my building is green
A LIFE PROJECT

LIFE my building is green

LIFE17 ENV/ES/000088

Application of Nature-Based Solutions for local adaptation of educational and social buildings to Climate Change

Action: Monitorización del impacto de los indicadores del proyecto
Deliverable: Tabla de indicadores intermedia.
Date: 30/03/2022

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

Deliverable: **Informe y resultado de las monitorizaciones realizadas y evaluadas de los impactos propuestos en los edificios piloto.**

Date: **30/06/2022**

Project location:	Spain
Project start date:	01/09/2018
Project end date:	31/08/2022
Total budget:	2.854.102 €
EU contribution:	1.697.369 €
(%) of eligible costs:	59,99 %

Data Beneficiary

Name Beneficiary:	AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
Contact person:	Miguel Vega
Postal address:	C/Serrano,117
Telephone:	34914203017
E-mail:	miguel.vega@rjb.csic.es
Project Website:	www.mybuildingisgreen.eu

Data Deliverable Responsible

Name Beneficiary:	FUNDACIÓN CARTIF
Contact person:	Jose Ramón Perán González
E-mail:	pedropombeiro@cm-porto.pt

Índice

1. SUMMARY IN ENGLISH 5

2. RESUMEN ESPAÑOL 6

3. RESUMO EM PORTUGUÊS 7

4. INTRODUCCIÓN 8

5. INDICADORES Y ESTADO DE DESARROLLO 10

5.1 ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO 10
5.2 GESTIÓN DEL AGUA 14
5.3 GESTIÓN DE ZONAS VERDES 16
5.4 CALIDAD DEL AIRE 18
5.5 REGENERACIÓN URBANA 20
5.6 GOBERNANZA Y PARTICIPACIÓN 22
5.7 COHESIÓN SOCIAL 24
5.8 SALUD PÚBLICA Y BIENESTAR 25
5.9 OPORTUNIDADES ECONÓMICAS Y EMPLEO 25

6. IMPACTOS EN LOS EDIFICIOS 28

6.1 ÉVORA 28
GESTIÓN DEL AGUA 34
GESTIÓN DE ZONAS VERDES 34
CALIDAD DEL AIRE 34
REGENERACIÓN URBANA 35
GOBERNANZA Y PARTICIPACIÓN 35
COHESIÓN SOCIAL 35
SALUD PÚBLICA Y BIENESTAR 35
OPORTUNIDADES ECONÓMICAS Y EMPLEO 35
6.2 OPORTO 36
6.3 SOLANA DE LOS BARROS 37
ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO 41
GESTIÓN DEL AGUA 47
GESTIÓN DE ZONAS VERDES 47
CALIDAD DEL AIRE 54

REGENERACIÓN URBANA 56

7. REFERENCIAS 60

8. ANEXO I. DATOS MONITORIZACION? 61

1. SUMMARY IN ENGLISH

This deliverable includes the mid-term evaluation (as of May 2022) of the status of the indicators and of some of the impacts resulting from the Project's actions, considering the baseline previously defined in Action C1.

To measure the impact of the project, monitoring of the effects produced by the project's action and the effectiveness of the technical actions has been carried out in accordance with the established indicators. These indicators have been previously determined in coherence with the environmental and climatic problems faced by the pilot buildings, as well as with the different Nature-based Solutions implemented. A series of indicators have also been selected that allow the evaluation of the socio-economic impact of the project, thus having a global and complete vision of the consequences of the technical actions implemented in the buildings.

At the time of carrying out this intermediate evaluation, at CEIP Gabriela Mistral in Solana de los Barros, the intervention has been completely completed since the end of 2021, at Escola EB1 Mello Falcão de Oporto, the works are in progress and at Escola EB1 Horta das Figueiras de Évora are about to start.

The state of calculation of the indicators is therefore different in each one of the schools. In the Solana de los Barros school, the impact evaluation period has begun and not yet for the other two. On the other hand, the degree of development of the technical indicators is greater than those proposed for social evaluation since it is becoming more complicated to collect the necessary information.

2. RESUMEN ESPAÑOL

En este entregable se recoge la evaluación intermedia (a fecha de mayo de 2022) del estado de los indicadores y de algunos de los impactos resultantes de las acciones del Proyecto teniendo en cuenta la línea de base previamente definida en la Acción C1.

Para medir el impacto del proyecto, se ha realizado una monitorización de los efectos producidos por la actuación del proyecto y la efectividad de las acciones técnicas en consonancia con los indicadores establecidos. Estos indicadores, se han determinado previamente en coherencia con los problemas medioambientales y climáticos que hacen frente los edificios piloto así como con las diferentes Soluciones basadas en la Naturaleza implantadas. También se han seleccionado una serie de indicadores que permiten evaluar el impacto socio-económico del proyecto, teniendo así una visión global y completa de las consecuencias de las acciones técnicas implantadas en los edificios.

En el momento de realizar esta evaluación intermedia, en el CEIP Gabriela Mistral de Solana de los Barros, la intervención está completamente finalizada desde finales de 2021, en la Escola EB1 Mello Falcão de Oporto, las obras se encuentran en proceso y en la Escola EB1 Horta das Figueiras de Évora se encuentran a punto de comenzar.

El estado de cálculo de los indicadores es por ello diferente en cada una de las escuelas. En la escuela de Solana de los Barros se ha comenzado el periodo de evaluación del impacto y para las otras dos aún no. Por otro lado, el grado de desarrollo de los indicadores técnicos es mayor que los planteados para la evaluación social ya que está siendo más complicado recopilar la información necesaria.

3. RESUMO EM PORTUGUÊS

Este entregável inclui a avaliação intermediária (a partir de maio de 2022) da situação dos indicadores e de alguns dos impactos decorrentes das ações do Projeto, levando em consideração a linha de base previamente definida na Ação C1.

Para medir o impacto do projeto, foi realizado um monitoramento dos efeitos produzidos pela ação do projeto e da eficácia das ações técnicas de acordo com os indicadores estabelecidos. Estes indicadores foram previamente determinados em coerência com os problemas ambientais e climáticos enfrentados pelos edifícios piloto, bem como com as diferentes Soluções Baseadas na Natureza implementadas. Foi ainda seleccionado um conjunto de indicadores que permitem avaliar o impacto socioeconómico do projecto, tendo assim uma visão global e completa das consequências das acções técnicas implementadas nos edifícios.

No momento da realização desta avaliação intermédia, no CEIP Gabriela Mistral em Solana de los Barros, a intervenção encontra-se totalmente concluída desde finais de 2021, na Escola EB1 Mello Falcão de Porto, as obras estão em curso e na Escola EB1 Horta das Figueiras de Évora estão prestes a começar.

O estado de cálculo dos indicadores é, portanto, diferente em cada uma das escolas. Na escola Solana de los Barros, o período de avaliação de impacto já começou e ainda não para as outras duas. Por outro lado, o grau de desenvolvimento dos indicadores técnicos é maior do que os propostos para a avaliação social, pois é cada vez mais complicado coletar as informações necessárias.

4. INTRODUCCIÓN

Una parte importante del proyecto es determinar los impactos tanto ambientales como sociales que se han producido gracias a la implantación de los prototipos de soluciones basadas en la naturaleza para evaluar las mejoras y cambios que se han producido.

Para ello se ha establecido una metodología de evaluación que ha permitido definir los datos necesarios para la monitorización. Se ha tomado como base el proyecto europeo EKPLISE (http://www.eklipse-mechanism.eu/), adaptado a la demostración propuesta en LIFE myBUILDINGisGREEN. De esta forma los indicadores elegidos servirán por un lado para integrar los resultados que se obtengan en bases de datos a nivel europeo (como la plataforma OPPLA (http://www.oppla.eu/) y que además sean comparables con otras experiencias que se puedan llevar a cabo en otros proyectos.

El esquema que se ha elegido para esta actuación es el que se muestra en la Tabla 1. En ella se han recogido los retos ambientales y sociales que se quieren afrontar con las actuaciones propuestas, los indicadores que nos permitirán ver el impacto de las actuaciones y las métricas que se han considerado adecuadas para su evaluación. La descripción completa de la metodología de cada uno de los indicadores se ha recogido ya anteriormente en el entregable C1 de la línea de base.

Tabla 1. Esquema de la evaluación de impactos pre-establecida para LIFE myBUILDINGisGREEN.

RETOS AMBIENTALES Y SOCIALES	IMPACTO
Adaptación y mitigación CC	**Temperatura interior del edificio.** En especial se evaluará que no se superen las temperaturas de confort máximas (27 ºC) en los meses de verano. **Temperatura de la envolvente del edificio.** Evaluar comportamiento fachada en las diferentes estaciones y como afecta. Disminuye en verano, se mantiene en invierno… **Condiciones ambientales exteriores del edifico** en cuanto a humedad y temperatura, evaluando si las soluciones implantadas mejoran el confort térmico exterior. **Estimación del ahorro energético conseguido** gracias a las soluciones implantadas en cuestiones de refrigeración. **Estimación del ahorro en calefacción.**
Gestión del agua	**Estimación del ahorro relativos al consumo de agua** que han

Tabla 1. Esquema de la evaluación de impactos pre-establecida para LIFE myBUILDINGisGREEN.

RETOS AMBIENTALES Y SOCIALES	IMPACTO
	producido las NBS implantadas en las zonas verdes **Estimación del ahorro en la gestión del agua de lluvia** gracias a la captación de agua de lluvia de las cubiertas verdes y la cantidad de agua que se evita vaya al saneamiento
Gestión de zonas verdes	**Aumento de la biodiversidad vegetal y animal**. **Número de especies vegetales autóctonas recuperadas adecuadas (no alérgicas, venenosas, etc.) para su integración en zonas verdes.**
Calidad del aire	**Niveles de concentración de dióxido de carbono en el interior del aula** **Niveles de reducción de ruido procedente del exterior**. **Niveles de contaminación** mediante instalación de especies bioindicadoras y formación en su observación.
Regeneración urbana	**Medidas de eficiencia energética.** **Aumento de la superficie verde (m^2 y en %)**.
Gobernanza y participación	**Percepción de los ciudadanos sobre la naturaleza urbana**. **Políticas de aprendizaje y planes estratégicos de adaptación al CC**. **Procesos participatorios abiertos. Participación ciudadana en los procesos abiertos de definición de la zona recreativa / parque a instalar.**
Cohesión social	**Nº de acuerdos y desacuerdos**.
Salud pública y bienestar	**Reducción de número de ausencias y bajas de alumnos y profesores**.
Oportunidades económicas y empleo	**Número de puestos de trabajo creados**. **Creación de nuevas capacidades en autónomos y empresas de la zona relacionadas con las NBS**. **Reducción del absentismo laboral entre el personal del colegio**.

5. INDICADORES Y ESTADO DE DESARROLLO

En esta sección se hace referencia a los indicadores utilizados para calcular el impacto respecto a la línea base, a partir de la información del Entregable C1 – Informe de la línea de base de los edificios piloto.

5.1 Adaptación y mitigación al cambio climático

Las soluciones que propone el proyecto LIFE myBUILDINGisGREEN para adaptar los edificios al cambio climático y mitigar sus consecuencias están relacionadas con las cubiertas verdes y distintos tipos de revegetación de fachadas. La vegetación ayuda a disminuir la temperatura ambiental gracias al aumento de la humedad del aire por la transpiración y riego de los suelos. La disminución de las temperaturas exteriores también está relacionada con el incremento de la superficie que queda protegida de la radiación solar directa, por la generación sombra (Salvo et alt, 1993). De esta forma se mejora el confort térmico ambiental con temperaturas altas, paliando el efecto de isla de calor. Este tipo de soluciones también influye en la disminución de la temperatura interior de los edificios, ya que la vegetación y el sistema constructivo relacionado actúan como aislante, incrementando el ahorro pasivo de energía de los edificios y reduciendo el consumo energético necesario para calefacción y aire acondicionado. Este ahorro energético supone una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero de los edificios.

La evaluación de los impactos que tienen y tendrán las acciones en los edificios piloto en la adaptación y mitigación al cambio climático de los pilotos se realiza en base a los indicadores. A continuación, se hará un repaso del estado actual de evaluación en el que se encuentran y para algunos de ellos se mostrarán resultados preliminares observados.

I1.1 Temperatura interior de edificio.

Como indicador de confort térmico, se están monitorizado la temperatura y la humedad en el interior de las aulas. Los valores de referencia que se han tomado para evaluar el confort térmico son no superar los 25ºC de máxima en verano (RITE) y mantener unos niveles de humedad entre el 30-70%.

El impacto en la T y H interior de las aulas se relacionará con aquellas NBS que pueden tener un efecto positivo sobre las mismas, cubiertas, fachadas y toldos verdes. Para conocer el impacto que tienen se emplearán como referencia otras aulas que no se han visto afectadas por las intervenciones en principio.

De la información recogida, los valores diezminutales de T y HR, solamente se tienen en cuenta los valores en el periodo lectivo (9-14 h, de lunes a viernes), excluyendo los meses no lectivos de julio y agosto.

El estado actual del indicador es el siguiente:



Figura 1. Estado actual del indicador I1.1.

I1.2 Temperatura de envolvente de edificios.

Mediante la toma de imágenes térmicas en la superficie de la fachada del colegio antes y después de las intervenciones y su comparación con un edificio de referencia, se muestra si las actuaciones generan reducciones de temperatura en la envolvente de los edificios en situaciones de altas temperaturas. Se trata de una comparación general, con fines de comunicación, no se establece un análisis cuantitativo.



Figura 2. Estado actual del indicador I1.2.

I1.3 Condiciones ambientales exteriores del edificio.

Se mide el impacto en las condiciones ambientales exteriores de T y H gracias a la implantación de NBS y su capacidad de reducir la intensidad de las olas de calor y el efecto isla de calor.



Figura 3. Estado actual del indicador I1.3.

I1.4 Modelización de los ahorros energéticos producidos

Se calcula el ahorro producido en el consumo energético de la instalación de un equipo comercial de refrigeración, en base a la reducción de las temperaturas interiores conseguidas gracias a las medidas implantadas. Este indicador ha sido estimado inicialmente empleando software de simulación y se calculará al final del proyecto en base a los registros de los sensores instalados en los colegios. El estado actual de las intervenciones no hace posible calcular este indicador en este momento.



Figura 4. Estado actual del indicador I1.4.

I1.5 Estimación del ahorro en calefacción.

Se evalúa el ahorro en consumo energético actual respecto a la situación previa de las intervenciones. El periodo de tiempo de toma de datos pretende comprender como línea base el valor medio de los últimos 10 años de actividad años previos a las intervenciones y en al menos 1 año posterior a las mismas. Los datos para calcular este indicador aún se están recopilando entre las administraciones.



Figura 5. Estado actual del indicador I1.5.

5.2 Gestión del agua

Se mide el impacto de la aplicación de cubiertas verdes y pavimentos permeables en la mejora de la gestión del agua de lluvia en los edificios piloto, en cuanto a su capacidad de recoger y almacenar agua de lluvia, para su posterior reutilización o filtrado al terreno, disminuyendo el aporte de agua de lluvia a la red de abastecimiento y evitando su colapso en episodios de lluvias intensos, así como inundaciones. A su vez, también se mide el ahorro en el consumo de agua de riego debido a la reutilización de agua y el uso de circuitos cerrados.

La evaluación de los impactos que han tenido las acciones en los pilotos en la mejora de la gestión del agua son los siguientes:

I2.1 Ahorro en el consumo de agua de riego de zonas verdes de los edificios piloto.

Se está calculando el ahorro que supone la implantación de NBS en el consumo de agua de riego. Para ello se está estimando la cantidad de agua consumida (m^3) en las zonas verdes de los edificios piloto antes y después de la aplicación de las NBS. Para el cálculo, se están recopilando los datos de consumo de agua de riego de las zonas verdes históricos hasta la actualidad.



Figura 6. Estado actual del indicador I2.1.

I2.2 Ahorro en la gestión del agua de lluvia.

Para conocer el ahorro que producen las NBS en la gestión del agua, se ha calculado el volumen de escorrentía que entra en el sistema de alcantarillado antes y después de las implantaciones de los prototipos. De esta forma se evalúa la capacidad de acumular y/o filtrar agua de lluvia de las NBS, evitando su evacuación al sistema de alcantarillado de la ciudad y el ahorro que conlleva.

Para el cálculo se emplean los datos de pluviometría de la zona y con las características de las cubiertas y superficies del colegio, antes y después de las intervenciones, se estima el impacto de las mismas en cada uno.



Figura 7. Estado actual del indicador I2.2.

5.3 Gestión de zonas verdes

Mediante la implantación de soluciones basadas en la naturaleza, se medirá el impacto positivo sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, debido al aumento de las especies vegetales presentes, así como las especies animales asociadas a ellas. La mejora de la gestión de las áreas naturales urbanas mejora la gestión de las mismas y aumenta la calidad y cantidad de espacios verdes, proporcionando beneficios tanto ecológicos como recreativos, sociales y de bienestar.

La evaluación de los impactos de las acciones en los pilotos para la mejora de la gestión de las zonas verdes se realiza en base a los siguientes indicadores:

I3.1Aumento de la biodiversidad vegetal y animal.

Este indicador busca identificar las especies animales y vegetales que aparecen tras la implantación de las NBS o las que existían y se promocionan debido a los servicios ecosistémicos que proporcionan. Básicamente consisten en hacer recuentos periódicos e identificar por funcionalidades y así evaluar el impacto de la NBS. En general, lo buscado es un aumento de la biodiversidad vegetal y animal bajo criterios de sostenibilidad siendo uno de los más importantes la promoción de especies autóctonas.



Figura 8. Estado actual del indicador I3.1.

I3.2 Número de especies vegetales autóctonas

Este indicador es una complemento del comentado anteriormente. Se valora el impacto de las NBS implementadas en el número y promoción de las especies vegetales autóctonas. La promoción directa (plantación) y la indirecta genera espacios más adaptados al clima y que además está en equilibrio con el resto de biodiversidad de la zona.



Figura 9. Estado actual del indicador I3.2

5.4 Calidad del aire

El impacto de las intervenciones del proyecto LIFE myBUILDINGisGREEN en la calidad del aire se ha medido en 3 aspectos: la calidad de aire interior – midiendo las concentraciones de CO_2; contaminación acústica interior – midiendo la absorción acústica y los niveles de ruido interiores (dB); y la calidad de aire exterior en base al impacto del mismo sobre especies bio-indicadoras. Consecuentemente, se incrementa el confort y bienestar de los usuarios del colegio.

La evaluación de los impactos de las acciones en los pilotos para la mejora de la calidad del aire se realiza en base a los siguientes indicadores:

I4.1 Concentración de dióxido de carbono en el interior del aula.

Se ha evaluado la evolución de los niveles de concentración de CO_2 en el interior de las aulas, el efecto de los protocolos de ventilación y si se mantiene una buena calidad del aire interior, manteniéndose por debajo de 800 - 1.200 ppm. Superar esos niveles puede generar incomodidad, dolores de cabeza y cansancio entre otros, dependiendo de la duración de la exposición. Estos síntomas se pueden agravar en caso de niños.

Hay que decir que tras la pandemia COVID19, los valores de CO_2 recomendados se han actualizado a 700-800 ppm considerando reducir el riesgo de que una persona respire el aire exhalado por otra. En esta consideración, por supuesto, lo que se trata es de evitar contagios de enfermedades trasmisibles por los aerosoles producidos al respirar.



Figura 10. Estado actual del indicador I4.1.

I4.2 Niveles de reducción de ruido procedente del exterior.

Mediante dos mediciones anuales de los niveles de ruido interiores y exteriores, antes y después de las intervenciones, se determina si ha mejorado el aislamiento acústico frente ruidos exteriores del edificio. También se medirá un espacio interior al que no afecten las intervenciones como valor de referencia. El método aporta un valor aproximado de la atenuación del ruido que pueden proporcionar las soluciones prototipo implantadas.

Como valores de referencia, según la OMS, cualquier sonido superior a 65 dB es considerado ruido, y si supera los 75 dB se considera dañino para la salud. El límite superior deseable está fijado en los 50 dB. Las cubiertas y muros verdes pueden funcionar como una capa efectiva de aislamiento acústico, mitigando entre 5-10-15 dB el sonido para frecuencias medias (G. Pérez et al., 2018).

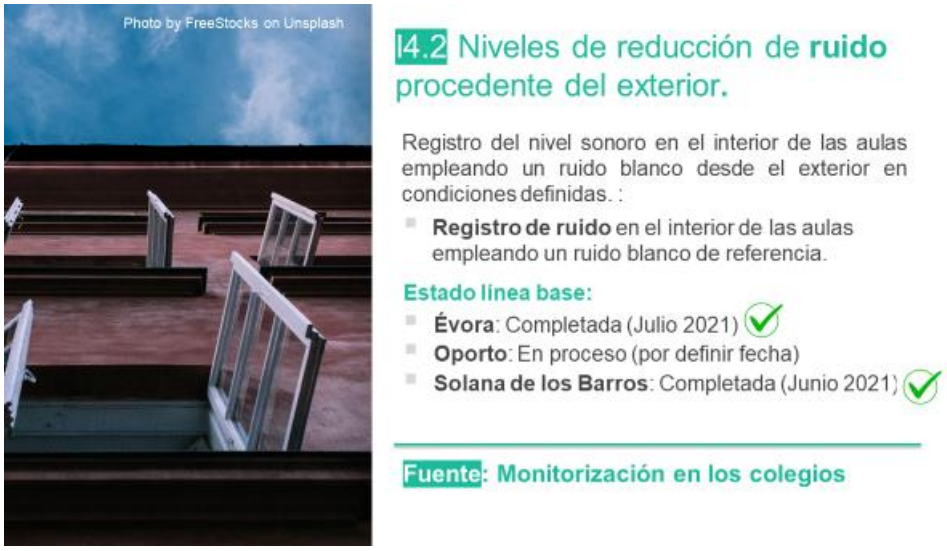


Figura 11. Estado actual del indicador I4.2.

I4.3 Número de especies bioindicadoras

Este indicador consiste básicamente en la plantación de especies bioindicadoras de la contaminación del aire y viendo su evolución valorar la contaminación ambiental de la zona, tanto en el entorno del colegio como en sus proximidades, pero sin la influencia de las NBS.



Figura 12. Estado actual del indicador I4.3.

5.5 Regeneración urbana

Mediante la implantación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en el proyecto LIFE MyBUILDINGisGREEN se espera contribuir a la regeneración urbana, avanzando hacia nuevos modelos de ciudad sostenible y resiliente que contribuya a un uso eficiente de los recursos, reduciendo el consumo energético. Se mide el impacto de las NBS como medidas de eficiencia energética para edificaciones ya existentes. También se espera contribuir a mejorar el acceso universal a zonas verdes y espacios públicos de acuerdo con los ODS (Objetivo 11 Ciudades y Comunidades sostenibles).

La evaluación de los impactos de las acciones en los pilotos para la regeneración urbana son los siguientes:

I5.1 Medidas de eficiencia energética.

Para el cálculo de este indicador, se han tenido en cuenta las diferentes medidas que los colegios han implantado durante el proyecto LIFE myBUILDINGisGREEN para mejorar la eficiencia energética de los mismos. Se consideran medidas de eficiencia energética aquellas que reducen la demanda energética, en este caso, de edificios existentes. Se recogerán todas aquellas medidas que influyan en la eficiencia energética del edificio, abarcando diferentes tipos de intervenciones.

En primer lugar, se recogerán aquellas intervenciones relacionadas con la mejora de la envolvente, teniendo en cuenta medidas de mejora del aislamiento (considerando a las cubiertas y fachadas verdes sistemas eficaces de aislamiento) y la sustitución de la carpintería existente por nuevas carpinterías con rotura de puente térmico y doble acristalamiento. Los elementos de sombreamiento y protección solar también se consideran una medida eficaz para mejorar el confort térmico y lumínico al reducir el impacto de la insolación directa sobre los edificios (Q. Vargas-Gómez et al., 2014). La adopción de protocolos de ventilación también se considera una medida efectiva para disminuir las temperaturas en épocas estivales. También se recogen aquellas medidas que incluyen mejoras en el rendimiento de las instalaciones de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación y/o la instalación de energías renovables como la instalación de placas solares o fotovoltaicas.

El impacto de las soluciones implantadas en la mejora de la eficiencia energética se medirá mediante la evaluación de la reducción en el consumo energético de calefacción y electricidad.



Figura 13. Estado actual del indicador I5.1.

I5.2 Aumento de la superficie verde

Para calcular el impacto conseguido en aumentar las zonas verdes, se han medido las superficies verdes en la zona de actuación (m^2) y el porcentaje respecto al área total de la parcela (%) antes y después de la implantación de las actuaciones. Se han considerado zonas verdes todas aquellas intervenciones que generan una superficie vegetal, incluyendo nuevas formas de verde urbano como las fachadas y cubiertas verdes.



Figura 14. Estado actual del indicador I5.2.

5.6 Gobernanza y participación

I6.1 Percepción de los ciudadanos sobre la naturaleza urbana.

Para evaluar la percepción de los ciudadanos sobre las soluciones implantadas, se han diseñado unas encuestas destinadas al alumnado de los centros. Las encuestas se distribuirán tras las intervenciones, no contando con una línea base.



Figura 15. Estado actual del indicador I6.1.

I6.2 Políticas de aprendizaje y planes estratégicos de adaptación al CC.

Con este indicador se valorará el número de eventos y el impacto que tienen, en número de asistentes, impacto en redes sociales, apariciones en prensa etc. Servirá para evaluar la eficacia de los ejemplos promovidos por el proyecto y su forma de comunicación.

Este indicador actualmente se encuentra en desarrollo recogiendo los datos de los distintos eventos y otros actos en los que participan los socios, especialmente las administraciones públicas participantes.



Figura 16. Estado actual del indicador I6.2.

I6.3 Procesos participativos abiertos.

En este indicador se valorará el número de eventos en los que se ha colaborado con agentes externos al proyecto para la ejecución de acciones, tanto para el diseño y la implementación de las NBS como para eventos de diálogo abiertos a la recopilación de sugerencias e impresiones del público en general.

Actualmente el indicador está en fase de recoger la información sobre los procesos y eventos realizados por los socios del proyecto. Con la información recogida al final del proyecto se valorará como se ha promocionado la participación ciudadana.



Figura 17. Estado actual del indicador I6.3.

5.7 Cohesión social

I7.1 Nº de acuerdos y desacuerdos.

En este indicador se valora el número de acuerdos a los que han llegado los socios del proyecto en materia de promoción de las NBS como medida de adaptación. Se valorará sobre el total de interacciones realizadas. Se establecerá un límite de acuerdos como valor objetivo. El impacto se medirá con el porcentaje de acuerdos sobre el objetivo conseguidos.



Figura 18. Estado actual del indicador I7.1.

5.8 Salud pública y bienestar

I8.1 Reducción de número de ausencias y bajas de alumnos y profesores.

En base a la información proporcionada por las administraciones, se valorará el número de ausencias (categorizadas en función del detalle de la información recibida) antes y después de las intervenciones para establecer el impacto de las mismas sobre el confort y la salud en los espacios de los colegios. Se estudiará si se puede establecer algún tipo de correlación directa a la hora de presentar las conclusiones.

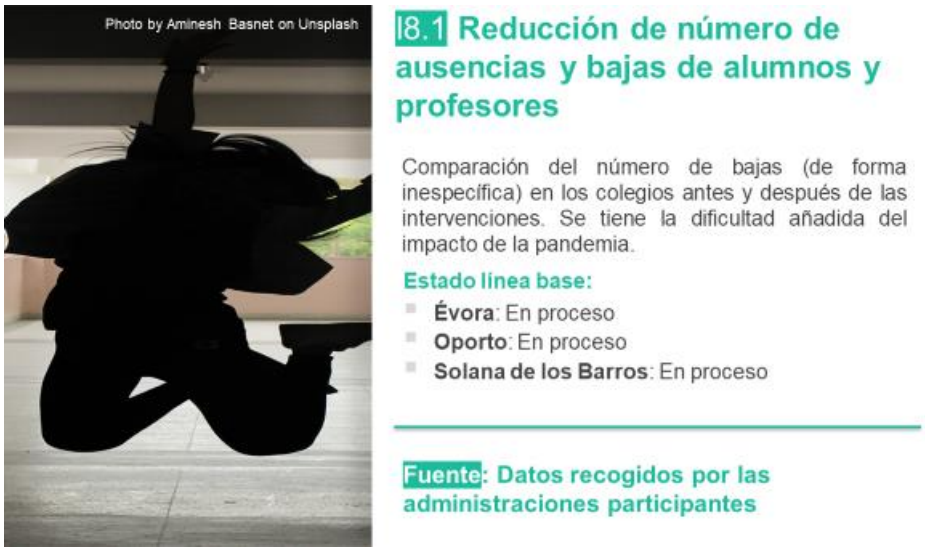


Figura 19. Estado actual del indicador I8.1.

5.9 Oportunidades económicas y empleo

I9.1 Número de puestos de trabajo creados.

Con este indicador se valorará el número de puestos de trabajo directos creados por el proyecto, tanto en la ejecución directa del LIFE por parte de los socios como en las obras realizadas a través de las licitaciones.

Actualmente se está recogiendo información para valorarlo al final del proyecto.



Figura 20. Estado actual del indicador I9.1.

I9.2 Creación de nuevas capacidades en autónomos y empresas de la zona

Valorar el número de empresas y autónomos locales y regionales que han participado en los procesos de licitación o que han mostrado interés sobre las NBS. Además, se contabilizarán las que se hayan interesado y participado en los cursos llevados a cabo por el proyecto.



Figura 21. Estado actual del indicador I9.2.

I9.3 Reducción del absentismo laboral

En base a la información proporcionada por las administraciones, se valorará el número de ausencias del personal de los colegios (categorizadas en función del detalle de la información recibida) antes y después de las intervenciones para establecer el impacto de las mismas sobre el confort y la salud en los espacios de los colegios. Se estudiará si se puede establecer algún tipo de correlación directa a la hora de presentar las conclusiones.

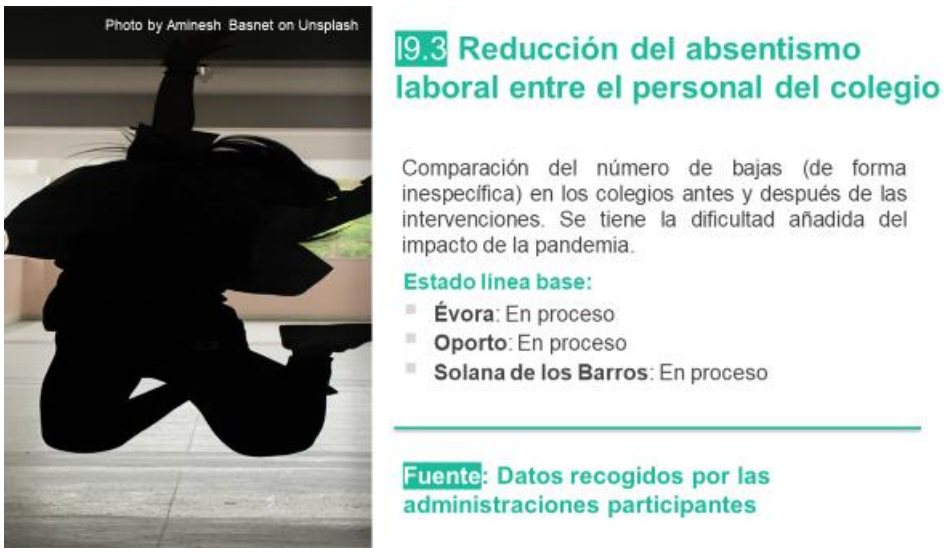


Figura 22. Estado actual del indicador I9.3.

6. IMPACTOS EN LOS EDIFICIOS

6.1 Évora

INTRODUCCIÓN

La implantación de Soluciones basadas en la Naturaleza se ha centrado en mejorar el confort térmico de los usuarios del colegio, aumentar la superficie verde de forma sostenible, reducir la huella de carbono, mejorar la gestión hídrica en los mismos, recuperar, fomentar la biodiversidad local en el entorno urbano y concienciar sobre el valor la naturaleza y los servicios ecosistémicos que se producen.

Mediante la instalación de fachadas verdes se persigue la reducción del impacto de la radiación solar sobre la envolvente del edificio y su entrada directa a través de los huecos, generando una circulación de aire por el interior de edificio en época estival con aire "enfriado" naturalmente. Además, la renovación del aire que se consiga con estas actuaciones debería permitir reducir los niveles de dióxido de carbono en el interior de las aulas y aumentar el confort térmico. El aumento de espacios de sombra en el exterior espera mejorar las condiciones ambientales exteriores de temperatura y humedad. Se espera que estos impactos mejoren la salud y el bienestar de los alumnos y profesores. La instalación de suelos drenantes y cubiertas verdes con capacidad de captar agua de lluvia permite reducir el agua de escorrentía asumida por el alcantarillado público.

También se han integrado procesos participativos de co-diseño y co-desarrollo de las soluciones con la comunidad educativa para mejorar los procesos de gobernanza y cohesión social.

En primer lugar, se describirán brevemente las actuaciones implantadas en el edificio y su relación con los indicadores. Posteriormente se realizará una revisión del estado de los indicadores de evaluación del impacto propuesto. En este documento intermedio aún falta mucha información de incluir porque las intervenciones aún no han sido llevadas a cabo.

El periodo de recogida de datos de la línea base está comprendido entre enero 2020 hasta que comiencen las obras en 2022. El periodo de recogida de datos tras las intervenciones comprende desde que finalicen las obras en 2022 hasta diciembre de 2023 apurando el final del proyecto.

PRELIMINAR – ESTADO A FECHA DE MAYO DE 2022.

ACTUACIONES – DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

De forma general, todas las actuaciones contribuyen a los indicadores I9.1; I9.2; I9.3

Cubiertas

Instalación de cubierta verde con el prototipo mBiGWTray en las 4 cubiertas. Para mantener la estructura original de la cubierta y evitar sobrecargas que puedan afectar a la encapsulación del fibrocemento, la cubierta verde se instala sobre una nueva estructura metálica independiente.

Se instala riego por goteo para el riego de la cubierta verde. Pese a que el diseño inicial no incluía la necesidad de la instalación de riego por goteo, su incorporación fue a requerimiento tanto de CIMAC como de la Cámara Municipal de Évora.

Especies vegetales:

Relación con indicadores I1.1; I1.3; I1.4; I1.5; I2.1; I2.2; I3.1; I4.2; I5.1; I5.2; I6.1; I8.1

Cubierta 1.

- Superficie vegetal
- Accesibilidad
- Foto

Monitorización

Dos sensores (CO_2, T y HR) en las aulas 3 y 4, aulas de la planta superior.

Cubierta 2.

- Superficie vegetal
- Accesibilidad
- Foto

Cubierta 3.

- Superficie vegetal
- Accesibilidad
- Foto

Monitorización

Se han instalado un sensor (CO_2, T y HR) en este espacio.

Cubierta 4.

- Superficie vegetal
- Accesibilidad
- Foto

Fachada sur

Sombreamiento de la fachada sur mediante voladizo de la cubierta verde.

- Descripción
- Especies vegetales
- Sistema de riego
- Superficie vegetal
- Foto

Relación con indicadores I1.1; I1.2; I1.3; I1.4; I1.5; I2.1; I3.1; I4.1; I4.2; I5.1; I5.2; I6.1; I8.1

Monitorización

Se han instalado 4 sensores (CO_2, T y HR) en las cuatro aulas de la fachada, dos en la planta baja y otras dos en la planta superior.

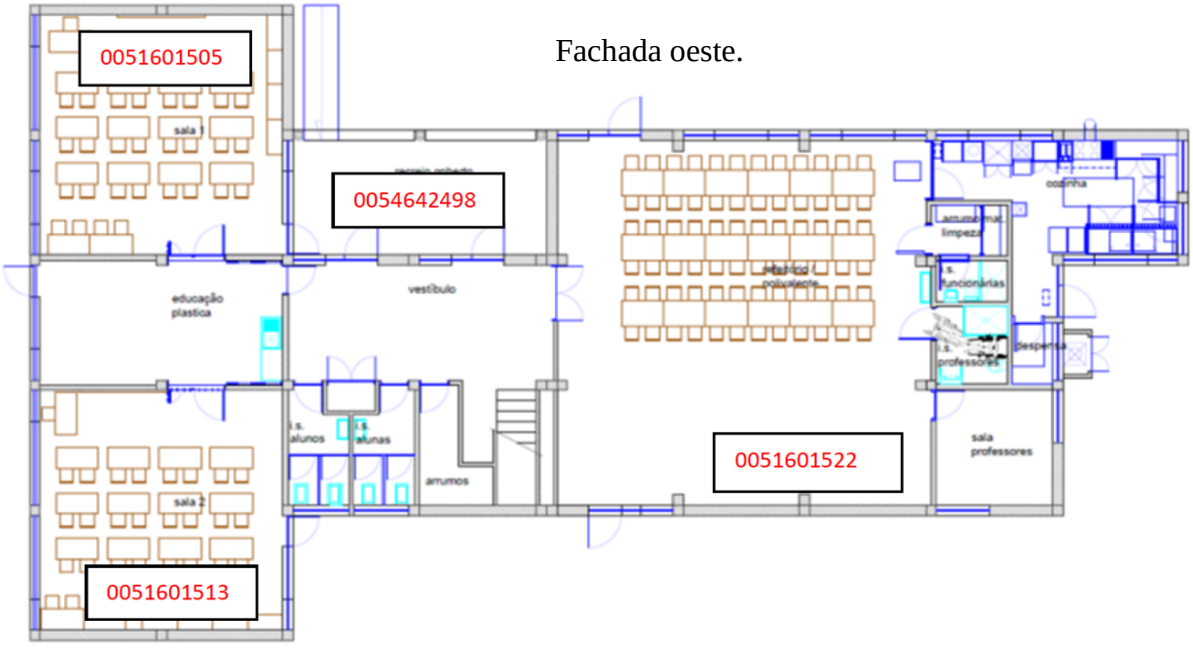


Figura 23. Situación de los sensores en la planta baja del edificio, incluido el exterior en la fachada oeste.

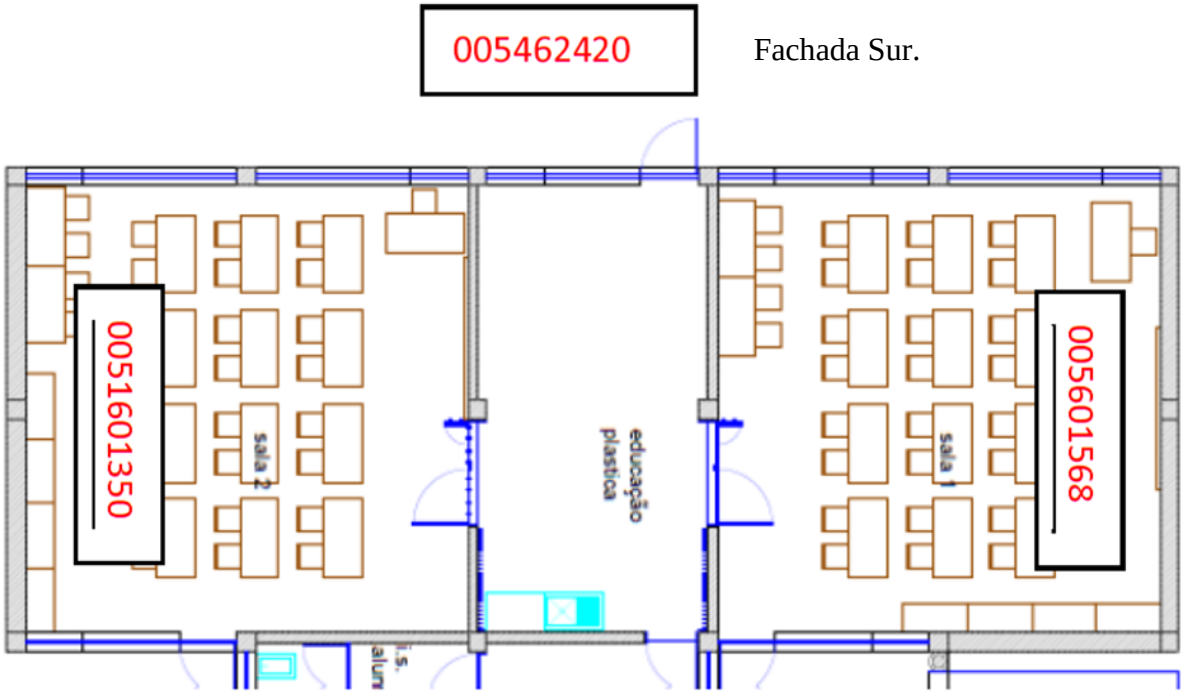


Figura 24. Sensores instalados en las aulas de la planta primera y el situado en el exterior en la fachada sur.

Fachada este

Instalación de dos estructuras cableadas como soporte para el crecimiento de vegetación trepadora con el objetivo de sombrear la fachada este.

- Descripción
- Especies vegetales
- Sistema de riego
- Superficie vegetal
- Foto

Relación con indicadores I1.1; I1.2; I1.3; I1.4; I1.5; I2.1; I3.1; I4.1; I4.2; I5.1; I5.2; I6.1; I8.1

Monitorización

Se ha instalado un sensor (T y HR) exterior de fachada este para implementar las fórmulas de ventilación natural inducida.

Fachada oeste

Instalación del prototipo mBiGToldo en el muro ciego de la fachada oeste.

- Descripción
- Especies vegetales
- Sistema de riego
- Superficie vegetal
- Foto

Relación con indicadores I1.1; I1.2; I1.3; I1.4; I1.5; I2.1; I3.1; I4.1; I4.2; I5.1; I5.2; I6.1; I8.1

Monitorización

Instalación de un sensor exterior (T y HR) para valorar la entrada de aire fresco para las fórmulas de ventilación natural inducida.

Intervención en el exterior

- Cubiertas de sombreamiento

Relación con indicadores I1.3

- Pavimento permeable

Relación con indicadores I2.2

- Cambio de pavimento

Relación con indicadores I2.2

- Plantación de arbolado – vegetación

Relación con indicadores I1.3; I2.1; I2.2; I3.1; I4.2; I4.3; I5.2; I6.1; I8.1

SITUACIÓN ACTUAL INDICADORES – IMPACTO

Adaptación y mitigación del cambio climático.

I1.1 Temperatura interior del edificio.

A nivel de evaluación de temperaturas se está registrando lo correspondiente a la línea base. Como se puede apreciar en la imagen las temperaturas interiores (promedios mensuales para cada sensor solo los días lectivos y en el periodo lectivo de 8 a 15h) evolucionan de forma similar. Además, se puede observar que en general las temperaturas en la zona exterior sur del

edificio son más altas, como era de esperar, y en la zona oeste, que actualmente ya está más sombreada, son más bajas que en el interior del edificio.

Para analizar el efecto de las cubiertas se estudiará la evolución de los datos de las aulas del piso superior en comparación a los datos de las aulas del piso inferior, menos afectadas por la instalación de las cubiertas verdes.

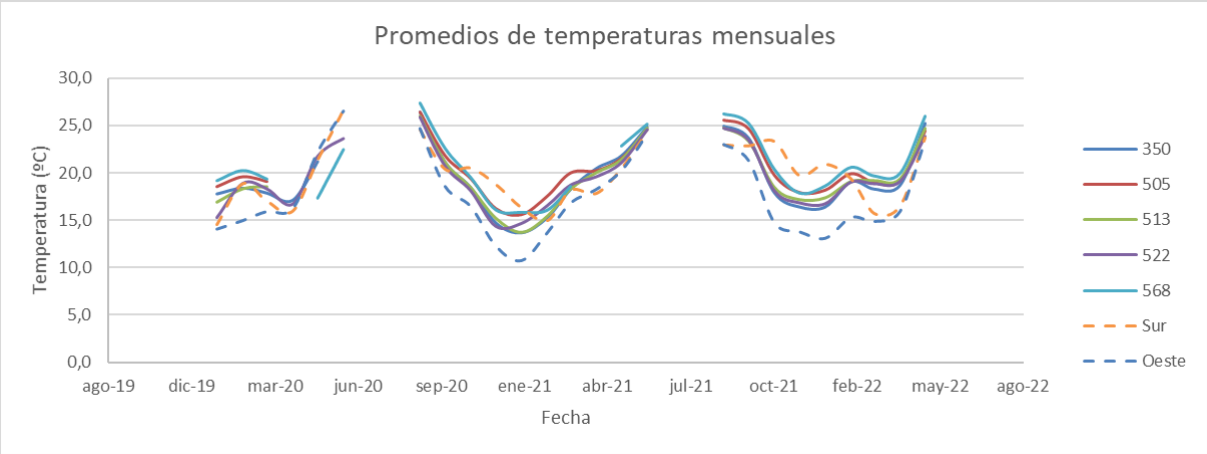


Figura 25. Evolución de temperaturas promedio mensuales de los sensores instalados en las aulas y exterior en Évora.

I1.2 Temperatura de envolvente de edificios

En relación a la temperatura de la envolvente se han tomado imágenes térmicas de la situación actual antes de las intervenciones con las NBS. A modo de ejemplo se muestra un detalle de la fachada este del edificio y las temperaturas que muestra la superficie en función del color de la misma. Esta fachada irá sombreada con vegetación trepadora conducida mediante tensores metálicos.

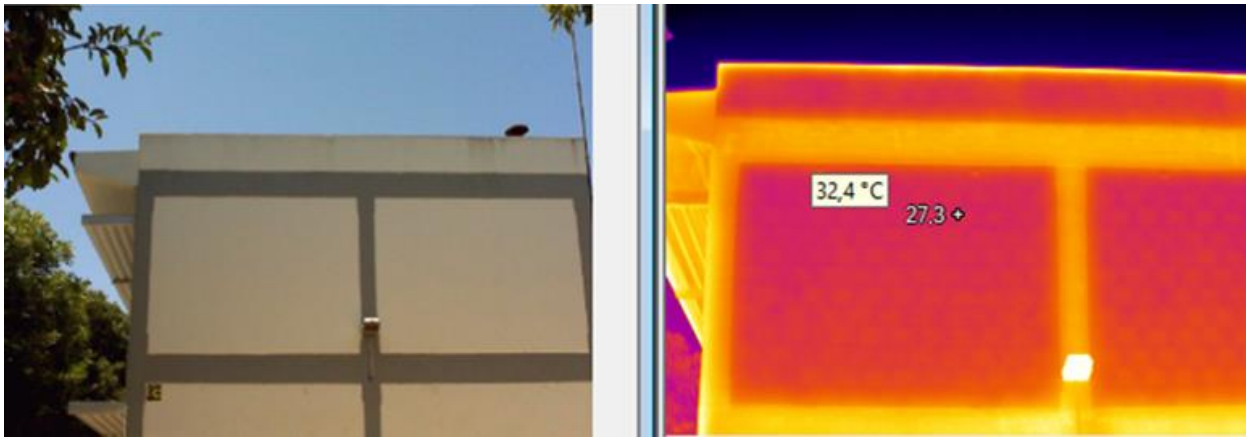


Figura 26. Imágenes visible y térmica de un trozo de la fachada este.

Los indicadores I1.3, I1.4 y I1.5 están igualmente en proceso, recogiendo información para configurar el estado de partida del edificio.

Gestión del agua

Estos indicadores se encuentran aún en proceso.

Gestión de zonas verdes

Estos indicadores se encuentran aún en proceso.

Calidad del aire

I4.1 Concentración de dióxido de carbono en el interior del aula.

Para este indicador se ha configurado la línea de base de la situación actual. Hay que hacer ver que la calidad del aire interior, y en particular el parámetro dióxido de carbono, se ha visto afectada por la situación provocada por la pandemia. En primer lugar, porque ha habido varios meses en los que el confinamiento y la cancelación de las clases presenciales hizo que las medidas no fueran representativas de un periodo lectivo normal. Los valores registrados fueron los correspondientes a aulas vacías. Por otro lado, el cambio de costumbres a la vuelta a las clases debido a los protocolos de ventilación promovidos para evitar los contagios de COVID19, provocaron un descenso muy pronunciado de las concentraciones de CO_2 en comparación con la situación pre-pandemia. Sin embargo, hay que decir que desde el comienzo del curso 21-22 parece que los protocolos se han relajado y los niveles promedio vuelve a subir.

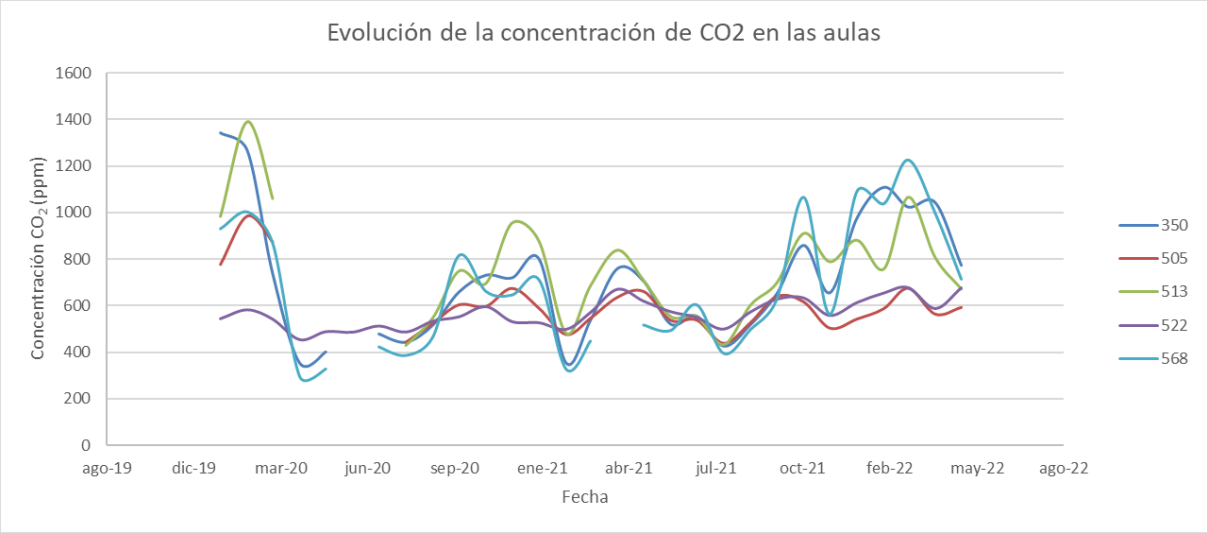


Figura 27. Grafica de evolución de las concentraciones medias mensuales de CO_2 en las distintas aulas del colegio de Évora.

En cuanto a los indicadores I4.2 y I4.3 se encuentran actualmente en desarrollo.

Regeneración urbana

Estos indicadores se encuentran aún en proceso.

Gobernanza y participación

Estos indicadores se encuentran aún en proceso. Sin embargo, se quiere destacar que en Évora ya se ha promovido una jornada con agentes locales para dar a conocer las intervenciones previstas en el colegio. Además, se ha llevado a cabo una acción de co-diseño con el colegio en el que los niños y niñas en colaboración con el profesorado y sus familias han propuesto soluciones para tener una zona exterior del edificio con más vegetación y cumpliendo con sus reivindicaciones para mejorar su calidad de vida.

Cohesión social

Indicador en progreso.

Salud pública y bienestar

Indicador en progreso.

Oportunidades económicas y empleo

Indicadores en progreso.

6.2 Oporto

PRELIMINAR – a completar cuando se disponga de más información.

6.3 Solana de los Barros

INTRODUCCIÓN

La implantación de Soluciones basadas en la Naturaleza se ha centrado en mejorar el confort térmico de los usuarios del colegio, aumentar la superficie verde de forma sostenible, reducir la huella de carbono, mejorar la gestión hídrica en los mismos, recuperar, fomentar la biodiversidad local en el entorno urbano y concienciar sobre el valor la naturaleza y los servicios ecosistémicos que se producen.

Mediante la instalación de fachadas verdes se persigue la reducción del impacto de la radiación solar sobre la envolvente del edificio y su entrada directa a través de los huecos, generando una circulación de aire por el interior de edificio en época estival con aire "enfriado" naturalmente. Además, la renovación del aire que se consiga con estas actuaciones debería permitir reducir los niveles de dióxido de carbono en el interior de las aulas. El aumento de espacios de sombra en el exterior espera mejorar las condiciones ambientales exteriores de temperatura y humedad. Se espera que estos impactos mejoren la salud y el bienestar de los alumnos y profesores. La instalación de suelos drenantes y cubiertas verdes con capacidad de captar agua de lluvia permite reducir el agua de escorrentía asumida por el alcantarillado público y promueve una gestión del agua más natural.

Mediante procesos participativos de co-diseño y co-desarrollo con la comunidad educativa se pretende mejorar los procesos de gobernanza y cohesión social.

En primer lugar, se describirán brevemente las actuaciones implantadas en el edificio y su relación con los indicadores. Posteriormente se realizará una revisión del estado de los indicadores de evaluación del impacto propuesto.

El periodo de recogida de datos de la línea base está comprendido entre mayo 2019 hasta diciembre 2021. El periodo de recogida de datos tras las intervenciones comprende desde enero 2022 hasta el final del proyecto en diciembre de 2023, cumpliendo así los dos años mínimos de monitorización prevista.

ACTUACIONES – DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Las actuaciones que se han llevado a cabo han afectado a las cubiertas y fachadas del edificio 'anexo' y a los espacios exteriores, a los pavimentos y zonas vegetales. Tanto el sistema de fachadas como el de cubiertas y pérgolas disponen de sistema de riego.

De forma general, todas las actuaciones contribuyen a los indicadores I9.1; I9.2; I9.3

Cubiertas

Se han instalado 3 tipos de cubiertas verdes (CUVE-SUS; CUVE-1 y CUVE-2), consiguiendo un total de 420 m^2 de cubierta verde.

Relación con indicadores I1.1; I1.2; I1.3; I1.4; I1.5; I2.1; I2.2; I3.1; I4.2; I5.1; I5.2; I6.1; I8.1

Cubierta 1

En la cubierta 1 se han instalado tres tipos de cubierta verde. Por un lado, el sistema CUVE-1 con bandejas elevadas y cubierta extensiva; y el sistema CUVE-2 con bandejas elevadas con macetas y trepadoras repartidas al 50% en una superficie total de 58 m^2. Por otro lado, mediante un sistema CUVE-SUS hay una superficie de 85 m^2 de cubierta extensiva, con plantas vivaces y tipo sedum. Se ha instalado una puerta de acceso a la cubierta desde el vestíbulo de la planta +1.



Tipo: CUVE-SUS; CUVE-1 y 2.
Superficie: 143 m^2.
Acceso: Si.

Monitorización

Mediante sendos sensores (CO_2, T y HR) en las aulas de primaria 2 y 4.

Cubierta 2

En la cubierta 2 se han instalado tres tipos de cubierta verde. Por un lado, el sistema CUVE-1 con bandejas elevadas y cubierta extensiva; y el sistema CUVE-2 con bandejas elevadas con macetas y trepadoras repartidas al 50% en una superficie total de 27 m^2. Por otro lado, mediante un sistema CUVE-SUS hay una superficie de 60 m^2 de cubierta extensiva, con plantas vivaces y tipo sedum. La cubierta 2 ya era accesible desde la galería, previo a la actuación.



Tipo: CUVE-SUS; CUVE-1 y 2.
Superficie: 87 m^2.
Acceso: Si.



Tipo: CUVE-SUS
Superficie: 200 m^2.
Acceso: Si.

Cubierta 3

En la cubierta 3 se ha instalado una cubierta extensiva CUVE-SUS, con plantas vivaces y de tipo sedum, cubriendo una superficie total de 200 m^2. Se ha instalado una escalera para acceso de mantenimiento a la cubierta 3.

Fachada

Se ha instalado el sistema FAVE-1 a diferentes niveles y en distintas fachadas mediante plantas trepadoras y macetas. A su vez, el sistema FAVE-2 se ha instalado en parte de la fachada 3 con toldos vegetados en los parasoles verticales y plantas trepadoras en la los parasoles horizontales. Se han instalado un total de 400,5 m^2 de fachada verde.

Relación con indicadores I1.1; I1.2; I1.3; I1.4; I1.5; I2.1; I3.1; I4.1; I4.2; I5.1; I5.2; I6.1; I8.1

Fachada Este



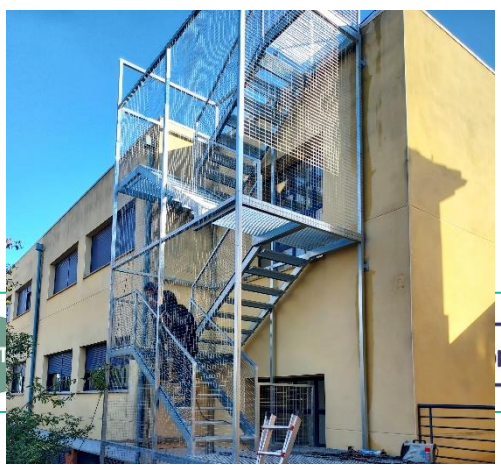
En el nivel -1, se ha instalado en la fachada 1 el sistema FAVE-1 en los parasoles verticales con una superficie total de 19,20 m^2.

En el nivel 0 se ha instalado un total de 138,45 m^2 de fachada verde. En la fachada 2, se ha instalado el sistema FAVE-1 en los parasoles verticales con una superficie total de 42 m^2. En la fachada 1, se ha instalado el sistema FAVE-1 en los parasoles verticales y horizontales con una superficie total de 96,45 m^2.

En el nivel +1, se ha instalado un total de 139,7 m^2. En la fachada 3 se ha instalado el sistema FAVE-1 en los parasoles horizontales y verticales con una superficie total de 116,5 m^2 y el sistema FAVE-2 en los toldos vegetados con una superficie de 23,2 m^2.

En el nivel de planta cubierta se ha instalado en la fachada 3 el sistema FAVE-1 en la subestructura horizontal con una superficie de 48,15 m^2.

Monitorización



Se han instalado sendos sensores (CO_2, T y HR) en las aulas de primaria 2 y 4 y un sensor de T y HR en

el exterior de la fachada. Se ha realizado un reportaje fotográfico de imágenes térmicas de la fachada 1.

Fachada oeste

Se ha instalado el sistema FAVE-1 junto a la nueva escalera de mantenimiento de cubierta, con una superficie de 55 m^2 de fachada verde.

Monitorización

Se ha instalado un sensor de T y HR en el exterior.

Interior

En el nivel 0, en la galería de conexión del edificio viejo con el anexo, se ha instalado un muro verde interior de 18,55 m^2.



Zona exterior

En la zona exterior se han realizado 2 tipos de intervención: pérgolas con plantas trepadoras y macetas (sistema PEVE 1 y 2) y zonas vegetales exteriores con una superficie total de 707,3 m^2 y pavimento permeable (SUVE 1 y 2), con una superficie total de 456,7 m^2.

En el patio de la entrada principal se ha instalado el sistema PEVE-1 con una superficie de 54,8 m^2. En el patio de infantil se ha vegetado una zona exterior de 534 m^2 y se ha instalado el sistema PEVE-2 con una superficie de 118,5 m^2, aumentando las zonas de sombra disponibles.

Relación con indicadores I1.3; I2.1; I3.1; I3.2; I5.2; I6.1; I8.1

En el patio correspondiente a la fachada norte se ha instalado el sistema SUVE-1, un pavimento poroso drenante, cubriendo una superficie de 351 m^2. Perimetralmente, se ha instalado el sistema SUVE-2, unas baldosas drenantes (105,7 m^2).

Relación con indicadores I2.2





SITUACIÓN FINAL INDICADORES

Adaptación y mitigación del cambio climático.

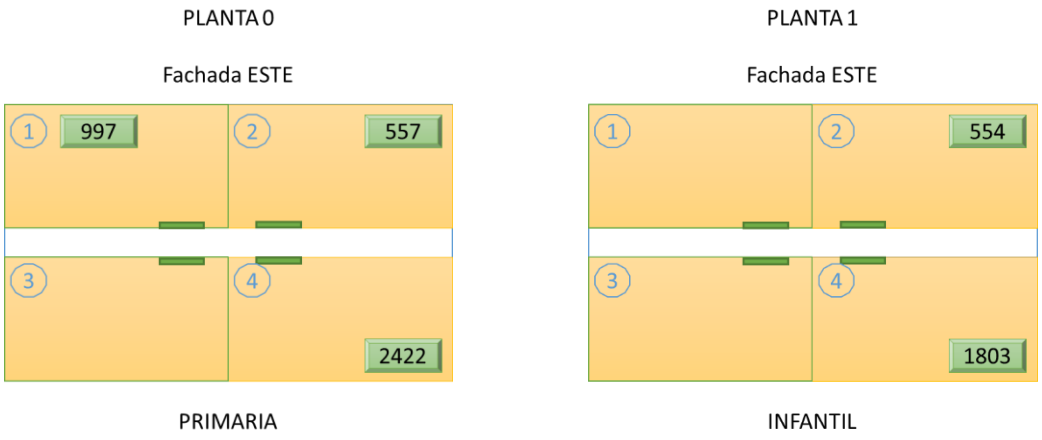
I1.1 Temperatura interior del edificio.

En la tabla siguiente se muestra la situación de los sensores instalados en el CEIP Gabriela Mistral, el aula, la fachada en la que está el aula y el número de alumnos que hay en el aula durante el curso 2020/2021. También se relaciona cada aula con la implantación de NBS que influye en la temperatura interior de la misma.

Tabla 2. Situación de los sensores y ocupación de las aulas en el CEIP Gabriela Mistral.

Sensor	**502**	**554**	**557**	**977**	**1803**	**2422**
Planta	Planta 1 Edificio Viejo	Planta -1 Infantil	Planta Baja	Planta Baja	Planta -1 Infantil	Planta Baja
Fachada	Sur	Este	Este	Este	Oeste	Oeste
Alumnos	12	14	19	Normalmente vacía.	15	18
NBS	-	FAVE-1	FAVE-1 CUVE	FAVE-1 CUVE	-	-

En la planta baja se han situado tres sensores, dos de ellos en aulas con ventanas hacia la fachada este y otro en otra aula con ventanas hacia la fachada oeste.



En la planta primera se han situado dos sensores, uno en un aula con ventanas hacia la fachada este y otro en otra aula con ventanas hacia la fachada oeste. Por otro lado, también se ha instalado un sensor en un aula del edificio antiguo en la fachada sur y otros dos sensores en los exteriores de las fachadas este y oeste.

La evolución de las temperaturas promedio mensuales solamente considerando los días y el horario lectivo muestran la importante variación estacional. La temperatura en el interior de las aulas sigue una evolución similar en todas ellas, pero con ciertas variaciones que hacen que algunas aulas tengan temperaturas más confortables que otras cuando se analizan en detalle. En el estado inicial del edificio se encontró la aulas situadas en la fachada oeste que ya disponían de una barrera vegetal que las sombreaba y además recibirían insolación por la

tarde ya fuera del horario de clases, tenían temperaturas medias inferiores a las aulas del de la fachada este, totalmente expuestas al sol durante toda la mañana.

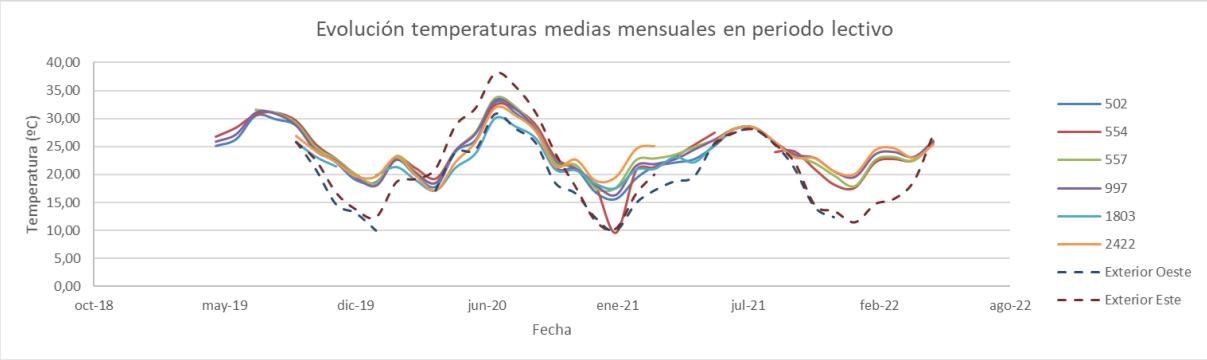


Figura 28. Evolución de las temperaturas medidas mensuales en las distintas aulas en horario lectivo.

Con los registros recogidos hasta el momento se han realizado algunos estudios, pero el grueso de la evaluación de impacto se espera realizar con los dos datos de la época estival del año 2023. En ese momento la vegetación se encontrará en su máximo desarrollo (dentro del periodo de ejecución del proyecto) y se podrá evaluar su impacto de forma más adecuada. Sin embargo, se espera que, en los años siguientes, con el desarrollo completo del sombreamiento por la vegetación en la fachada este del edificio, se alcanzarán los impactos beneficios planteados.

Sin embargo, con los datos recogidos se ha ido realizando estudios interesantes de forma preliminar. Se ha establecido el periodo de apertura nocturna de las ventanas automáticas buscando el enfriamiento del interior del edificio durante la noche.

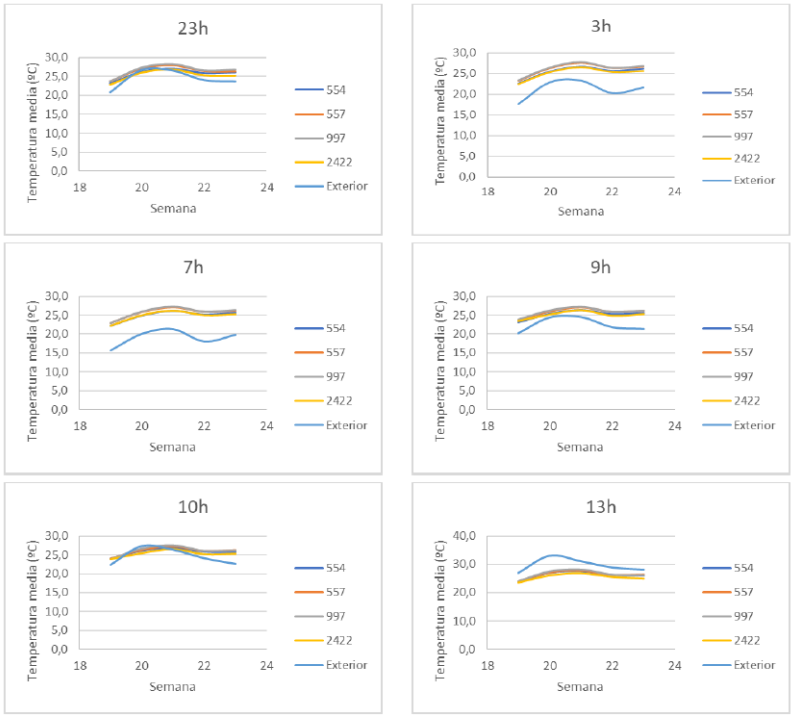
En la figura siguiente se puede ver la evolución de las temperaturas en dos aulas, una orientada al este (con mayor variación y mayores valores máximos durante el periodo lectivo) y otra al oeste. Además, se muestra la evolución de la temperatura exterior. Como se puede apreciar las temperaturas alcanzadas ya en mayo de 2022 en periodo lectivo son excepcionalmente altas superando muchos días los 27ºC y llegando hasta los 31ºC en el interior de las aulas. También se puede apreciar como las mínimas en algunas semanas no bajan de los 25 ºC, lo que supone comenzar la jornada escolar ya con temperaturas muy altas. Analizando las temperaturas exteriores se puede encontrar un periodo adecuado para la apertura de ventanas buscando el enfriamiento del interior del edificio.

Esta programación, realizada con la información registrada en mayo, también puede ser válida para ser empleada en junio, septiembre u octubre, pero su efectividad dependerá fundamentalmente de la meteorología y sobre todo de la aparición de olas de calor asociadas con noches tropicales (temperatura mínima superior a 25ºC). Si estas situaciones se hiciesen demasiado frecuentes habría que evaluar otras medidas para reducir las temperaturas.



Figura 29. Perfil de temperaturas en un aula orientada al este (arriba), al oeste (centro) y en el exterior (este).

En la figura siguiente se muestran las diferencias en las temperaturas entre el interior y el exterior del colegio. Se puede ver cómo la apertura de las ventanas en periodo nocturno puede hacer circular aire a menos temperatura desde el exterior al interior del edificio, refrescándolo parcialmente. Esta acción ya puede ser llevada a cabo. El periodo propuesto es entre las 3:00h y las 9:00h.

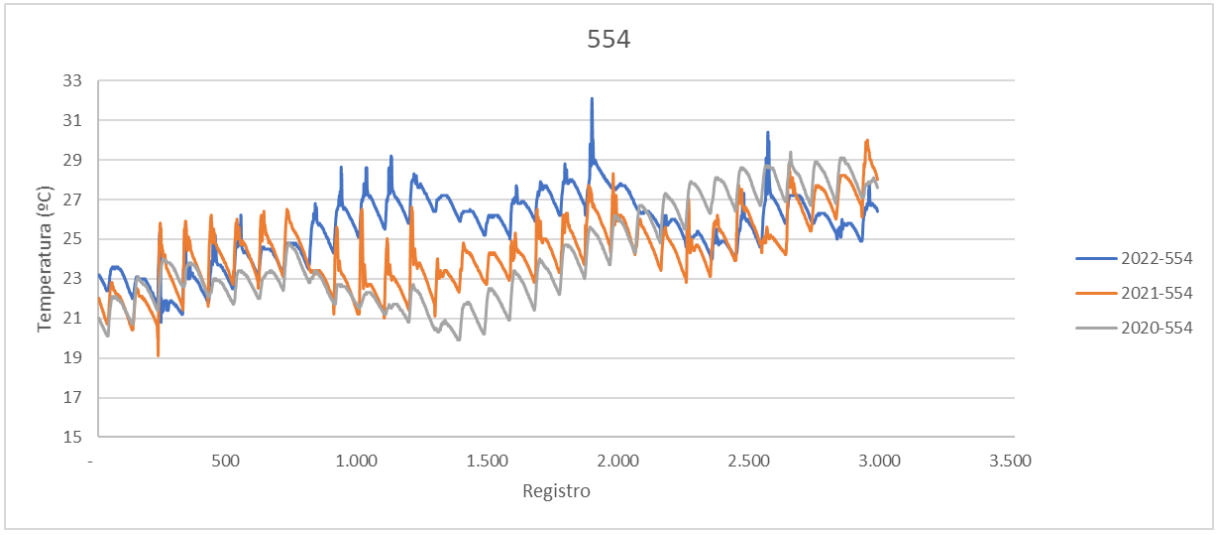


Perfil de las temperaturas medias en las distintas aulas a las horas indicadas.

Entre las 3 a.m. y las 9 a.m. la diferencia de temperaturas hace interesante abrir las ventanas para enfriar el interior del colegio.

Fuera de ese intervalo la temperatura exterior es igual o mayor que la interior. El intervalo se puede ajustar más según avanza el verano.

Por otro lado, se ha comenzado con el estudio del impacto que tiene la instalación de las cubiertas verdes realizado. A modo de introducción, con los datos registrados en mayo, se han comparado los valores de temperatura interior de dos aulas. Una de ellas está en la primera planta y tiene una cubierta verde encima (554) y la otra en la planta baja (557) que en principio no ha sufrido variación.



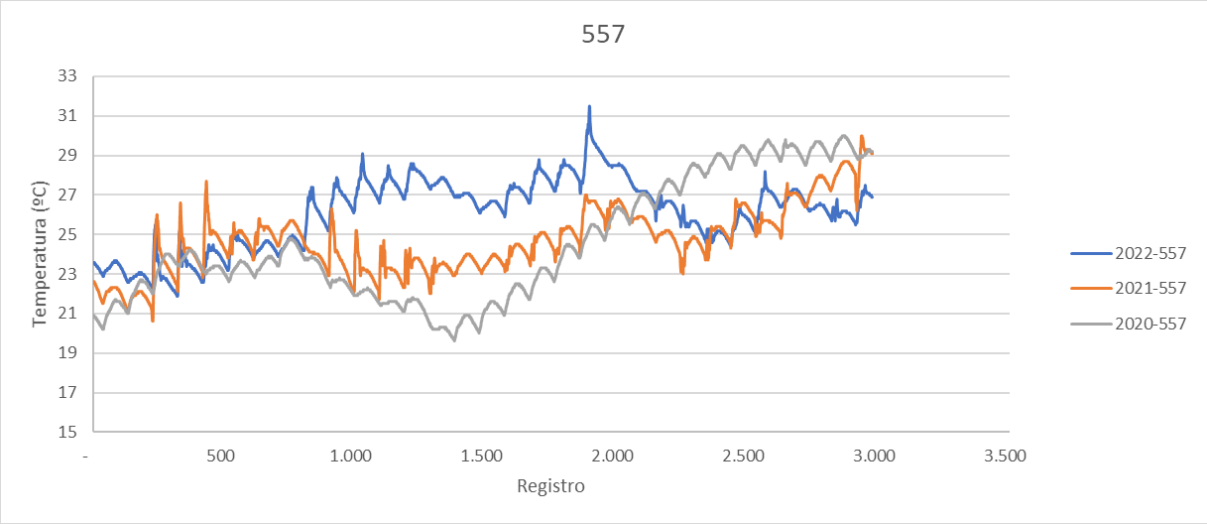


Figura 30. Registros de temperatura en mayor en el aula 554 (primera planta) y en el aula 557 (planta baja).

Tabla 3. Temperaturas medias en mayo para los años 2020, 2021 y 2022 en las aulas 554 y 557.

SENSOR	**554**	**557**
PLANTA	1	0
FACHADA	ESTE	ESTE
2020	24,1	24,5
2021	24,4	24,7
2022	25,6	26,1
Diferencia 22 – Prom.(20-21)	1,3	1,5

Como se puede apreciar en la Figura 30 en el aula las temperaturas de mayo 2022 han sido muy superiores a las temperaturas registradas en los dos años anteriores (valores medios entre 24 y 25ºC. Este mes ha sido anormalmente cálido. Sin embargo, en el aula 554 se han registrado menores diferencias entre mayo de 2022 y los mayos de 2020 y 2021. Son pequeñas diferencias aún, pero se espera que con el desarrollo de la vegetación en los próximos años y sobre todo con el efecto combinado en la protección de las fachadas se puedan alcanzar reducciones considerables.

I1.2 Temperatura de envolvente de edificios

En relación a la temperatura de la envolvente del edificio, se tienen las imágenes térmicas de la situación a la anterior a la implantación de las NBS. Periódicamente también se recogerán las de la situación posterior, aunque se cree que las imágenes empezarán a mostrar los

beneficios de las fachadas especialmente ya en 2023 cuando la vegetación tenga ya un porte visible.

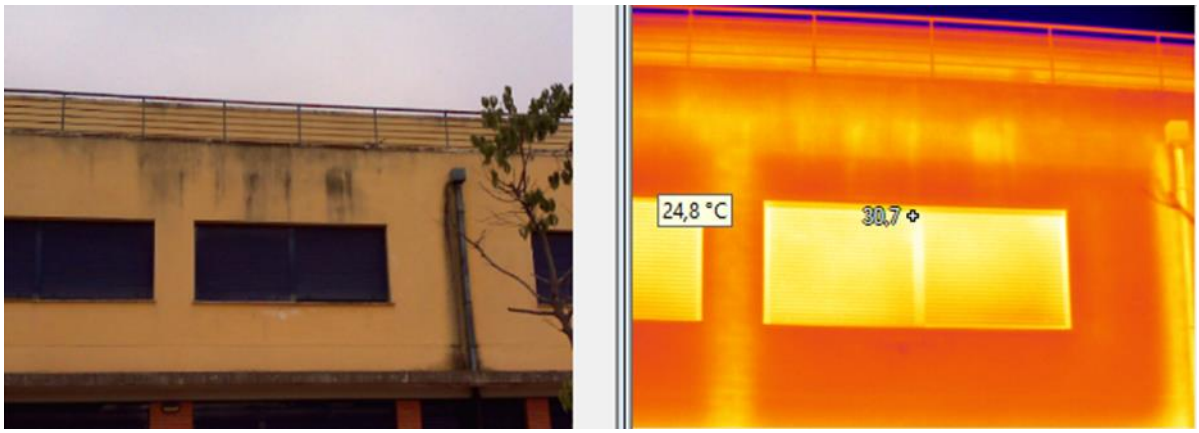


Figura 31. Imágenes visible y térmica de un detalle de la fachada este del CEIP Gabriela Mistral en Solana de los Barros previas a la instalación de las SbN (Badajoz).

En la figura anterior se puede apreciar como la temperatura en las ventanas es superior a la fachada debido al color y al material de las protecciones. El sistema FAVE propuesto sombreará la fachada evitando la entrada de radiación solar por los huecos, incluso con la persiana subida, y así podrán tener luz natural difusa.

Los indicadores I1.3, I1.4 y I1.5 están igualmente en proceso, recogiendo información para configurar el estado de partida del edificio.

Gestión del agua

I2.1 Ahorro en el consumo de agua de riego de zonas verdes de los edificios piloto.

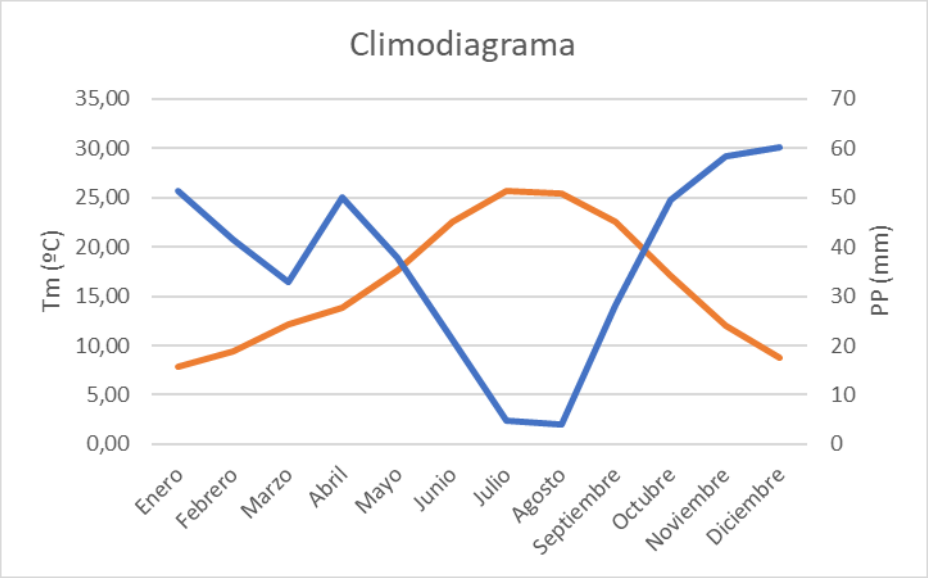
Indicador en proceso.

I2.2 Ahorro en la gestión del agua de lluvia.

El ahorro en la gestión del agua de lluvia se ha estimado de forma indirecta por medio del método de curva. Este método tiene en cuenta el régimen hidrológico, la capacidad de infiltración de distintas superficies, y la cubierta vegetal.

Régimen de temperaturas y pluviometría

A continuación, se presenta el climodiagrama correspondiente a los datos de la estación de Badajoz-Doña Teresa. Como se puede observar, existe un periodo de **sequía** durante los meses de verano, que empieza de forma temprana a **finales de mayo y se extiende hasta septiembre**.



La presencia de riego artificial garantiza la disponibilidad de agua durante la época de sequía. Teniendo en cuenta las especies plantadas en las cubiertas (tipo *Sedum*), se puede asumir que la fenología de esta especie abarca un periodo de **crecimiento vegetativo** durante los meses cálidos (**abril hasta septiembre**), y un **parón de reposo durante los meses fríos**.

Para la estimación de la condición de humedad, se ha partido de los datos meteorológicos proporcionados por la AEMET correspondientes a la estación de Badajoz (identificador 4410X), de septiembre de 2019 a junio de 2022. Para cada día, se han estimado las condiciones de humedad correspondientes a la suma de precipitación de los 5 días anteriores, de acuerdo a la siguiente tabla.

CONDICION	PERIODO VEGETATIVO	PERIODO DE REPOSO
I – Suelo seco por encima del p.m.p	< 13 mm	< 36 mm
II – Suelo con humedad media	13-28 mm	36-53 mm
III – Lluvias fuertes o ligeras y temperaturas bajas durante los 5 días anteriores a la tormenta dada	> 28 mm	> 53 mm

Tabla 4. Condiciones de humedad (basado en Azagra, A. 1996)

Con esta tabla y la consideración del periodo vegetativo se ha calculado la condición de humedad en todo el periodo estudiado. Como se puede observar, la condición de humedad más frecuente es la I, si bien también se dan las otras dos condiciones durante el periodo estudiado.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
I	16	10	21	33	6	4	1		7	17	23	31
II	8	5	3	2							9	4
III	3	3	6		3				1	5	8	8

Tabla 5. Condiciones de humedad del periodo estudiado

Tipos de superficies

Para este apartado se consideran sólo las superficies horizontales intervenidas. Los datos de superficies de actuación se han obtenido a partir del proyecto de ejecución de las obras del colegio de Solana de los Barros.

RESUMEN SUPERFICIES (ver anexo 4.5):

NIVEL -1 COTA -2.87		NIVEL 0 COTA +0.00		NIVEL 1 COTA +3.17		NIVEL PC COTA +6.34		TOTALES	
FACHADAS VEGETALES	19,20	FACHADAS VEGETALES	193,45	FACHADAS VEGETALES	139,70	FACHADAS VEGETALES	48,15	FACHADAS VEGETALES	400,50
SUELOS DRENANTES VEGETALES	451,70							SUELOS DRENANTES VEGETALES	451,70
ZONAS VEGETALES EXTERIORES (*)	709,00							ZONAS VEGETALES EXTERIORES	709,00
CUBIERTAS		CUBIERTAS VEGETALES	87,00	CUBIERTAS VEGETALES	143,00	CUBIERTAS VEGETALES	200,00	CUBIERTAS VEGETALES	430,00
TOTAL	1.179,90	TOTAL	280,45	TOTAL	282,70	TOTAL	248,15		1.991,20

(*) 259,00 m2 mediante zonas vegetales (plantación de jazmin) y pérgolas en el presente Proyecto. El resto hasta **706,30 m2** en zonas exteriores, (450 m2), mediante plantaciones de especies vegetales que realizará el socio coordinador del proyecto LIFE (CSIC) según acción C.2.5. Se estiman 150 uds / 3 colegios del proyecto LIFE= 50 uds de arbolado a plantar en este edificio. Con una superficie estimada de 3x3 = 9 m2 por cada árbol, se obtendrán 50 uds x 9 m2/ud = 450 m2, mediante la actuación del CSIC. Todo ello según el siguiente apartado del PRESUPUESTO del proyecto LIFE:

Tabla 6. Superficies de actuación según proyecto constructivo

De estas zonas de actuación, se consideran que tendrán un impacto significativo en la gestión del agua de lluvia las correspondientes a los **suelos drenantes vegetales (451.70 m^2) y las cubiertas vegetales (430.00 m^2)**.

Antes de las actuaciones, la zona de los suelos drenantes estaba compuesta por una capa de arena superficial sobre suelo compactado, mientras que las cubiertas estaban compuestas por una capa de graba superficial sobre cubierta aislada.

Según la tabla de clasificación de los grupos hidrológicos de suelo mostrada a continuación, estos suelos se pueden clasificar en el **grupo D**, con una capacidad de infiltración lenta o muy lenta. Si bien las superficies consideradas tienen una capa de arena y graba respectivamente, estas capas son finas y yacen sobre un lecho compactado o artificial que impide el paso de agua.

Grupo hidrológico del suelo	Infiltración cuando están muy húmedos	Características	Textura
A	Rápida	Alta capacidad de Infiltración > 76 mm/h	Arenosa Arenosa-limosa
B	Moderada	Capacidad de infiltración 76-38 mm/h	Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa
C	Lenta	Capacidad de infiltración 36-13 mm/h	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa
D	Muy Lenta	Capacidad de infiltración<13 mm/h	Arcillosa

Tabla 7. Clasificación hidrológica de los suelos (SCS, 1964 en Bradbury et al., 2000)

Tras las actuaciones, estos suelos tienen una capacidad mayor de infiltración de agua, pudiendo asumir que la velocidad de infiltración aumenta a un tipo de suelo B o C, si bien se requieren estudios empíricos para cada una de las superficies. Para este modelo se asumirá un cambio a **superficie B**.

Actuación	Superficies (m2)	Tipo geológico Ex - Ante	Tipo geológico Ex - Post
Suelos drenantes vegetales	451.70	D	B
Cubiertas	430.00	D	B
TOTAL	**881.70**		

Tabla 8. Superficies ex-ante y ex-post

En cuanto al tipo de vegetación instalada, partíamos de una situación de suelo desnudo, y pasamos a una vegetación intensiva. En la situación real del colegio, estos suelos se asemejan a caminos en firme y prados permanentes respectivamente según la tabla general para la determinación del número de curva.

TIPO VEGETACIÓN	SUELO A	SUELO B	SUELO C	SUELO D
Caminos en firme	74	84	90	**92**
Prados permanentes	30	**58**	71	78

Tabla 9. Tabla general para la determinación del número de curva para la situación II (adaptado de Azagra, A. 1996)

Por tanto, partimos de una situación de número de curva 92 y tras las actuaciones pasamos a un número de curva de 58. Este cálculo sólo es válido para la situación II de humedad. Los números de curva para las situaciones II y III se calculan en base a las siguientes fórmulas:

$$N_I = \frac{4{,}2 * N_{II}}{10 - 0.058 * N_{II}}$$

TIPO VEGETACIÓN	SUELO A	SUELO B	SUELO C	SUELO D
Caminos en firme	54	69	79	**83**
Prados permanentes	15	**37**	51	60

Tabla 10. Tabla general para la determinación del número de curva para la situación I (adaptado de Azagra, A. 1996)

$$N_{III} = \frac{23 * N_{II}}{10 + 0.13 * N_{II}}$$

TIPO VEGETACIÓN	SUELO A	SUELO B	SUELO C	SUELO D
Caminos en firme	86	91	94	**95**
Prados permanentes	50	**76**	85	89

Tabla 11. Tabla general para la determinación del número de curva para la situación III (adaptado de Azagra, A. 1996)

Teniendo en cuenta todos los factores analizados, se han estimado las infiltraciones

Determinación de la captación

La instalación y puesta en marcha de las NBS marca el inicio y el fin de la monitorización ex - ante y ex - post dentro del periodo estudiado, tal y como se muestra a continuación.

	INICIO	FIN
BASELINE (ex – ante)	2019-09-01	2021-10-31
NBS (ex – post)	2021-11-01	2022-06-01 (actual)

Tabla 12. Periodo de monitorización considerado

Se calcula P_0 como el umbral de escorrentía, es decir, la altura de lluvia a partir de la cual se produce escorrentía superficial (N es el número de curva calculado anteriormente):

$$P_0 = \frac{5080 - 50.8 * N}{N}$$

Calculado este valor, se puede estimar la escorrentía debida al agua de lluvia real caída.

$$E_S = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4 * P_0}$$

La diferencia entre estos dos valores es la captación, es decir, los mm de agua de lluvia caída que pueden ser retenidos por las NBS instaladas. Con estas fórmulas, se ha estimado que teóricamente, la instalación y puesta en marcha de las NBS durante este tiempo ha supuesto la captación de 16.88 mm procedentes del agua de lluvia.

Año	Mes	Captación ex-ante	Captación ex-post	Diferencia
2021	NOV	5,80	6,00	0,20
	DIC	48,17	55,80	7,63
2022	ENE	2,20	2,20	0,00
	FEB	0,60	0,60	0,00
	MAR	80,11	89,00	8,89
	ABR	34,43	34,60	0,17
	MAY	0,00	0,00	0,00
	JUN	0,00	0,00	0,00
Total general		**171,32**	**188,20**	**16,88**

Tabla 13. Volumen de agua captado (mm)

Como puede comprobarse en la siguiente gráfica, la mayor captación se ha producido durante el mes de marzo de 2022.

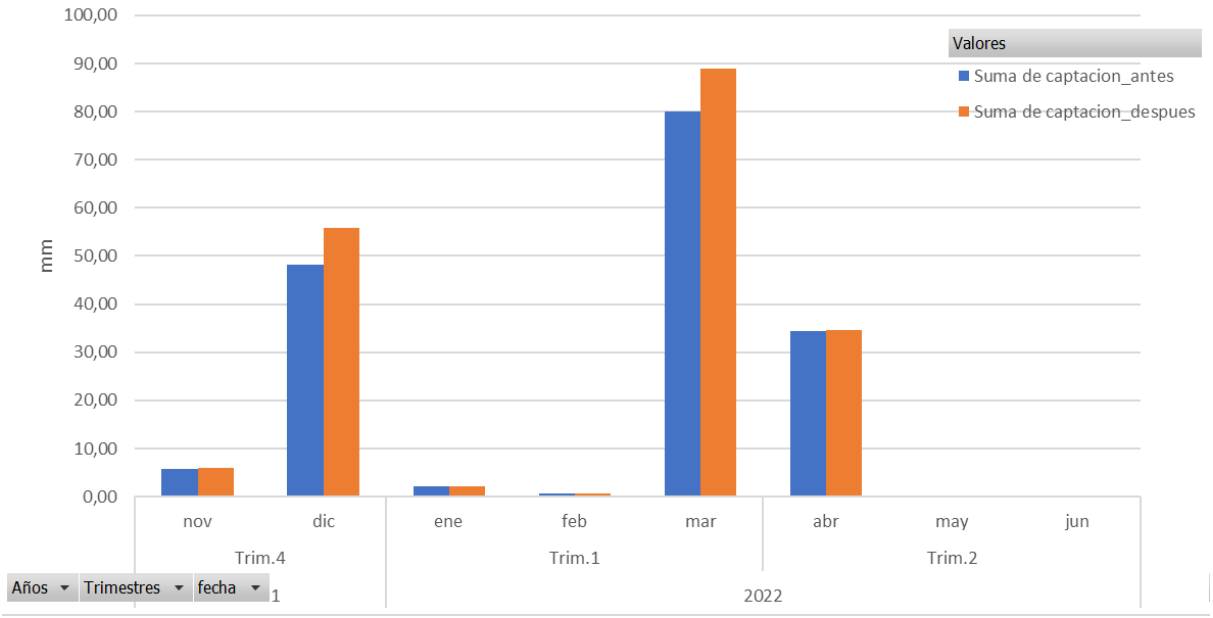
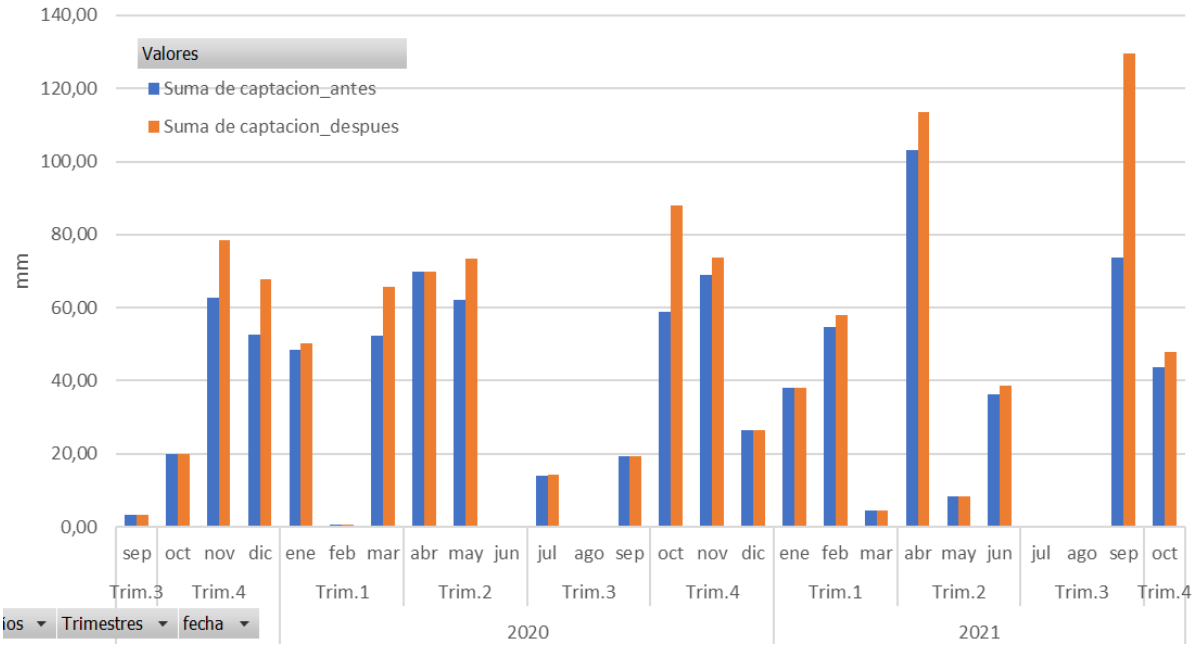


Figura 32. Evolución del Volumen de agua captado (mm) y comparación con la situación actual

Estos datos se actualizarán según vaya avanzando el periodo de monitorización.

Si consideramos un periodo de simulación mayor (situación ex- ante para todo el periodo estudiado), podemos ver el potencial de infiltración de la NBS instaladas.



En los meses de primavera y otoño se espera que se alcancen las mejores tasas de captación.

Gestión de zonas verdes

Estos indicadores se encuentran aún en proceso.

Calidad del aire

I4.1 Concentración de dióxido de carbono en el interior del aula.

El perfil de las concentraciones medias de CO2 en las aulas, que da una idea de la calidad del aire del interior y del nivel de renovación que existe, se ha visto modificado de forma muy importante por efecto del cambio de hábitos después de la pandemia COVID19. Como se puede apreciar claramente en la Figura 33, las concentraciones después de la vuelta del confinamiento se han reducido de forma muy significativa por la aplicación de los protocolos anti-COVID en los colegios. Sin embargo, en los últimos meses parece que se observa una relajación en la aplicación de las medidas en la época invernal.

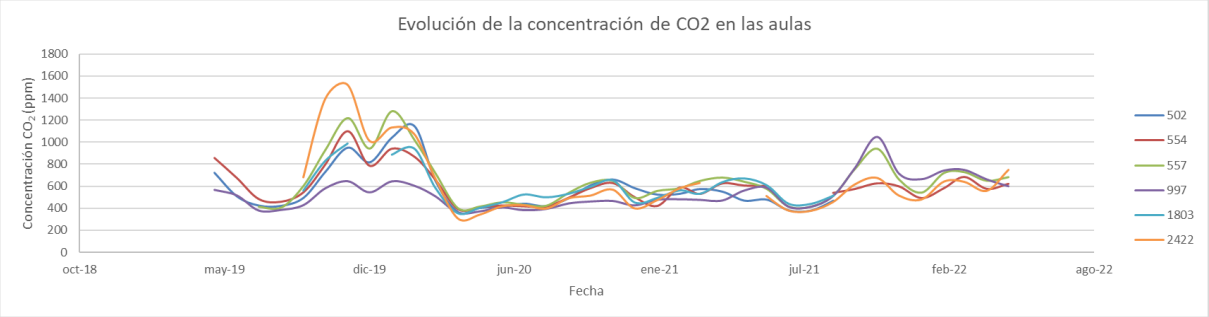


Figura 33. Evolución de las concentraciones mensuales medias de CO_2 en horario lectivo.

Con los datos recogidos se han podido realizar ya estudios sobre el mejor horario de la apertura de ventanas en el horario invernal buscando optimizar los momentos de ventilación para renovación de aire con los de la máxima temperatura exterior. De esta forma se puede buscar mejorar la calidad del aire de la forma más eficiente posible desde el punto de vista energético. Hay que decir, que normalmente para la renovación del aire se requieren tiempos muy inferiores a los requeridos para reducir la carga térmica del edificio, como ocurre en verano por la noche. Para ello, en primer lugar, se analizaron los perfiles de concentración de CO_2 en cada aula. Existen diferencias importantes entre unas aulas y otras por el número de alumnos y por las costumbres de ventilación de las profesoras. En algunas aulas ya se superaban los valores recomendados desde las 9:30h (hora de entrada al colegio 9:00) y en otras tardaban algo más. Otro aspecto significativo era que, en algunas aulas, después de la jornada escolar, los valores no alcanzaban los basales del exterior. Ello quiere decir que no se ventilaba convenientemente después de finalizar las clases.

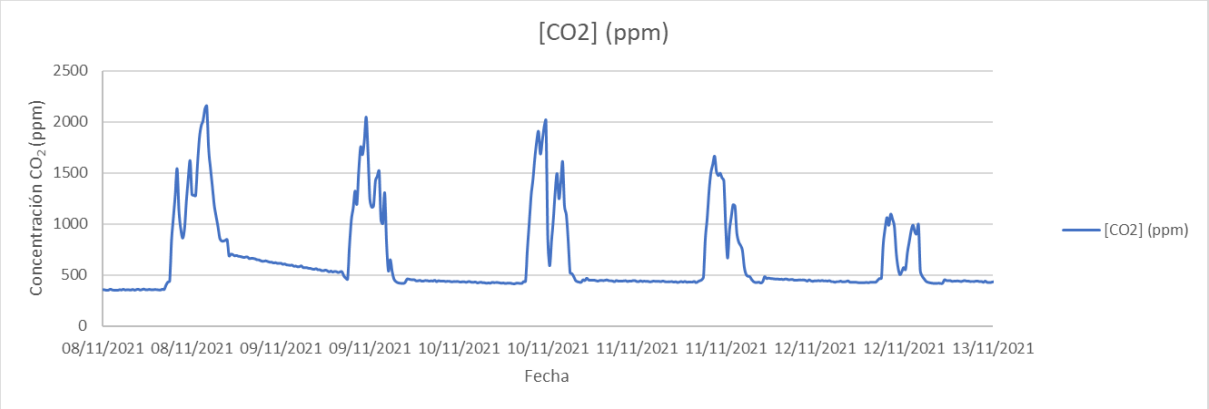


Figura 34. Perfil de concentración de CO_2 del aula con niveles más altos la semana con los promedios más altos.

En paralelo se estudiaron los perfiles de temperaturas en la aulas y en el exterior buscando maximizar el confort térmico y la eficiencia energética. Además, se intentó encontrar un horario que mejorara la calidad del aire en la mayoría de las clases una parte importante del tiempo. Finalmente, el horario seleccionado fue abriendo de 9:30 a 10:00h, de 12:30 a 13:00 y luego de 15:00 a 16:00h combinando este último horario con una instrucción al personal de limpieza para que abrieran las ventanas en la medida de lo posible.

Como resultado, se encontró que los valores promedio y los valores máximos para todas las clases comparando semanas clave en noviembre (antes de la programación de las ventanas) y en diciembre eran menores después de aplicar el nuevo protocolo. De todas formas, la evaluación continua y la valoración final se realizará empleando series temporales más largas. Además, para conseguir optimizar la calidad del aire manteniendo el confort térmico es necesario formar y concienciar al personal docente.

Tabla 14. Concentración de CO_2 promedio en horario lectivo para una semana antes de la modificación de la programación de las ventanas (46) y otra después (49) del año 2021.

	554		557		997		2422	
Semana	**Promedio**	**Máximo**	**Promedio**	**Máximo**	**Promedio**	**Máximo**	**Promedio**	**Máximo**
46	522	895	963	1813	1081	2153	651	1146
51	718	1782	730	1744	824	2305	620	1202

La evaluación de los indicadores I4.2 se encuentra en proceso y se valorarán cuando la implantación de la vegetación sea más visible y pueda tener un impacto adecuado en ello.

Regeneración urbana

I5.1 Medidas de eficiencia energética.

A continuación, se detallan las medidas que se han tomado referentes a mejorar la eficiencia energética del colegio.

- Mejora del aislamiento térmico de la envolvente mediante la instalación de cubiertas verdes (430 m^2).
- Sustitución de 5 unidades de carpinterías exteriores existentes para generar ventilación automática, sustituyendo las hojas de ventana fija por una hoja basculante motorizada. Las nuevas ventanas tienen un factor solar 50 frente al factor 65 de las carpinterías existentes.
- Instalación de sistemas de sombreamiento de la fachada mediante FAVE. Planta -1 incluye sistemas de sombreamiento horizontales y la planta 0 y +1 incluyen sistemas de sombreamiento tanto horizontales como verticales.

El cambio de ventanas y la instalación de sistemas de sombreamiento disminuyen la radiación absorbida por los huecos de la fachada, minimizando la ganancia de calor interior. En algunos casos, estas soluciones se combinan y en otras ocasiones son soluciones aisladas. A continuación, se muestran los diferentes cambios en el factor solar de los huecos debido a las implementaciones.

Tabla 15. Comparativa del Factor Solar de los huecos de fachada

	Factor solar anterior	Factor solar actual	Impacto
Cambio ventana	0,65	0,5	- 23%
FAVE P -1	0,48	0,4	- 16 %
FAVE P -1 + cambio de ventana	0,48	0,29	- 40 %
FAVE P0/P1	0,65	0,30	- 53 %
FAVE P0 / P1 + cambio de ventana	0,65	0,22	- 66 %
FAVE P0*	0,65	0,33	- 50 %

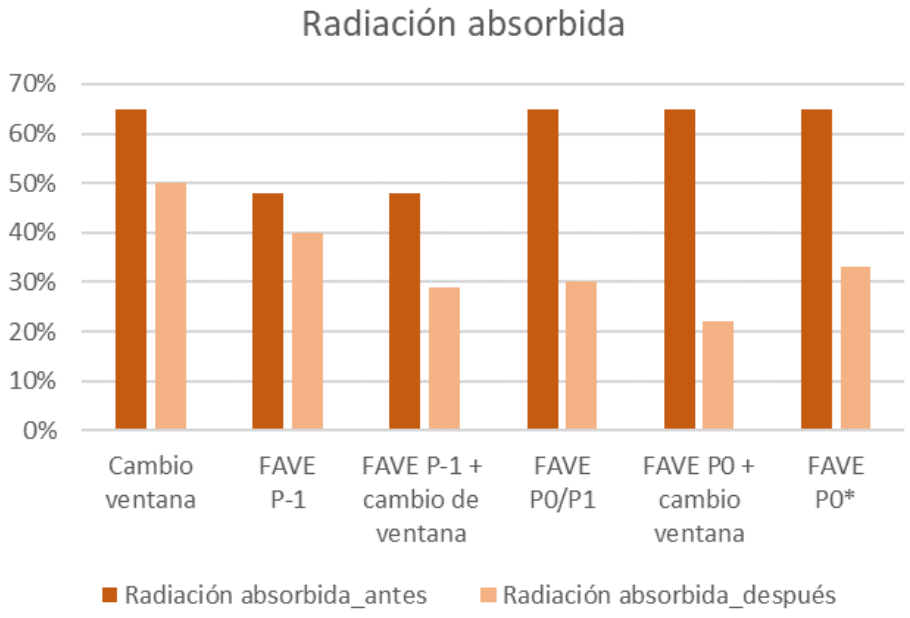


Figura 35. Porcentaje de radiación absorbida por los huecos de la fachada Este antes y después de la intervención

Se observa que se consigue reducir en mayor medida la radiación absorbida cuando se combinan el sistema FAVE y la sustitución de carpintería.

La instalación de cubiertas verdes implica una mejora en la resistencia térmica (m^2K/W) de la cubierta que variará según el sistema de cubierta verde empleado. En el colegio de Solana de los Barros se han empleado 3 tipos de cubiertas. Para calcular la resistencia térmica de la cubierta verde se ha seguido el método simplificado del DA DB-HE / 1 (CTE). El sistema CUVE-1 y CUVE-2 generan una cubierta ventilada, por lo que se desprecia la resistencia térmica de los materiales de la cubierta verde y se añade una resistencia térmica igual a la resistencia superficial interior de la cubierta (DA DB-HE / 1). El sistema CUVE-SUS está formado por una capa de sustrato de 10 cm de espesor que permite mejorar la resistencia térmica final, siendo el sistema mas efectivo para mejorar el aislamiento de la cubierta.

Tabla 16. Resistencia térmica antes y después de la instalación de la cubierta verde

	R inicial (m^2K/W)	**R actual (m^2K/W)**	**Impacto**
CUVE-1	2,22	2,32	+ 5 %
CUVE-2	2,22	2,32	+ 5 %
CUVE-SUS	2,22	3,16	+ 42 %

A continuación, se muestran los consumos de gasóleo para calefacción y de electricidad por superficie antes y después de las actuaciones.

Tabla 17. Recopilación de consumos de gasóleo de calefacción para el CEIP Gabriel Mistral

Gasóleo calefacción - Facturas CEPSA				
	Volumen (L)	Precio	Coste (sin iva)	con IVA 21%
xx-2021				
2022-2023				

Tabla 18. Recopilación de consumos eléctricos en el CEIP Gabriel Mistral

Energía eléctrica - ENDESA					
	Energía (KWh)	Precio (c€)	Coste (sin iva) con impuestos	Coste total (€)	Periodo (días)
xx-2021					
2022 - 2023					

I5.2 Aumento de la superficie verde

Las actuaciones del proyecto han tenido un gran impacto en aumentar las superficies verdes del CEIP Gabriel Mistral. En la tabla siguiente se muestran las superficies verdes implantadas y el total respecto a la situación de la línea base. Actualmente el colegio cuenta con 2577,77 m² de superficie verde, un **145,52%** mas respecto a la situación previa.

Tabla 19. Superficies verdes implementadas

(m^2)	Fachada FAVE	Pérgola PEVE	Cubierta	Zona vegetal	Superficie verde intervención	Superficie verde previa	Superficie verde final	Incremento %
Superficie	400,50	173,3	420	534	1991,2	1049,9	2577,7	145,52 %

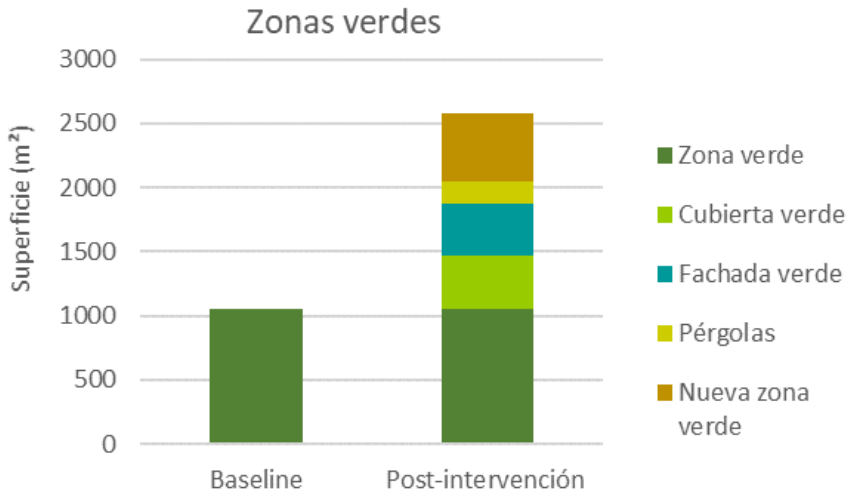


Figura 36. Incremento de las superficies verdes

7. REFERENCIAS

- Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía Código Técnico de la Edificación https://www.cgate.es/hit/Hit2015-1/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf
- Perez G., Perini K. Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability. Butterworth Heinemann. 2018
- Salvo A.E., Rubio A., Páez de la Cadena F., Escámez A., García J.C., Ballester J.F., Sánchez J.M., Valdés M.R. Naturaleza urbanizada. Estudios sobre el verde en la ciudad. Secretario de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Málaga. 1993.
- Vargas-Gómez, O., & Molina-Prieto, L. (2014). Arborizaciones urbanas: estrategia para mitigar el calentamiento global. REVISTA NODO, 8(16), 99 - 108.

8. ANEXO I. DATOS MONITORIZACION