escorrentía de agua), que

es el sustrato y por encima de la capa plantada con la vegetación.



Figura 9. Esquema de capas prototipo basado en el sistema GUL.

El sustrato que se propone utilizar, es un producto desarrollado por LandLab (la empresa de cubiertas verdes que implantará los prototipos NBS en la escuela de Oporto), el Sustrato Técnico Intensivo, desarrollado según la normativa FLL. El STI está formado por componentes especiales con base mineral, que le confieren una textura de espesor medio, capilaridad alta y equilibrada, y drenaje. Este sustrato se caracteriza por tener un alto componente mineral, libre de parásitos, especies de malas hierbas y gérmenes patógenos y una gran resistencia estructural. Está compuesto por:

- Humus de corteza de pino fermentado y certificado, granulometría 0-15mm;
- Turba rubia seleccionada, granulometría 0-40 mm;
- Arcilla expandida - granulometría 2/4mm;
- Roca volcánica especial, granulometría 3-9mm;
- pH corregido de 5,5-6,5.

El sistema GUL fue una inspiración para el desarrollo del prototipo mBiGUL (mBiG Green Urban Living based), que será aplicado en la escuela de Oporto EB1 Falcão, y sus principales beneficios para el proyecto LIFE-mybuildingisgreen están relacionados con que el sistema debe ser:

- Presenta un diseño ecológico que incorpora materiales renovables y reciclables;
- Permitir la personalización geométrica;
- Ser autodrenante (no hay pantallas sintéticas disponibles);
- Capacidad autónoma de retención de agua;
- Alto rendimiento térmico;
- Alto rendimiento acústico;
- Económicamente competitivo, lo que permite tener ventajas tangibles en cuanto a su rendimiento;
- Facilidad de aplicación, lo que la convierte en una alternativa viable a las soluciones que existen actualmente en el mercado.



Figura 10. Ejemplo de instalación con el sistema GUL. Fuente: Neoturf.

El prototipo mBiGUL representa una solución integrada y lista para instalar, que consiste en un sistema multicapa. La base está formada por una capa impermeabilizante seguida de una capa de aglomerado de corcho (material reciclado y reciclable), basada en el sistema GUL desarrollado por Amorim Isolamentos y que contó con la colaboración de Neoturf, Itecons (Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Construcción, Energía, Medio Ambiente y Sostenibilidad) y ANQIP (Asociación Nacional para la Calidad de las Instalaciones en la Edificación). Encima del corcho se coloca una pantalla antiraíces, seguida del sustrato y la vegetación. La siguiente figura presenta una sección transversal del prototipo.

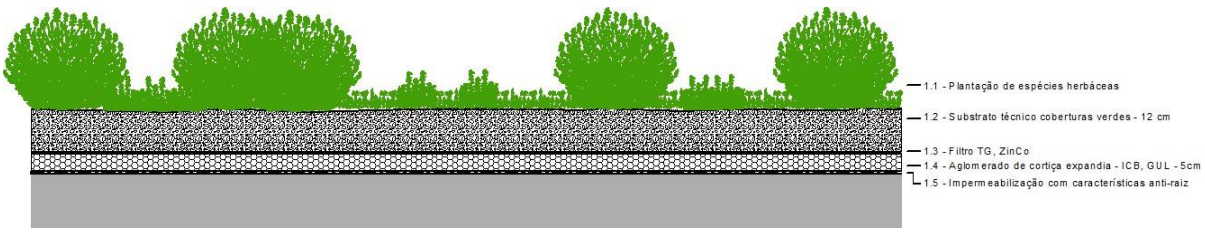


Figura 11. Sección transversal de la composición del prototipo mBiGUL.

***mBiGSECAR**. Soluciones sostenibles para la mayoría de tipos de tejado y condiciones climáticas.*

Sedum Carpet es una solución de cubierta vegetal sostenible y 100% biodegradable, que se diseñó con el objetivo de reducir el tiempo de instalación de una cubierta ajardinada. Consiste en una estructura a base de fibra de coco preplantada con vegetación del género Sedum spp.

Dado que las plantas del género Sedum (diversas variedades) poseen un conjunto de características ideales y adaptadas al contexto de aplicación en cubiertas verdes, como una alta capacidad de resistencia a diferentes condiciones climáticas.



Figura 12. Modelo de alfombra de Sedum. Fuente: LandLab.

El Sedum es una planta alpina. Por lo tanto, es una planta con una enorme capacidad para soportar variaciones bruscas de temperatura, como un clima seco, suelos pobres con poca materia orgánica, exposición al sol intenso, lugares con nieve, vientos fuertes, entre otros. El Sedum, dependiendo de la variedad, puede adaptarse a condiciones climáticas extremas, a diferencia de la mayoría de las plantas.

Como cualquier planta CAM, puede reservar agua en las hojas, que utiliza sólo por la noche. cuando las temperaturas son más bajas. Además de la regulación térmica diaria (día y noche), estas plantas también tienen la capacidad de contribuir a la regulación térmica acumulando calor durante las estaciones más frías (otoño e invierno) y produciendo enfriamiento (por evapotranspiración) en las estaciones más cálidas (primavera y verano).

Este sistema permite obtener una cobertura vegetal casi inmediata, siendo una excelente solución para estructuras inclinadas, ya que presenta una gran facilidad de aplicación, bajo mantenimiento y una gran resistencia a las condiciones climáticas y bajos requerimientos ecológicos, (sustrato y agua).

Tras la aplicación de la Alfombra de *Sedum*, el aspecto final es el de una vegetación uniforme, sin faltas ni espacios vacíos, ya que este tipo de vegetación presenta una gran dispersión radicular que permite una cobertura homogénea del espacio. El uso de diferentes especies y variedades de Sedum contribuye a una mayor diversidad de la vegetación de la cubierta y a dar un aspecto más natural y diverso.



Figura 13. Alfombra de Sedum en un tejado. Fuente: LandLab.

La multiplicidad de especies de *Sedum* aplicables en este sistema contribuye a la amplia gama de usos y puede aplicarse en la mayoría de los paisajes.
techos y en diversos tipos de clima.

Las ventajas y beneficios de este tipo de solución son variados como:

- Consiguiendo una cobertura verde casi instantánea;
- Libre de malas hierbas;
- Visualmente atractivo;
- Instalación sencilla y rápida;
- 85% de vegetación garantizada;
- Solución ligera;
- Necesidad de reducir la capa de sustrato (de 6 cm);
- Resistente a diversas condiciones meteorológicas;
- Biodegradable;
- Adecuado para casi todo tipo de cubiertas;
- Contribuye al aislamiento térmico en verano e invierno;
- Permite aislar el sonido;
- Menos daños causados por las aves porque más del 85% de la cubierta queda inmediatamente cubierta de vegetación;
- Sistema de mantenimiento reducido, ya que no requiere cortes.

La Alfombra de Sedum también permite la reutilización del agua de lluvia, con una retención del agua de lluvia de aproximadamente el 50% (dependiendo de las diferencias regionales) y proporciona un ahorro sustancial de energía. La retención del agua de lluvia se produce a través del almacenamiento de agua por la planta para su uso en los períodos más secos, pero también permite una mayor regulación de los flujos de precipitación, retrasando el flujo de agua de lluvia y reduciendo así los caudales de inundación y los picos en la gestión del sistema de aguas pluviales urbanas.

Mantenimiento de la alfombra de Sedum

La alfombra de *Sedum*, si se instala correctamente, requiere poco mantenimiento. Tras su instalación deberá regarse regularmente durante 2 ó 3 semanas para garantizar el correcto desarrollo inicial de la vegetación y la consiguiente proliferación del sistema radicular que compone la alfombra. A medida que las raíces se vayan adueñando del sustrato, sólo será conveniente abonar la cubierta una o dos veces al año (abril y/o septiembre).

Dado que el Sedum es una planta preferentemente de montaña, en caso de utilización del sistema en climas cálidos y secos, puede ser necesario y conveniente instalar un sistema de riego más frecuente.

Figura 14. Ejemplo de alfombra de Sedum en un tejado. Fuente: Landlab.



La instalación de un sistema de riego por goteo, enterrado, será una herramienta útil si decide utilizar este sistema en las regiones de Andalucía en España (Solana de los Barros) y Alentejo en Portugal (Évora).

La alfombra Sedum tiene las siguientes características:

- Grosor de 2 a 4 cm;
- Peso seco aproximado 10 g/m;
- Peso saturado aproximado 15 kg/m;
- Espesor del sustrato requerido >10 cm.

Y las principales ventajas:

- Facilidad de puesta en marcha;
- Mayor tolerancia a la sequedad;
- Mayor protección contra las malas hierbas;
- Multiplicidad de especies que permiten variedades y combinaciones sensoriales y cromáticas: Sedum *album 'Coral carpet'; Sedum album 'Murale'; Sedum acre; Sedum sexangulare; Sedum 'Hispanicum minus'; Sedum spurium 'Fuldaglut'; Sedum floriferum; Kamschaticum sedum; Sedum hybridum 'Immergrunche'; Sedum Lydium* y *Sedum Reflexum.*

Para el EB1 Falcão fue desarrollado un prototipo a base de alfombra de sedum, que refleja los principales beneficios de la alfombra de sedum (una capa pre-plantada), facilitando su instalación. El mBiGSECAR (SEdum CARpet), reúne el componente tradicional de un sistema de cubierta verde con la facilidad de montaje y fijación de una alfombra de sedum, lo que hace que este sistema sea ideal para instalaciones en cubiertas inclinadas. Este sistema fue considerado especialmente para la EB1 Falcão debido a sus cubiertas inclinadas, para enriquecer y diversificar el conjunto de soluciones y constituir un sistema experimental para la enseñanza del ciclo urbano del agua en contexto real. La combinación del mBiGSECAR con el mBiGPond permite crear un flujo de agua de lluvia entre la captación (cubierta - mBiGSECAR), encaminamiento al medio intermedio (depósito) y descarga en el medio receptor, estanque (mBiGPond), donde será reutilizada para infiltración en el suelo contribuyendo a cerrar el ciclo del agua.

El mBiGSECAR está formado por una capa impermeabilizante, seguida de una manta de retención y un elemento de drenaje, para potenciar la escorrentía del agua de lluvia. Sobre los elementos de drenaje se coloca el sustrato, cubierto por una malla que permitirá una mayor fijación de la estera de sedum al sustrato.

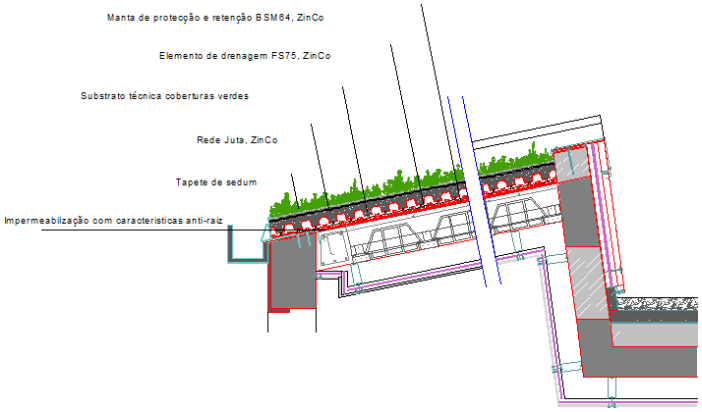


Figura 15. Sección transversal de la composición del prototipo mBIGSECAR.

***mBiGBioSol**. La integración sinérgica de las energías renovables con la creación de hábitats biodiversos.*

Bio Solar Roof es la combinación de un tejado verde y un conjunto de paneles solares. De hecho, la combinación no es sólo una suma de beneficios, sino una simbiosis casi perfecta entre eficiencia energética, biodiversidad y producción sostenible. La instalación de un tejado verde proporciona una serie de beneficios medioambientales y económicos, sobre todo en términos de regulación de la temperatura interior y fomento de la biodiversidad, al tiempo que permite una mayor durabilidad de la cobertura (reduciendo la exposición a la intemperie) y reduce el consumo de energía en la climatización interior, lo que se traduce en un ahorro efectivo.

Por otro lado, los paneles solares contribuyen a la producción de electricidad a partir de fuentes renovables y neutras, sin emisiones de carbono a la atmósfera, al tiempo que reducen el consumo y la dependencia del edificio del suministro eléctrico. Sin embargo, la instalación de paneles solares en cubiertas verdes crea una simbiosis entre ambas soluciones. Los paneles solares proporcionan una fuerte sombra y protección contra el viento y la lluvia a la vegetación de la cubierta, mientras que los procesos biológicos de evapotranspiración de las plantas contribuyen a la refrigeración de los paneles solares aumentando su eficiencia, y como tal, obteniendo un mayor rendimiento en la producción de energía, que en ausencia de cubierta verde sería menor.

Sendo a EB1 Falcão uma das 25 escolas da cidade de Porto que alojará um conjunto de painéis solares de acordo com um programa municipal de instalação de equipamentos de produção de energia para autoconsumo denominado "Porto Solar", foi desenvolvido o prototipo mBiGBioSol**(**Tejado **Bio** Solar), como proposta de integração dos dois projetos de forma inovadora e em uma perspectiva de ganho-ganho.

Así, el mBiGBioSol se presenta como un sistema modular de fijación y soporte para paneles solares fotovoltaicos, consistente en una base drenante modular a la que se fija el soporte del panel. La base drenante ha recibido lastre y sustrato sobre el que se plantará la vegetación.

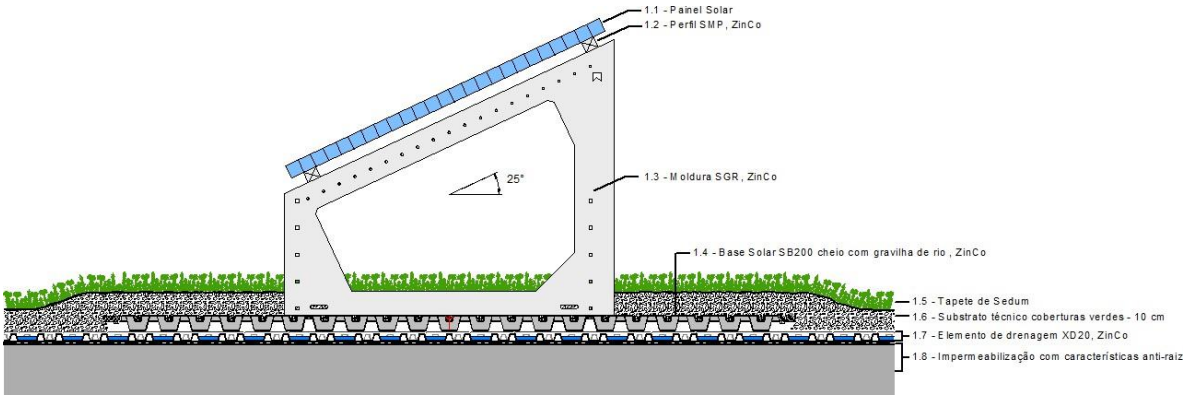


Figura 16. Sección transversal de la composición del prototipo mBIGBioSol

6.2 mBiG NBS para fachadas

***mBiGToldo**. Prototipo para crear superficies verdes verticales.*

El sistema ha sido diseñado para crear superficies verticales con vegetación de muy bajo espesor y peso para crear sombreado con aporte de humedad al ambiente. El sistema consiste en una lámina impermeable sobre
sobre el que se adhiere un fieltro no tejido y sobre el que se proyecta un sustrato semitejido. Debido al escaso grosor del sustrato, se integra un riego hidropónico, que se distribuye por gravedad a través de la superficie del sustrato. En la zona inferior, se integra un canal de recogida del agua sobrante
y devuelto a la estación de riego.



Figura 17. Esquema básico de mBiGToldo.

El riego se realiza a través de una estación de riego hidropónica con programación adecuada para cubrir las necesidades del jardín vertical en todas las estaciones del año y condiciones ambientales. Se requiere conectar la estación de riego, que se instalará bajo el nivel del mBiGToldo, con todos los jardines, tanto para proporcionar el riego como para recoger el agua de lluvia caída en las cubiertas superiores.

Los principales componentes de mBiGToldo son:

- Estructura de soporte. Estructura con las dimensiones adecuadas realizada con el material con el que se construye la estructura del paramento vertical que soportará los prototipos de la fachada.
- Soporte impermeable. Debe ser un material en forma de lámina resistente al punzonado y al desgarro para facilitar la fijación. El material recomendado actualmente es una lona de toldo de PVC, pero se están buscando materiales más sostenibles.
- Fieltro no tejido o lámina de fijación de raíces a base de lana de roca.
- Mezcla de sustrato y semillas compatibles que se aplica por proyección.
- Las características de las especies seleccionadas se propagarán fácilmente por semillas.
- Tubo de riego por goteo en la parte superior y canalón de recogida de agua y en relieve al tubo de recogida de agua sobrante.

El sistema sólo es compatible con el riego hidropónico por goteo que puede integrarse en la estructura de soporte del toldo. El diseño incluye un sistema para recoger el agua de riego sobrante y devolverla al depósito para optimizar el consumo de agua.

Entre las especies que pueden utilizarse se encuentran *Festuca rubra*, *Agrostis estolonifera*, *Saginas ubulata* y *Cymbalaria muralis*, pero se pueden evaluar otras en función de la ubicación.



Figura 18. Prototipo de laboratorio de mBiGToldo.

mBiGFAVE. *Prototipo para crear superficies verdes verticales.*

Sombreado de fachadas para reducir la irradiación solar y, por tanto, las altas temperaturas que se alcanzan en los meses de verano. En concreto, teniendo en cuenta que las mayores transmisiones de temperatura se producen a través de los huecos acristalados (por otro lado necesarios para la iluminación de los espacios), se trata de realizar sistemas de sombreamiento, principalmente de huecos (aunque también será beneficioso el sombreado de partes ciegas), mediante soluciones basadas en la naturaleza.

Se ha optado por la realización de sistemas superpuestos a la fachada que generen sombras en los huecos, es decir, que impidan la radiación directa de los rayos solares sobre los huecos. Para ello se requieren marquesinas, y elementos volados sobre la fachada que representen un parapeto a los rayos solares. Estos elementos consistirán en soluciones basadas en la naturaleza, las plantas y las especies vegetales. Las dimensiones de la protección vegetal no deben impedir, en la medida de lo posible, la entrada del sol en invierno. Teniendo en cuenta este aspecto, se ha valorado la implantación de especies de hoja caduca.

Se ha trabajado en la realización de una subestructura ligera y modular que sirva de soporte a diferentes soluciones vegetales, separada de la fachada y anclada a ella a nivel de suelos y techos, para facilitar su adaptación a cualquier edificio. Está diseñada para un máximo de 2 plantas. Es desmontable, y sirve de soporte para dos posibles soluciones basadas en la naturaleza. Se ha denominado FAVE (Fachada VEgetal). Genera posibles superficies horizontales y verticales sobre los huecos y delante de ellos, a mayor o menor distancia. Sobre estas superficies, y en virtud de la orientación de la fachada y de la disposición de los huecos en cada edificio, se dispondrán especies vegetales que servirán de sombreado.

El sistema consiste en un entramado modular de sombreado de la fachada mediante marcos desmontables realizados con tubulares metálicos anclados a la fachada a nivel de forjados y apoyados sobre suelo firme mediante arquetas de hormigón en masa.

En cuanto a la selección de especies vegetales, hay que tener en cuenta que durante el invierno las protecciones vegetales deben permitir la entrada de luz solar a través de las ventanas. Las especies vegetales deben ser caducifolias y trepadoras. Por ejemplo, el Real Jardín Botánico (CSIC) ha seleccionado las siguientes especies, incluyendo los requisitos de plantación, adquisición y mantenimiento, destacando las de hoja caduca.



Figura 19. Recreación visual del CEIP Gabriela Mistral con mBiGFave.

mBiGFAC. *Prototipo para crear superficies verdes verticales.*

Las fachadas han sido objeto de una evolución constante, siendo un componente fundamental del edificio. Además, están fuertemente expuestas a los elementos naturales, especialmente el sol, el viento y la lluvia, por lo que la instalación de muros verdes permite mitigar el impacto de estos elementos sobre la estructura, al tiempo que favorece otras ventajas. Los beneficios son evidentes tanto en exteriores como en interiores y está demostrado que un entorno con vegetación tiene un efecto positivo en el bienestar de las personas.

Se ha demostrado que las fachadas verdes contribuyen a reducir la emisión de dióxido de carbono y oxígeno, reduciendo así la contaminación, al tiempo que contribuyen a reducir la exposición directa al sol y favorecen la suavización del aire interior.

Para la escuela Falcão EB1, se desarrolló especialmente el prototipo mBiGFAC (FAÇade verde), un sencillo sistema de cables espaciados entre sí, que soportan el desarrollo de plantas trepadoras. Esta sencilla solución no sólo promueve la diversidad de soluciones según las necesidades y características de los edificios, sino que también pretende ser una solución experimental y demostrativa en la escuela, ya que la mayoría de las fachadas de El Halcón EB1 tienen alineaciones de árboles en las inmediaciones, por lo que contribuyendo naturalmente al efecto de sombra en las fachadas al sur, resultante de la fuerte exposición solar en los meses de primavera y verano.

Así, el mBiGFAC consiste en un sistema de cables para sostener una especie trepadora. La especie vegetal seleccionada para su colocación en el muro verde fue la viña virgen, *Parthenocissus tricuspidata 'Veitchii'*, por ser un tipo de hoja caduca, que permite en invierno dejar entrar la luz del sol, ya que estará desprovista de hojas, y en verano proteger el edificio de la entrada directa del sol, haciendo así que el edificio sea térmica y energéticamente más eficiente , apoyándose en la belleza de las sombras que toma esta especie, creando así un ambiente que se transforma con las estaciones.

La viña virgen se instalará en un parterre de 30 cm de espesor, y que acompaña a toda la longitud de la división. Entre los cables habrá una separación de 30 cm, con soporte de fijación media en el balcón y final en el espacio anterior a la cubierta. Las plantas estarán enraizadas en el suelo y, por lo tanto, no necesitarán un costoso suministro de agua y nutrientes. El uso mínimo de material proporciona grandes beneficios energéticos, con una larga vida útil y un bajo mantenimiento.

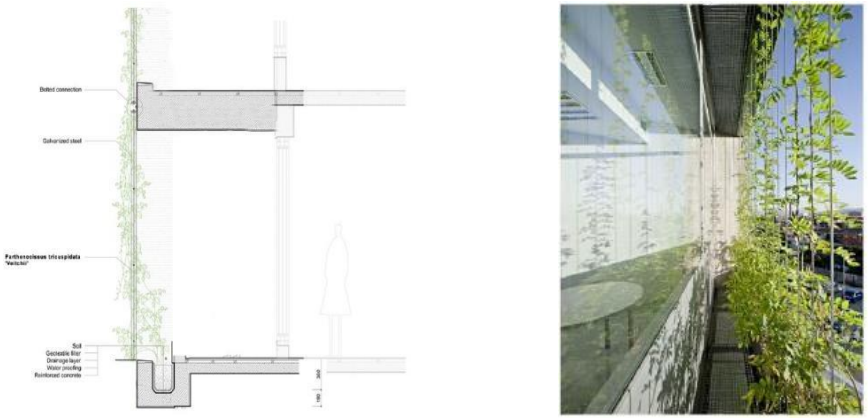


Figura 20. Esquema transversal de la composición del prototipo mBIGFAC. Ejemplo de fachada verde con cables.

6.3 mBiG NBS para zonas exteriores (parques infantiles y espacios al aire libre)

***mBiGRain**. Prototipo para crear cubiertas contra la lluvia para parques infantiles utilizando un árbol.*

Módulo de madera para crear un espacio de protección de los niños cuando llueve. Este sistema integra un árbol de hoja caduca para dejar pasar la luz del sol en invierno y dar sombra en verano. La estructura tendrá zonas translúcidas variables en la cubierta según la ubicación.

mBiGRain se puede ubicar con un árbol antiguo existente o con un árbol nuevo. mBiGRain se puede crear en módulos aislados o se puede conectar para crear diferentes espacios.

Actualmente se está desarrollando mBiGRain en colaboración con LIFE EcoTimberCell[20] para crear una solución sostenible que promueva la madera local certificada. Estos trabajos se están desarrollando en el marco de colaboración establecido entre ambos proyectos.

El agua de lluvia recogida por la cubierta se conducirá a la zona central, donde se creará un jardín de lluvia o un sistema de drenaje natural en el alcorque. El agua de lluvia se infiltrará para volver a cultivar el suelo. Se pueden utilizar distintos sistemas para gestionar las aguas pluviales en el terreno arbolado. Se definirá adecuadamente para cada ubicación.



Figura 21. Esquema del mBiGRain Esquema del mBiGRain.

***UGUCompactPollinators**. Prototipo para crear módulos de polinizadores compactados.*

Estos pequeños espacios están pensados para atraer a los polinizadores y a la biodiversidad en general como refugio (zonas más frías en épocas de calor y refugio para la época invernal) y alimentación (zonas de suministro de agua y alimento para los polinizadores). También es importante incorporar en este NBS, viviendas para polinizadores, tanto insectos como otras especies como aves, murciélagos... Tendrá la función de vivienda pero también será una sensibilización

[20] https://www.life-ecotimbercell.eu/

elemento para los ciudadanos. Cada módulo polinizador puede instalarse en el suelo y se estima una superficie de entre 5-10 m^2.

Además, este NBS podría incluir (dependiendo de su ubicación y características) algún tipo de mobiliario urbano como asientos en la calle, fuente de agua potable o algunos elementos para crear un punto de interacción entre la naturaleza y los ciudadanos en lugares sin zonas verdes cercanas.

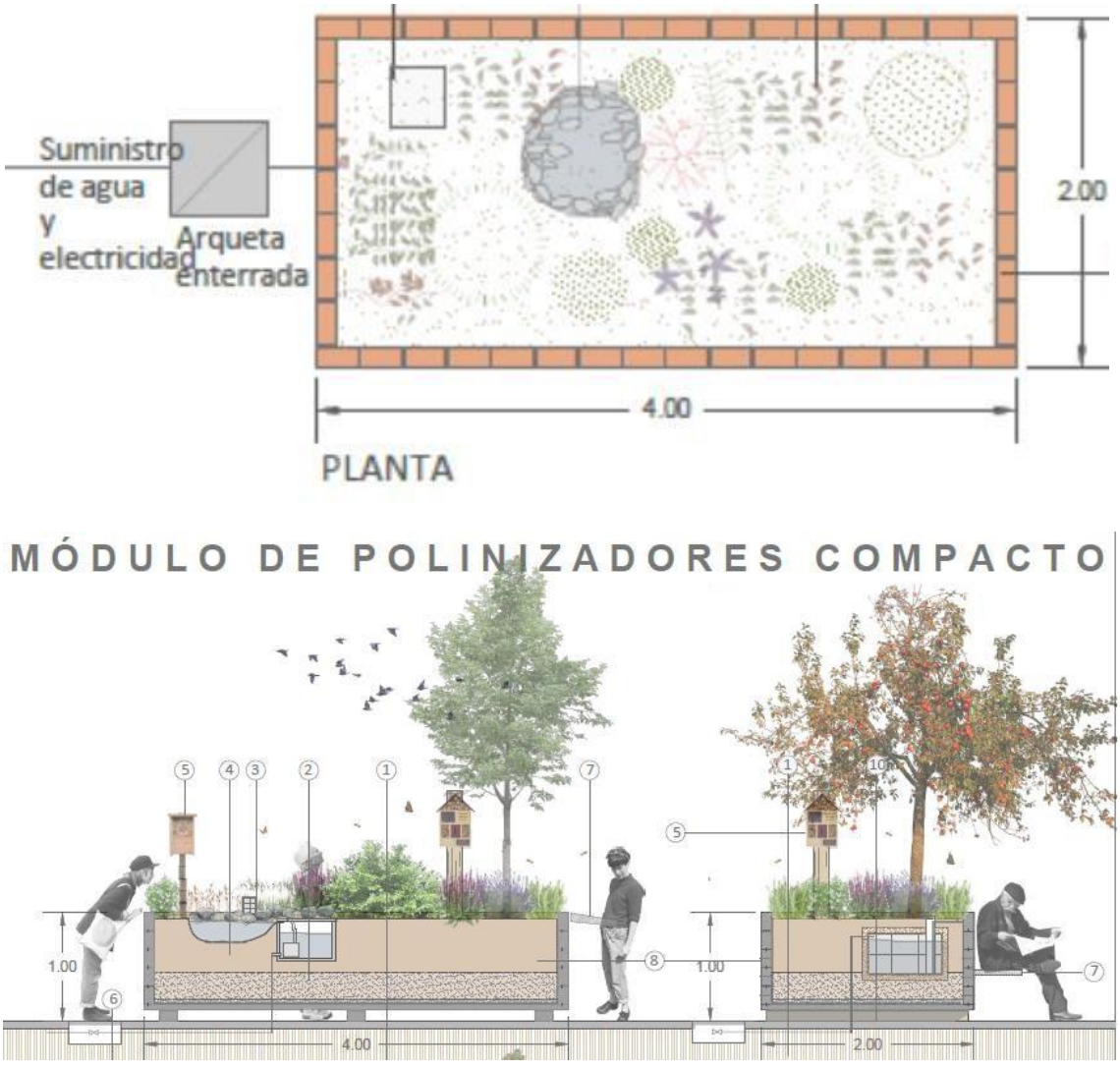


Figura 22. Esquemas de UGUCompactPollinators Esquemas de UGUCompactPollinators.

El impacto esperado es ayudar a crear conexiones y/o redes de conexiones entre espacios o áreas verdes y azules en entornos urbanos, aumentar el nivel de biodiversidad, mejorar la calidad del aire, mitigar la escorrentía, ahorrar energía, aumentar el valor de la propiedad, el bienestar de los ciudadanos y la cohesión social.

Conectividad. La distancia entre módulos se verá afectada por las características del espacio urbano, la presencia de otros elementos verdes (como árboles o líneas de arbustos), la disponibilidad de espacio, etc.

Estas estructuras asignadas en zonas urbanas ayudarán a conectar distintas zonas de la ciudad con la zona periurbana, que suele estar conectada con el campo de alguna manera.

Este espacio verde atrae a los polinizadores y la biodiversidad a través de flores y plantas. Para ello, una secuencia de floración favorable permite la producción de polen, néctar y aceites esenciales. Por ello, es obligatorio seleccionar una combinación óptima de diferentes plantas autóctonas (para evitar el riesgo de introducir especies invasoras no autóctonas y patógenos) (árboles, arbustos, flores silvestres) con floraciones diferentes para cubrir el periodo entre marzo y noviembre, sobre todo en primavera, cuando es más probable que se produzcan lagunas de hambre.

Además, es necesario proporcionar a los módulos abundantes hábitats seguros para anidar: hierba larga, tierra desnuda, grietas en muros de piedra seca o madera, hoteles para insectos, muros polinizadores o torres para abejas, abejorros, polinizadores, etc. Todos estos elementos se harán con pesticidas libres y materiales no tóxicos.

Sólo así se consigue que los polinizadores lleguen y se establezcan de forma continua.

Descripción de elementos clave:

- **Elementos constructivos:** Materiales de construcción naturales/orgánicos (por ejemplo, madera).
- El **módulo** es una gran planta contenedora o un grupo de parcelas (creando varias capas de plantas diferentes) que se colocarán en la ciudad. Debe ser móvil para poder moverse o desplazarse en caso necesario. Por lo tanto, debe ser resistente y con dimensiones cómodas para ser utilizado (tener en cuenta la maquinaria del municipio para su movimiento). Superficie total de los módulos de polinizadores compactados entre 5-10m^2 (estándar pero depende del espacio disponible). La forma del módulo puede adaptarse al espacio disponible.
- **Plantas** (árboles, arbustos y flores). Esta NBS prestará especial atención a la instalación de especies autóctonas y antialérgicas (*Lavandula latifolia, Rosmarinus officinalis, Salvia lavandulifolia, Corylus avellana, Malus* spp*., Acer campestre, Viburnum tinus, Cistus* spp. etc.) con diferentes periodos de floración.
- Fuente de **agua**.
- **Viviendas** para la biodiversidad (polinizadores, aves, otros insectos...). Estos bloques de nidificación de polinizadores (también llamados casas de polinizadores, casas de abejas u hoteles para abejas) apoyarán la biodiversidad creando lugares o zonas favorables a la vida silvestre y contribuirán a preservar y mejorar la biodiversidad local en las zonas urbanas. Las abejas, para mantener a sus crías, necesitan néctar y polen, así como zonas de suelo despejado y a pleno sol, troncos o maderas viejas, e incluso zonas con trozos de corteza o piedras.
- **Asientos en** la calle, fuentes de agua para los humanos, estructuras de sombra u otros elementos (por ejemplo, árbol de sombra), etc. Mobiliario urbano, para crear un punto de interacción entre la naturaleza y los ciudadanos en pleno centro de la ciudad.
- **Funcionalidad adicional**. La recogida de agua de lluvia puede integrarse en todo un SUD y dirigirse a una zona de almacenamiento interior que proporcionará humedad adicional al sustrato vegetal.
- **Conectividad**: Creación de una red de módulos (hábitats para la biodiversidad) que conecten las zonas verdes de la ciudad.

- **Flores:** La selección de las plantas más convenientes y la combinación de las mismas se realizará en función de diferentes parámetros como la ubicación, la vegetación circundante, la accesibilidad al polen y al néctar para los polinizadores entre otros.
- Hay que tener en cuenta los criterios de la arquitectura del paisaje urbano en la ciudad.

***UGUNaturalPollinators**. Prototipo para crear módulos de polinizadores compactados.*

Estos espacios se diseñarán para atraer a los polinizadores y a la biodiversidad en general en función de las condiciones climáticas como refugio (zonas más frías en épocas de calor y refugio para el invierno) y alimentación (zonas que proporcionen agua y alimentos a los polinizadores).

Es importante incorporar a este NBS viviendas para polinizadores, tanto insectos como otras especies como aves, murciélagos y pequeños reptiles... Tendrá la función de vivienda pero también será un elemento de sensibilización para las personas.



Figura 23. Esquema de UGUNaturalPollinators Esquema de UGUNaturalPollinators.

Cada módulo de polinizadores naturales puede instalarse en el suelo y se estima una superficie de entre 10-20 m^2 .

Además, este NBS podría incluir algún mobiliario urbano como asientos en la calle, fuente de agua potable o algunos elementos para crear zonas de sombra como árboles o pérgolas de sombra con plantas.
Las ubicaciones se seleccionarán en función de las horas de irradiación solar y de las características de la zona circundante (vegetación, zonas verdes, mobiliario urbano, carreteras, etc.). Las ubicaciones también se seleccionarán con el fin de crear conexiones y/o redes de conexiones entre espacios o zonas verdes y azules en el entorno urbano. Tendrán además una fuente de riego o posibilidad de ser regadas de forma sencilla.

Este espacio verde atrae a los polinizadores y la biodiversidad a través de flores y plantas. Para ello, una secuencia de floración favorable permite la producción de polen, néctar y aceites esenciales. Por ello, es obligatorio seleccionar una combinación óptima de diferentes plantas autóctonas (para evitar el riesgo de introducir especies invasoras no autóctonas y patógenos) (árboles, arbustos, flores silvestres) con diferentes floraciones para cubrir el periodo entre marzo y noviembre, sobre todo en primavera, cuando es más probable que se produzcan lagunas de hambre.



Figura 24. Esquema de UGUNaturalPollinators.

También es necesario proporcionar a los módulos abundantes hábitats seguros para anidar: hierba larga, tierra desnuda, grietas en muros de piedra seca o madera, hoteles para insectos, muros polinizadores o torres para abejas, abejorros, polinizadores, etc. Todos estos elementos se harán con plaguicidas libres y materiales no tóxicos.

Sólo así se conseguirá que los polinizadores lleguen y se establezcan de forma continua.

Descripción de elementos clave:

- **Elementos constructivos:** Materiales de construcción naturales/orgánicos.
- El **suelo / sustrato** será SUDs hecho. En caso de utilizar sustrato libre de turba (turberas son hábitat importante para muchas especies, mariposas en general).
- **Plantas** (árboles, arbustos y flores). Esta NBS prestará especial atención a la instalación de especies autóctonas y antialérgicas (*Lavandula latifolia*, *Rosmarinus officinalis*, *Salvia lavandulifolia*, *Corylus avellana*, *Malus spp.*, *Acer campestre*, *Viburnum tinus*, *Cistus spp.* etc.) con diferentes periodos de floración.
- Fuente de **agua**.
- **Viviendas** para la biodiversidad (polinizadores, aves, otros insectos...). Estos bloques de nidificación de polinizadores (también llamados hoteles de abejas) apoyarán la biodiversidad creando lugares o zonas favorables a la vida silvestre y contribuirán a preservar y mejorar la biodiversidad local en las zonas urbanas. Las abejas, para mantener a sus crías, necesitan néctar y polen, así como zonas de suelo despejado y a pleno sol, troncos o maderas viejas, e incluso zonas con trozos de corteza o piedras.
- **Elementos de protección**. En las NBS podrían incluirse elementos antivandalismo, como vallas de arbustos espinosos.
- **Asientos en** la calle, fuentes de agua, elementos de sombreado (árbol de sombra), etc. Mobiliario urbano.

- **Funcionalidad adicional**. La recogida de agua de lluvia puede integrarse en todo un SUD y dirigirse a una zona de almacenamiento interior que proporcionará humedad adicional al sustrato vegetal.
- **Flores:** La selección de las plantas más convenientes y la combinación de las mismas se realizará en función de diferentes parámetros como la ubicación, la vegetación circundante, la accesibilidad al polen y al néctar para los polinizadores entre otros.
- Hay que tener en cuenta los criterios de la arquitectura del paisaje urbano en la ciudad.

***UGUHuertosHuertasUrbanas**. Solución para crear huertos urbanos.*

Se trata de una superficie de terreno dedicada al cultivo de hortalizas, frutas y flores, con el fin de producir alimentos. Este tipo de soluciones tiene lugar en espacios públicos, jardines comunitarios o propiedades residenciales privadas. Desempleados, jubilados, familias con escasos recursos o personas interesadas en ello suelen ser los encargados de explotarlos. Esto puede ser válido también para las escuelas, en colaboración con los profesores y los alumnos.

Variación en los huertos:

- **Tradicionales**: Las hortalizas más cultivadas aquí y otras menos comunes como el apio.
- **Alimentos básicos**: Sólo tomate y calabaza.
- **Ensalada y hierbas**: Hierbas culinarias e ingredientes tradicionales para ensaladas.
- **Complejos**: se cultivan todo tipo de hortalizas, incluidas especies menos comunes cultivadas aquí, como la mizuna, la lechuga de minero... Los huertos complejos son los que producen el mayor volumen de hortalizas de entre los aquí enumerados.
- **Tomate y perejil**: este huerto tiene las hortalizas más populares. Por ejemplo, el tomate, lechuga, calabacín...



Figura 27. Jardín con plantas aromáticas (ensalada y hierba) © CARTIF.



Figura 26. Huerto con sólo lechugas y coles tipo repollo y perejil). © CARTIF



Figura 25. Huerto integrado y suelo. © CARTIF.

Variación en la práctica de la jardinería:

- **Integrado**: evitar productos químicos y OMG
- **Químicos**: En estos huertos está permitido el uso de pesticidas y herbicidas inorgánicos.
- **Consumidor informado**: huertos privados cultivados por personas interesadas en producir sus propias hortalizas.
- **Suelo**: mejorar la calidad del suelo es su principal objetivo.
- **Económicos**: están gestionados por hortelanos que venden las hortalizas que producen. La mayoría dispone de invernaderos.

Diferentes sistemas de cultivo:

Surco / en hilera: Las plantas o semillas se colocan directamente en el suelo plano o en la parte superior de los surcos.



Figura 28. Ejemplos de huertos en surcos regulares. © CARTIF.

Terraza: método de cultivo en laderas de colinas o montañas mediante la plantación en terrazas horizontales excavadas en la pendiente. Aunque requiere mucha mano de obra, este método se ha empleado eficazmente para maximizar la superficie cultivable en distintos tipos de terreno y reducir la erosión del suelo y las pérdidas de agua.



Figura 29. Ejemplos de huertos en terraza. © CARTIF.

Mesas de cultivo: el cultivo se realiza sobre mesas.



Figura 30. Ejemplo de mesas de cultivo. Foto: www.gardeners.com.

Keyhole o huerto africano: se trata de una mesa de cultivo con una cesta de compostaje en el centro.



Figura 31. Bocallave en la Universidad Agraria INEA de Valladolid © CARTIF.

Parades en crestall: Cultivo dividido; debe constar de al menos 2 rectángulos de tierra de 1,5 m de ancho y de 3 a 6 m de largo. Estos rectángulos, llamados parades, están separados alternativamente por dos tipos de caminos: caminos de paja y ladrillos, y caminos sólo de paja. Sólo se puede caminar por los caminos de paja, lo que facilita la enseñanza especialmente a los más pequeños. En cada parada se cultiva una familia de plantas de alta densidad para competir con las malas hierbas. Además, es necesario construir tantas paradas como rotaciones de cultivo queramos hacer. Cada parada dispone de riego por goteo.

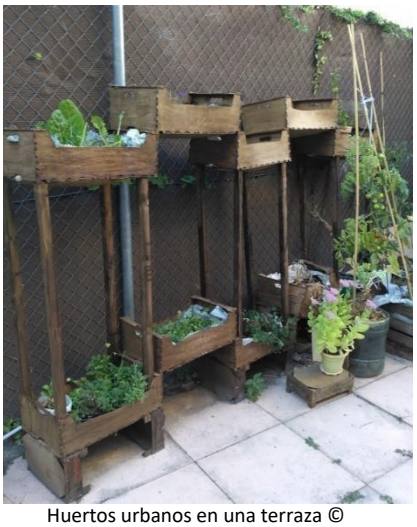


Figura 32. Ejemplos de Parades crestall. © CARTIF.

Huertos en balcones y terrazas: el cultivo de las hortalizas se realiza en macetas en balcones y terrazas privados



Huerto en el balcón © https://www.rojomenta.com/blog/consejos-huerta- urbana-balcones-terrazas/



Huertos urbanos en una terraza © CARTIF

Figura 333. Ejemplos de soluciones de huertos para espacios reducidos.

***mBiGPond**. Propuesta de zona exterior para construir un pequeño espejo de agua que favorezca la infiltración del agua en el suelo.*

Una parte importante del proyecto LIFE-mybuildingisgreen se centra en las zonas azules, desde la perspectiva de la gestión del agua, lo que puede deberse al aumento de la superficie permeable (favorable a la infiltración del agua en el suelo), la reutilización del agua de lluvia y la reducción del agua de riego.

Siguiendo con las soluciones relacionadas con el agua, sería importante que el proyecto también contribuyera a reforzar esta relación urbano construida - suelo permeabilizado - masa de agua. En este contexto, los estanques urbanos desempeñan un papel importante en la formación de pequeños ecosistemas acuáticos de baja demanda y complejidad.

Las charcas son masas de agua estancada o de corriente muy baja de carácter permanente o temporal, dependiendo del clima, la geología del terreno y la disponibilidad de agua. Las charcas se caracterizan por su escasa profundidad, penetración total de la luz en el agua, posibilidad de aparición de plantas en toda su superficie y ausencia de estratificación del agua, y pueden originarse por procesos naturales, geológicos o ecológicos, o, lo que es más común, como resultado de actividades humanas, intencionadas o no.

Los estanques son verdaderos hábitats, ya que muchas plantas y animales han evolucionado durante millones de años para adaptarse a las condiciones de supervivencia de los estanques y actualmente dependen de este tipo de hábitat para sobrevivir.

Charco se presenta como una solución de base natural que actúa en la gestión del agua en varias dimensiones:

- Garantiza el establecimiento de un ecosistema acuático
- Garantiza la disponibilidad de agua (para la fauna y la flora)
- Fomenta la biodiversidad
- Aumenta el área permeable
- Favorece la infiltración del agua en el suelo
- Reduce la necesidad de agua para regar

En términos medioambientales tiene múltiples beneficios y ventajas en ámbitos como:

- **Biodiversidad** - Muchas plantas acuáticas y animales (como anfibios y macroinvertebrados) dependen totalmente de estos hábitats para sobrevivir o reproducirse. Estas masas de agua también proporcionan alimento y refugio a numerosas especies terrestres.
- **Reserva de agua dulce: a** escala terrestre, los estanques de todo el mundo representan alrededor del 30% de la superficie mundial de agua dulce, lo que los convierte en una excelente herramienta para la gestión local del agua.
- **Sumidero de carbono** - Los estanques recogen y almacenan grandes cantidades de dióxido de carbono (CO2) de la atmósfera, ayudando a regular el clima.
- **Productividad primaria** - Los estanques tienen una elevada productividad primaria (cantidad de materia orgánica producida por algas y plantas a partir de la energía solar), lo que constituye un medio muy importante de aporte y transferencia de energía a los niveles tróficos superiores y a los ecosistemas circundantes.
- **Servicios medioambientales** - Los estanques desempeñan importantes funciones medioambientales, como suavizar el efecto de las inundaciones, mantener la humedad del suelo en periodos secos, depurar el agua y abastecer los acuíferos subterráneos. Además, desempeñan un papel importante en la producción de oxígeno, el ciclo de nutrientes y la formación del suelo.
- **Agricultura** - En los sistemas agrícolas tradicionales, los estanques tienen funciones importantes como bebederos para el ganado y asociados a los sistemas de riego.
- **Control de plagas** - Algunas especies presentes en los estanques, como los anfibios y las libélulas, ayudan a controlar plagas agrícolas o insectos vectores de enfermedades.
- **Valor paisajístico** - Los estanques y lagunas tienen un importante valor estético y paisajístico, creando espejos de agua que constituyen espacios de contemplación y son elementos indispensables en los parques y jardines modernos.
- **Valor educativo** - Los estanques son importantes recursos educativos y en el contexto del ecoturismo, ya que permiten la realización de numerosas actividades de carácter lúdico-científico, como la observación de aves, anfibios y otros animales.
- **Valor científico - Los estanques** son lugares de estudio de excelencia para numerosas áreas de la ciencia, como la biología, la geología y la hidrología. Además de la biodiversidad de los estanques y su ecología, los ciclos de nutrientes, entre otros.

Estructura de un estanque

- **Zona inundable** - El nivel del agua de los estanques está sujeto a variaciones frecuentes y de gran intensidad. En inviernos lluviosos, el nivel del agua puede subir muy por encima de su margen normal, provocando inundaciones en los alrededores.
- **Márgenes** - El margen de un estanque está definido por el límite entre la tierra seca y la zona inundada del estanque. Aunque el margen se desplaza en función de las variaciones del nivel del agua, es en esta zona de interfaz donde se dan la mayoría de las plantas emergentes.
- **Zona de aguas poco profundas** - La mayoría de las especies presentes en los estanques viven en zonas donde el agua suele tener menos de 10 cm de profundidad. Estas zonas pueden verse favorecidas por la existencia de márgenes de pendiente suave y la irregularidad de la topografía del fondo del estanque.
- **Zona de aguas profundas (zona inundada)** - Se trata de la zona más profunda e inundada durante más tiempo del estanque, siendo la zona donde se encuentran más plantas subacuáticas. En general, se cree que las zonas de aguas profundas son un componente esencial para el éxito de la fauna de los estanques.
- **Bentos del estanque** - El fondo del estanque es especialmente importante porque alberga una gran variedad de microorganismos, invertebrados y plantas, además de servir de lugar de postura para varias especies.

Los estanques se presentan como una solución interesante cuando se ubican en terrenos productivos, como pequeñas explotaciones familiares o huertos urbanos, favoreciendo la infiltración del agua en el suelo y mejorando la disponibilidad de agua en el suelo, reduciendo la necesidad de riego, contribuyendo al ciclo de nutrientes, fomentando la biodiversidad y fijando polinizadores y también en el control de plagas.

Para una mayor eficiencia y sostenibilidad del estanque como NBS, debe ser alimentado con el uso de agua de lluvia recogida en los tejados verdes (aumentar el área de captación de agua de lluvia) y presentar las siguientes características constructivas de un **mBiGPond**:

- Superficie total entre 9 y 15 m^2 ;
- Profundidad entre 0,7 y 1,20 m;
- Pantalla impermeabilizante en el fondo (para garantizar una profundidad entre 0,50 y 0,90 m);
- Construcción de una balsa de deceleración de la velocidad del agua recogida en los tejados;
- Construcción de una zona de descarga de agua en caso de inundación (evitar la inundación de los terrenos circundantes);
- Aplicación de punto de suministro de agua preventivo para evitar la pérdida total de agua en periodos de sequía prolongada.

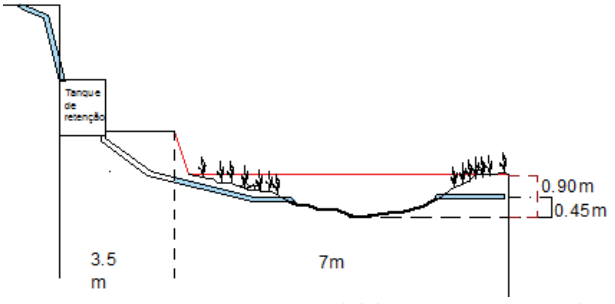


Figura 34. Esquema transversal del prototipo mBiGPond

7. CRITERIOS DE SELECCIÓN

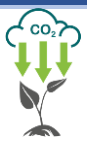
Se ha desarrollado una herramienta de selección para ayudar en el análisis inicial de identificación de las principales NBS mBiG que pueden aplicarse en escuelas o edificios sociales. Esta herramienta se creará en un proceso de codesarrollo en el que participarán diferentes niveles de partes interesadas, expertos y socios de mBiG.

- **Etapa 0 Identificación de las partes interesadas. Se** identifican los perfiles de las partes interesadas que serán los usuarios potenciales de **mBiGTool**. Este grupo es muy importante para construir una herramienta intuitiva que se ajuste a las necesidades del usuario final. Expertos, directores de colegios, profesores, estudiantes, padres, ciudadanos, trabajadores y gestores de edificios públicos, pueden formar parte de este grupo. Sin embargo, centrándonos en el ámbito del proyecto, el grupo de interesados más relevante es el de los gestores de edificios escolares y/o residenciales. Son el perfil de usuario más probable, ya que son los que conocen de primera mano las necesidades de su edificio y sus usuarios y los principales problemas a la hora de ejecutar las intervenciones. Además, son usuarios relacionados con la autoridad para solicitar las intervenciones, por lo que es fundamental que dispongan de esta herramienta de apoyo para la toma de decisiones.

Resultado final de la Fase 0: Lista de partes interesadas.

- **Etapa 1 Proceso de definición conjunta.** Las partes interesadas desempeñan un papel crucial en este proceso, identificando los criterios que se incluirán en **el mBiGTool**. El objetivo es elaborar una lista simplificada e intuitiva de retos y obstáculos o facilitadores. En ambos casos, el proceso es bastante similar: en primer lugar, los socios de mBiG elaboran una lista técnica, después las partes interesadas piden que la completen y la reformulan de un modo más intuitivo.
    - **Etapa 1A Definición conjunta de los retos.** Los socios expertos de MBiG se pusieron de acuerdo durante un proceso de codesarrollo, basado en su experiencia.

Tabla 6. Iconos de desafío.

Desafío	Icono	Desafío	Icono
Captura de carbono		Regulación climática local	
Normativa sobre calidad del aire		Mantenimiento de poblaciones y hábitats. Biodiversidad.	
Tratamiento y gestión del agua		Producción de energía renovable	
Ciudades neutras en carbono		Formación y composición del suelo	
Protección contra las inundaciones		Prevención de la erosión	
Plagas y control de enfermedades			

A continuación, la lista se pone en común con las partes interesadas para:

- **Validar los retos**. Se pide a los interesados que evalúen su acuerdo con los retos en función de su relación con la realidad de su escuela o edificio. Pueden invalidar los que no se correspondan con una necesidad plausible en su entorno o validar los que sí.
- **Redefinir los retos**. Aunque algunos retos estén validados, puede que necesiten una redefinición para lograr una mejor adaptación a la realidad del entorno o una mejor comprensión del concepto.
- **Crear nuevos retos**. Las partes interesadas asumen un papel relevante en la identificación de nuevos retos que no han sido presentados por los expertos de MBiG, sino que responden a una necesidad real identificada por los miembros de la comunidad dentro de la escuela o el edificio.

Resultado: Lista de retos.

- **Etapa 1B Coidentificación de barreras.** Paralelamente, las partes interesadas identificarán conjuntamente los diferentes obstáculos y facilitadores que limitan la implantación de las NBS en el edificio. Junto con los expertos de mBiG, elaborarán una lista exhaustiva y categorizada de los obstáculos que influyen de forma positiva o negativa en el proceso de implantación de las NBS.

  Resultados: Lista de obstáculos y facilitadores.

- **Etapa 2 Proceso de cocreación.**
  - **Etapa 2A Co-creación NBS vs Retos.** Los expertos en NBS pondrán en común la lista de Retos con la lista de NBS de mBiG. El objetivo es evaluar la relación entre cada reto y cada NBS. Como resultado, se producirá una matriz relacional NBS vs Retos que servirá como módulo de cálculo para el **mBiGTool**.

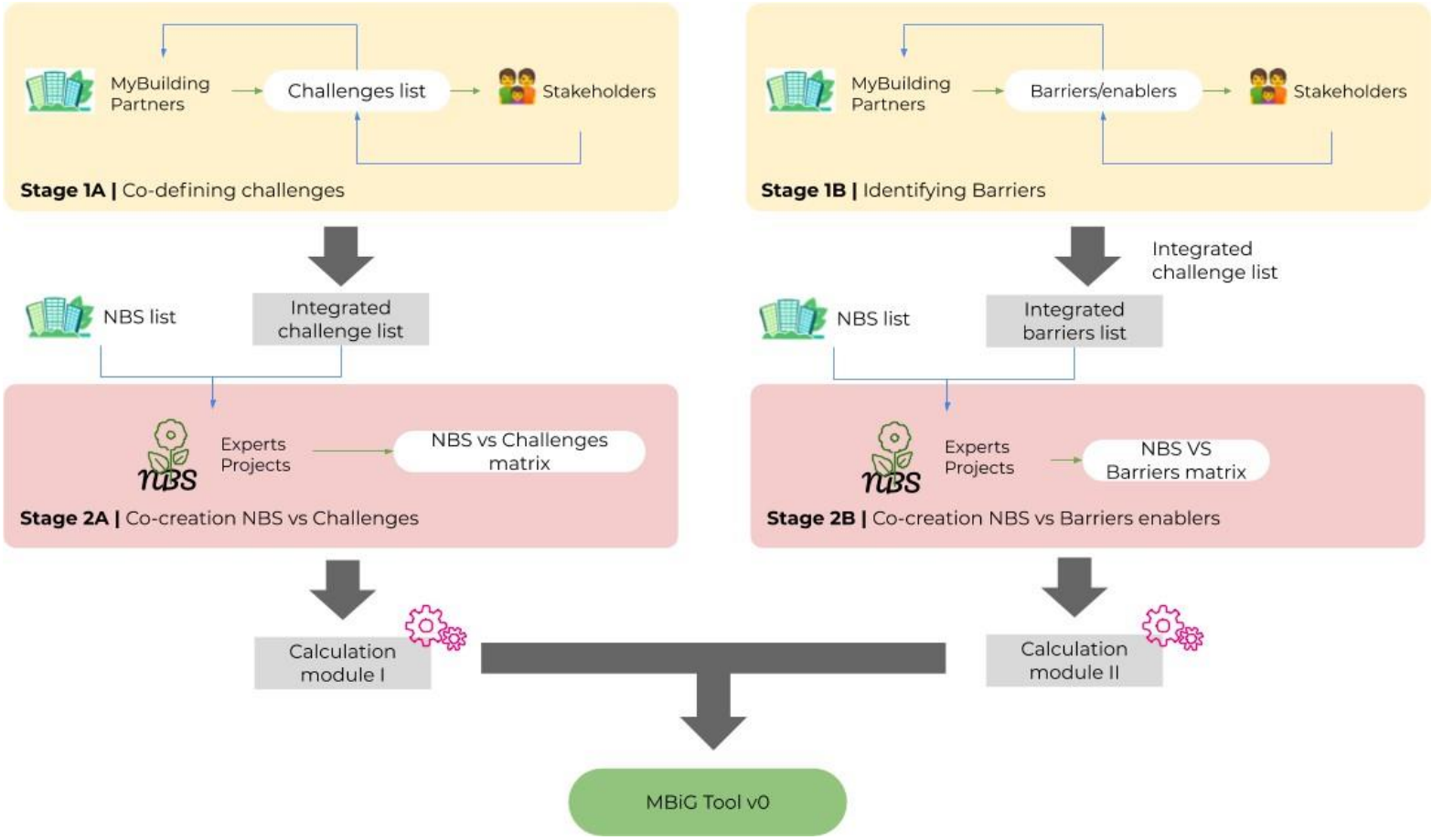
  Salida: Módulo de cálculo I.

  - **Etapa 2B Co-creación de las NBS vs Barreras y habilitadores**. Los expertos en NBS pondrán en común la lista de barreras y habilitadores con la lista de NBS del mBiG. El objetivo es evaluar la relación entre cada barrera (positiva o negativa) con cada NBS. Como resultado, se producirá una matriz relacional NBS vs Barreras que servirá como módulo de cálculo para el **mBiGTool**.

  Salida: Módulo de cálculo II.

*Etapa final 2 y 3 Salida: **mBiGTool** _v0*

En la página siguiente se muestra un flujo de trabajo del desarrollo de las fases 2 y 3.


MyBuilding Partners
Challenges list
Stakeholders
Stage 1A | Co-defining challenges
MyBuilding Partners
Barriers/enablers
Stakeholders
Stage 1B | Identifying Barriers
NBS list
Integrated challenge list
Experts Projects
NBS vs Challenges matrix
Stage 2A | Co-creation NBS vs Challenges
Integrated challenge list
NBS list
Integrated barriers list
Experts Projects
NBS VS Barriers matrix
Stage 2B | Co-creation NBS vs Barriers enablers
Calculation module I
Calculation module II
MBiG Tool v0

8. INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE LOS NBS SELECCIONADOS

Este capítulo resume la información técnica sobre las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) aplicadas en los tres edificios piloto del proyecto mBiG. Esta información está relacionada con la acción A2.3 "Elaboración y redacción de proyectos técnicos". Los proyectos técnicos completos se encuentran en el anexo 3 "Proyectos de construcción en edificios piloto".

Las soluciones basadas en la naturaleza seleccionadas y la información relacionada con ellas se han agrupado en 7 proyectos o categorías:

8.1 Especies vegetales adaptadas al cambio climático. Análisis y criterios de selección

Esta categoría no incluye ninguna NBS propiamente dicha, pero es muy relevante para elegir las mejores opciones en las otras categorías de proyectos NBS.

La selección de especies vegetales se ha realizado para zonas exteriores, fachadas y tejados, incluyendo las siguientes familias de plantas: *Asteraceae*, *Crassulaceae*, *Fabaceae* y *Lamiaceae*.

En el entregable C2.2 "Guía para la elección de especies vegetales adaptadas al cambio climático" se puede encontrar más información sobre las especies vegetales adaptadas al cambio climático.

8.2 NBS aplicado en fachadas y muros de carga interiores

CEIP Gabriela Mistral: se ha construido una estructura metálica ligera para proteger del sol la fachada ESTE. Sobre esta estructura se han implantado dos NBS:

- mBiGFAVE 1: este sistema prevé la inserción de macetas en dos direcciones: paralela y perpendicular a las fachadas para permitir el crecimiento de plantas trepadoras, generando sombra entre los huecos y protegiendo la fachada del sol.

- mBiGFAVE 2 / mBiGToldo: superficies continuas dispuestas en bastidores en las que crecen superficialmente las especies adecuadas. Estos sistemas no tienen sustrato orgánico, sino mineral o inerte, donde es necesario el riego hidropónico (el agua incorpora los nutrientes).

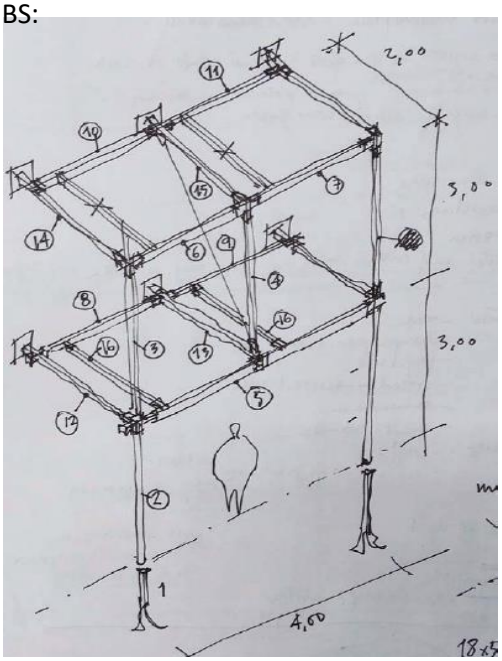


Figura 355. Esquema de los sistemas FAVE © DIPBA

Muro verde interior: en un pasillo del CEIP Gabriela Mistral donde habitualmente se alcanzan temperaturas muy elevadas se ha implantado un muro verde con una amplia variedad de especies vegetales para aumentar el confort de los alumnos en esta sala.

EB1 Falcão: se propuso la implantación de un muro de cables de acero cubierto por una enredadera de hoja caduca (mBiGFAC) para reducir la temperatura.

La especie seleccionada es *Parthenocissus tricuspidata* porque es de crecimiento rápido, pierde sus hojas en invierno para que pueda entrar la luz y calentar el espacio siendo más eficiente energéticamente.

Esta especie cambia de tonalidad a lo largo del año, añadiendo belleza y dinamismo, transformando el paisaje del lugar con las estaciones.

La enredadera se coloca cada 60 centímetros, 3 metros a lo largo de la fachada, en un lecho de 50 centímetros de ancho, sostenido por escuadras conectadas a la zona superior de la fachada de las que caen cables de acero inoxidable de 6 milímetros de grosor y 6 metros de longitud.

Debido al pequeño tamaño de la parcela, el riego se aplicó mediante un sistema de goteo.

EB1 Horta das Figueiras:

- mBiGToldo: el sistema consiste en una lámina impermeable sobre la que se adhiere un fieltro no tejido y sobre la que se proyecta un sustrato sembrado. Debido al escaso grosor del sustrato, se integra el riego hidropónico, que se distribuye por gravedad a través de su superficie. En la zona inferior hay un canal para recoger el riego sobrante que se devuelve a la estación de riego. Las especies de plantas que se utilizarán son *Festuca rubra, Agrostis estolonifera, Sagina subulata* y *Cymbalaria muralis*.

- mBiGFAC: este sistema se basa en la implantación de cables de acero tensados fijados en un pórtico de estructura de acero de 2 metros de altura, y sujetos al edificio. A lo largo de cada uno de estos cables se colocarán plantas trepadoras que se plantarán en parterres a nivel del pavimento. Este elemento, cuando la vegetación haya crecido, actuará como una especie de manto verde inclinado sobre la fachada, produciendo sombra, tanto en la fachada como en el suelo exterior del edificio.

8.3 Cubiertas sostenibles y bioclimáticas

CEIP Gabriela Mistral: en este colegio habrá tres cubiertas con diferentes NBS implantadas:

- mBiGCUVE 1: sistemas aplicados sobre el tejado existente para crear una cámara de aire entre el tejado de grava actual y el sistema implantado. De este modo, el actual tejado "caliente" se ha convertido en un tejado "frío". Se han dispuesto estanterías apoyadas sobre "parcelas" elevadas, sobre las que colocar "bandejas" desmontables que albergan una solución de cubierta fina y extensiva, con un sustrato mejorado y con especies autóctonas adecuadas para dicho espesor. Se han utilizado bastidores y bandejas modulares que aprovechan el material disponible comercialmente, modulando los elementos a 150 cm, 300 cm, 450 cm o 600 cm, con anchos de 100 cm o en función de las medidas del sistema de bandejas.

- mBiGCUVE 2: este sistema es una variedad del anterior. En este caso, los bastidores incluyen contenedores más grandes en posiciones extremas e intermedias para permitir la plantación de especies similares a las utilizadas en el prototipo mBiGFAVE (plantas trepadoras). Se puede evitar el uso de especies vegetales de hoja caduca para reducir el esfuerzo de mantenimiento de esta solución.

- mBiGCUVE_SUS: este sistema añade e l uso de un sustrato más sostenible que incluye áridos reciclados para realizar el drenaje de la cubierta. En este caso, se eliminan la grava y el geotextil utilizados para proteger el aislamiento térmico exterior.

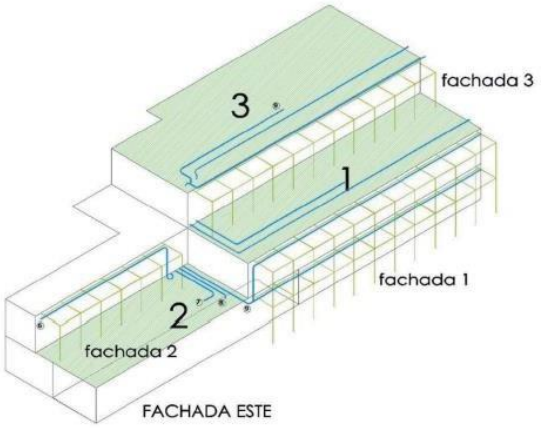


Figura 366. Ubicación del tejado en el CEIP Gabriela Mistral © DIPBA

EB1 Falcão:

- mBiGUL: la cubierta del GUL se instalará con el innovador sistema de cubierta verde con aglomerado de corcho expandido (ICB). El aglomerado de corcho, de 8 cm de espesor, desempeñará las funciones de drenaje del exceso de agua, aislamiento térmico, protección impermeabilizante y aislamiento acústico. Este sistema captura carbono en su ciclo de producción al utilizar el corcho como biomaterial de construcción.
  El perfil del sustrato será de 12 cm y se plantarán especies herbáceas en alveolo, una estrategia de plantación destinada a fomentar la biodiversidad en la cubierta vegetal. Se instalarán bandas perimetrales de grava de 30 cm de ancho.

- mBiGBioSol: se trata de un sistema que combina la instalación de paneles solares con la existencia de vegetación. El perfil del sustrato tendrá un espesor de 10 cm, donde se instalará un tapiz de *Sedum* precultivado (mBiGSECAR). Se ejecutarán franjas perimetrales de grava d e anchura variable entre 22 y 30 cm.
  La inclusión de los paneles solares se realizará mediante zócalos solares con lastre, sin perforar la losa, garantizando su estanqueidad. El lastre consistirá en 7 cm de grava de río.

- mBiGSECAR con mBiGPond: la cubierta verde inclinada se realizará utilizando el sistema de cubierta verde hasta 20º de inclinación, que incluye soportes que se instalarán a lo largo del punto más bajo de la cubierta. El perfil del sustrato medirá 10 cm y se rellenará con un tapiz precultivado del género *Sedum*.
  El exceso de agua del sistema de techado se enviará a un depósito de agua.

EB1 Horta das Figueiras:

- mBiGWTray: el sistema se compone de una bandeja multicapa para mantener la vegetación de la cubierta encapsulada con una lámina impermeable blanca para recoger el agua de lluvia y reducir las pérdidas de agua. No requiere la instalación de riego auxiliar. En esta solución, las especies vegetales utilizadas serán del género *Sedum* y comprenderán una densidad de 16 plantas/m2.

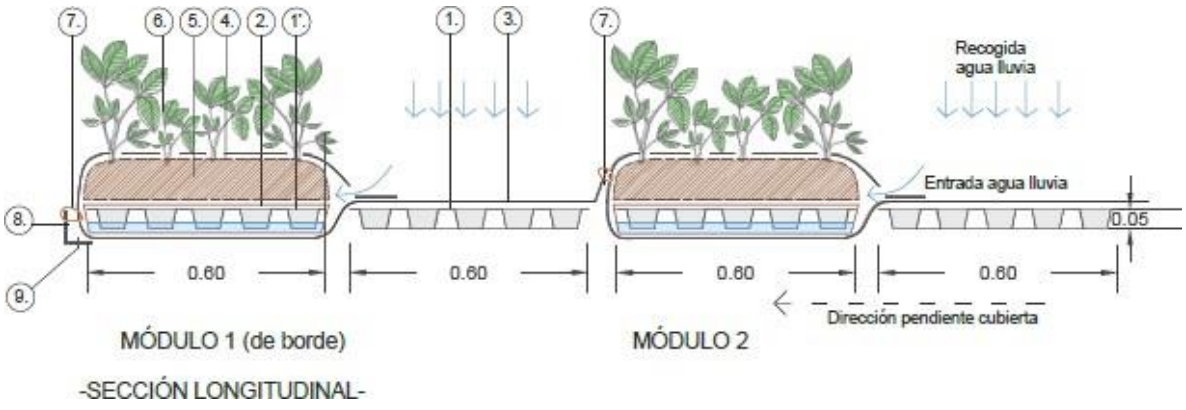


Figura 377. Esquema del módulo mBiGTray

8.4 Zonas verdes sostenibles al aire libre

CEIP Gabriela Mistral & **EB1 Horta das Figueiras**: prevén la plantación de árboles en las áreas de juego de estas escuelas. Los árboles seleccionados deben ser especies autóctonas y poseer una alta capacidad de adaptación al cambio climático. La selección ha sido realizada por expertos del Real Jardín Botánico.

EB1 Falcão: la impermeabilización de un estanque se realizará mediante la colocación de una malla geotextil para evitar la rotura de la malla impermeabilizante. El agua procedente de dos tejados de la Escuela de Falcão, uno con vegetación y otro sin ella, se enviará desde los depósitos de agua de retención a niveles inferiores donde se encuentra el estanque.

La vegetación propuesta para esta zona posee características de fitorremediación, por lo que ayudará a mantener la calidad del agua que se infiltrará en el suelo.

Este espacio creará una importante zona biodiversa, en la que aparecerán plantas con características ribereñas y será colonizada por pequeños anfibios e insectos.

Ambos espacios serán áreas de excelentes oportunidades de aprendizaje para los alumnos de la escuela de Falcão, ya que podrán observar la dinámica natural presente en este proyecto, el cambio y los ciclos de la naturaleza, la proliferación de nueva fauna en la zona del estanque y la reducción de la temperatura en el entorno próximo y en el interior de las habitaciones de los alumnos.

8.5 Ventilación natural inducida

CEIP Gabriela Mistral: se han implantado cinco ventanas automatizadas con apertura y cierre programables para permitir la circulación de aire fresco en el colegio durante las horas nocturnas.

8.6 Estructura para el seguimiento estacional

CEIP Gabriela Mistral:

- PEVE (en español PÉrgola VEgetal): es un sistema similar al mBiGFAVE pero pensado para proporcionar sombra en espacios exteriores abiertos. Se trata de una subestructura modular desmontable fabricada con tubo de acero galvanizado en caliente. Las dimensiones aproximadas de cada módulo son 2 m de ancho y 3 m de alto. El sistema utiliza enredaderas trepadoras para crear sombras horizontales y pantallas vegetales perpendiculares. Los PEVE se han colocado en la zona de espera de los padres y en el parque infantil.

- Se ha pavimentado una zona de juegos, que incluye un área con terrazas cubiertas con una estructura de madera que proporciona sombra a los alumnos. En esta zona se ha implantado el SUVE, como se explicará en la próxima categoría de NBS.

EB1 Horta das Figueiras: se ha colaborado con el proyecto LIFE EcoTimberCell para implantar una estructura de madera desarrollada para este proyecto u otro similar. Esta estructura proporcionará un espacio sombreado al aire libre para los estudiantes.

8.7 Superficies permeables

CEIP Gabriela Mistral: como se ha mencionado en la categoría NBS anterior, en este colegio se ha implantado una superficie permeable. Se ha denominado SUVE (en español SUelo VEgetal). Esta superficie aumenta el proceso de infiltración del agua de lluvia en el suelo y permite la proliferación de vegetación natural en la zona.

9. BIBLIOGRAFÍA

http://clevercities.eu/. (s.f.).

https://greensurge.eu/. (s.f.).

https://unalab.eu/. (s.f.).

https://urbinat.eu/nbs-catalogue/. (s.f.).

(s.f.). https://www.greenroofs.org/. (s.f.).

https://www.landlab.pt/pt/produtos. (s.f.).

https://www.life-ecotimbercell.eu/. (s.f.).

https://www.nature4cities.eu/. (s.f.).

https://www.think-nature.eu/. (s.f.).

https://www.urbangreenup.eu/. (s.f.).

10. ANEXO

Este documento incluye tres anexos. El Anexo 1 es un documento Excel (Anexo 1) que resume un conjunto de parámetros que permiten establecer comparaciones entre las distintas soluciones. El Anexo 2 es un documento que presenta una descripción más completa y algunos detalles de diseño específicos sobre prototipos de soluciones NBS que se han utilizado durante la definición de la implementación. Este Anexo 2 es la versión inicial del entregable "C2_2 Manuales Técnicos para la implementación de prototipos de NBS en las diferentes estructuras de los edificios piloto." El Anexo 3 es una carpeta comprimida que incluye los proyectos de construcción de los tres edificios piloto del proyecto.