

05-020

TOOL FOR THE DESIGN OF THERMAL CONDITIONING STRATEGIES FOR OUTDOOR SPACES

Montero Gutiérrez, María de la Paz ⁽¹⁾; Guerrero Delgado, María del Carmen ⁽¹⁾; Palomo Amores, Teresa Rocío ⁽¹⁾; Monge Palma, Rafael Antonio ⁽¹⁾; Álvarez Domínguez, Servando ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad de Sevilla

The importance of thermal comfort in urban spaces has been reinforced at the international level, due to the emergence of the heat island effect in the large cities of southern Europe. The objective of developers, urban planners, architects, and engineers is to restore the livability of urban spaces by combating the adverse effects of climate change. These technical staff also need a platform to help them make decisions to establish strategies for the development of these spaces. To this end, within the framework of the European projects Cartuja-Qanat (UIA03-301) and LIFE-Watercool (LIFE18 CCA/ES/001122), a computer tool has been designed to analyze the elements that compose the urban space and propose improvements to make it more livable. The tool has a capable database that catalogues and stores the technical information of various elements: vegetation, natural techniques, coverings and pavements. It can also analyze any area of interest through direct connection with Google Maps, including different calculation engines, which generates a file of results to be interpreted by the user of the tool, shows the comfort index through an intuitive and versatile spatio-temporal representation, and recommends technologies and urban elements to solve the issues identified.

Keywords: design tool; thermal comfort; urban spaces; urban heat island

HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO EN ESPACIOS EXTERIORES

La importancia del confort en los espacios urbanos se ha visto reforzada a nivel internacional, debido a la aparición del efecto de Isla de calor en las grandes ciudades del sur de Europa. El objetivo de planificadores, urbanistas, arquitectos e ingenieros es recuperar la habitabilidad de los espacios urbanos, luchando contra los efectos adversos del cambio climático. Asimismo, este personal técnico necesita una plataforma que ayude en la toma de decisiones para establecer estrategias de acondicionamiento de dichos espacios. Con este fin, en el marco de los proyectos europeos Cartuja-Qanat (UIA03-301) y LIFE-Watercool (LIFE18 CCA/ES/001122), se diseña una herramienta informática que permite analizar los elementos que integran el espacio urbano y propone mejoras para hacerlo más habitable. La herramienta cuenta con una base de datos capaz que cataloga y almacena la información técnica de diversos elementos: vegetación, técnicas naturales, coberturas y pavimentos. Asimismo, también puede analizar cualquier área de interés mediante conexión directa con Google Maps, incluyendo diferentes motores de cálculo, que genera un archivo de resultados a interpretar por el usuario de la herramienta, muestra el índice de confort mediante una representación espacio-temporal intuitiva y versátil, y recomienda tecnologías y elementos urbanos para resolver los problemas detectados.

Palabras clave: herramienta de diseño; confort térmico; espacios urbanos; isla de calor urbana

Agradecimientos: Este estudio ha sido financiado por los proyectos "CONSTANCY - Metodologías de urbanización resiliente y acondicionamiento natural utilizando soluciones imaginativas basadas en la naturaleza y el patrimonio cultural para recuperar la vida en la calle" (Ac



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

En los últimos años se ha producido una reducción del aprovechamiento del espacio urbano por parte de la ciudadanía, debido al fenómeno conocido como Isla de Calor (Marando et al., 2022). Los días más calurosos limitan las opciones de actividades de ocio en las ciudades del sur de Europa (Matthews et al., 2017). Ya son varias las ciudades, como Barcelona o Sevilla, a las que les resulta imprescindible llevar a cabo una reestructuración y adaptación sostenible de los espacios abiertos para crear los denominados “*Refugios Climáticos*”. Estos recintos son espacios naturales y lugares sombreados accesibles a la población urbana. Proporcionan confort térmico, acústico y protección contra las temperaturas extremas y las olas de calor. Además, hacen uso de soluciones innovadoras y técnicas naturales, con el objetivo de crear entornos agradables, atractivos y habitables que garanticen condiciones de confort (Ayuntamiento de Cataluña, 2022; Ayuntamiento de Sevilla, 2022a, 2022b; Diario de Sevilla, 2022; Dzyuban et al., 2021).

A este hecho se le une la necesidad por parte del personal técnico (arquitectos, urbanistas, planificadores, diseñadores, etc.) para hacer uso de herramientas de toma de decisiones que les permitan implementar estrategias para mitigar las altas temperaturas en los espacios urbanos. Para ello, es fundamental analizar los elementos urbanos y sus características, con el fin de asegurar el confort en los espacios exteriores (Coccolo et al., 2016; Dzyuban et al., 2022). En este sentido, se ha diseñado una herramienta intuitiva e innovadora en este ámbito, capaz de proponer soluciones a la problemática urbana. Esta herramienta consta de diferentes módulos que guían al usuario en la definición de una zona de estudio real. Además, se ha desarrollado un motor de cálculo específico capaz de calcular la radiación solar a través del uso de elementos de sombreado y reducir la temperatura del aire ambiente (Coccolo et al., 2016; Fabbri et al., 2020; Meili et al., 2021).

Para llevar a cabo estos análisis, la herramienta emplea un amplio catálogo de componentes urbanos, pertenecientes al proyecto de la Unión Europea denominado “Cartuja QANAT”, ejecutado en la ciudad de Sevilla (UIA03-301) (Ayuntamiento de Sevilla, 2022b; Urban Innovative Actions (UIA), 2022). Dicho catálogo contiene información técnica de coberturas solares, vegetación, pavimentos y fachadas de edificios. Además, los casos de estudio definidos se basan en el proyecto de la Unión Europea denominado “LIFE WATERCOOL” (LIFE18 CCA/ES/001122) (LIFE Watercool, s. f.), el cual se llevó a cabo en la Avenida de la Cruz Roja de la misma ciudad. Estas contribuciones han permitido validar la correcta funcionalidad de la herramienta desarrollada, calculando y analizando el índice de confort térmico.

2. Objetivos

Para lograr el correcto funcionamiento de la herramienta es necesario conocer cómo influyen las dimensiones y los elementos que forman el espacio urbano para la implementación de diferentes soluciones. La temperatura, la radiación solar y la velocidad del viento son variables climáticas de gran interés para el estudio del área; así como la comprensión de las necesidades de la comunidad y los aspectos técnicos y económicos de los elementos urbanos a incorporar. La bibliografía no detalla ni metodologías ni herramientas de cálculo/simulación que unifiquen estos aspectos, quedando en manos de planificadores urbanos y diseñadores la interpretación directa de los resultados y la toma de decisiones finales. Por tanto, el objetivo es desarrollar una herramienta basada en una metodología de toma de decisiones para la planificación urbana que integre los diferentes factores que influyen en la problemática, incluyendo aspectos sociales, culturales, económicos y ambientales., de fácil interpretación por el usuario a la hora de identificar necesidades y soluciones, así como informar sobre la viabilidad financiera (y no sólo técnica) de la implementación de las soluciones propuestas.

3. Metodología

3.1. Funcionalidad de la herramienta y módulos que la componen

Esta herramienta informática permite analizar los elementos que componen un espacio urbano y proponer mejoras para hacerlos más habitables, ayudando a mitigar el calor mediante la planificación de actuaciones. La Figura 1 muestra la barra de tareas del programa, con los módulos que la forman. De una forma fácil e intuitiva se genera un proyecto nuevo. Una vez que este ha sido creado, el usuario tiene a su disposición diferentes módulos de trabajo interconectados entre sí para llevar a cabo un estudio exhaustivo del proyecto.

Figura 1: Barra de tareas de la herramienta



El catálogo de componentes es una extensa base de datos que almacena información sobre los elementos existentes y más característicos de un espacio urbano: vegetación, suelos y pavimentos, pantallas urbanas verticales como fachadas de edificios; y pantallas urbanas horizontales como son coberturas solares. Está basada en los elementos estructurales implementados en el proyecto Cartuja QANAT, un laboratorio urbano con el objetivo de recuperar la vida en la calle en la ciudad de Sevilla (Urban Innovative Actions (UIA), 2022). Tal y como se muestra en la Figura 2, en la base de datos quedan definidos todas las propiedades radiantes y geométricas de los elementos. El usuario tiene la posibilidad de añadir nuevos componentes.

Figura 2: Base de datos de Suelos y Pavimentos con propiedades radiantes y características geométricas

Nombre: Piezas impermeables con vegetación 20%

Descripción: Pavimento discontinuo compuesto por piezas porosas con vegetación

Fracción vegetal: 20,00

Terreno medio:	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Densidad (kg/m3)	Calor específico (J/kgK)	f
Material 1: Piezas de hormigón o plástico 2	0,10	2,300	2000,0	1000,0	56,00
Material 2: Tierra vegetal semillada	0,15	0,520	2050,0	1840,0	
Material 3: Base arenosa 2-5 mm	0,01	3,000	2000,0	0,0	
Material 4: Subbase granular 20-63mm	0,40	2,000	2000,0	1000,0	
Material 5: Geotextil	0,01	0,050	120,0	1300,0	
Material 6: Suelo compactado	0,33	1,100	1885,0	1000,0	
Material 7:					
Material 8:					

Botones: Información, Guardar, Eliminar, Modificar

Los cuatro módulos que se referencian en Definición de datos y zona de estudio (Figura 1) permiten establecer los datos climáticos del día de estudio y los datos operacionales. Los datos operacionales hacen referencia al peso, la altura, la vestimenta y la actividad metabólica que lleva a cabo la persona en la zona de estancia. El módulo de estancias permite que el usuario diseñe la zona mediante el uso de Google Maps. Esta queda representada mediante celdas de dimensiones equitativas y definidas por el usuario, pudiendo incluir todos los elementos de la Base de Datos.

En la Figura 3 se puede observar el funcionamiento de dicho módulo a través de los mapas. Los pavimentos quedan definidos mediante las celdas, pudiendo el usuario asociar a cada celda la tipología y calidad del pavimento según la base de datos. Las superficies triangulares representan las coberturas, los árboles quedan representados mediante círculos y las fachadas de los edificios colindantes mediante una línea en color negro. Todas sus propiedades son seleccionadas por el usuario de forma análoga a los pavimentos.

Por último, el módulo de tecnologías permite la definición completa del proyecto antes de dar paso al motor de cálculo (Figura 4). Basados en el proyecto Cartuja QANAT, se definen las tecnologías que ayudan a acondicionar la zona de estancia para el pretratamiento del aire. Estas tecnologías hacen uso de agua previamente enfriada mediante técnicas naturales y eficientes, como son estanques de disipación o conductos enterrados. La implementación de estas tecnologías asegura que el gasto de energía se vea reducido al máximo, siendo solo utilizada por elementos auxiliares como bombas hidráulicas. El usuario debe especificar los caudales, las eficiencias y el periodo de operación de las técnicas de enfriamiento seleccionadas, las cuales ayudan a conseguir confort térmico.

Figura 3: Módulo de estancias o herramienta de entrada de datos de geometría urbana



Figura 4: Módulo de tecnologías de la herramienta

Con estanque de disipación

1. Aire exterior sin tratar
 2. Aire exterior entrado con barrera evaporativa
 3. Aire procedente de UTA

Caudales

1	Renovación hora aire exterior sin tratar para v=4m/s	15	[ren/h]
2	Renovaciones hora aire exterior pretratado en barrera para 4m/s	5	[ren/h]
3	Renovaciones hora UTA sensible / latente	5	[ren/h]

Eficiencias

4	Eficiencia del tratamiento evaporativo en barrera	0,7
5a	Eficiencia de la batería de preenfriamiento	0,7
6a	Eficiencia de la batería de frío	0,7
7	Eficiencia del enfriamiento evaporativo en UTA	0,7

Temperaturas

5b	Temperatura de alimentación de agua a la batería de preenfriamiento	20	[°C]
6b	Temperatura de alimentación de agua a la batería de frío	22	[°C]

Información Eliminar Aceptar

El programa incluye un motor de cálculo para generar un archivo de resultados de rápida interpretación por el usuario. Estos resultados muestran índices de confort, propiedades radiantes y variables climáticas mediante una representación espacio-temporal intuitiva y versátil. En el mismo fichero de salida se ofrece solución sobre aquellas tecnologías o elementos a considerar en el espacio urbano para solucionar los problemas térmicos y de confort detectados. En la Figura 5 se puede observar cómo se realiza la representación de resultados para una zona de estancia. Las celdas constan de un código de colores en función del valor que tome la variable climática. De igual forma, dicha variable es representada para cada celda, pudiendo analizar cómo evoluciona para las 24 horas del día de estudio.

Figura 5: Fichero de resultados extraídos tras el cálculo de la zona de estudio

VARIABLE Rad.Incidente[W/m2]
HORA 10
HORA SOLAR 7:29
CELDA 6

FIJAR COMO CONDICIONES DE DISEÑO HORA Y CELDA DE DISEÑO

CODIGO DE COLORES:

	Vmin	Vmax
1	75.769	381.53
2	381.53	756.182
3	756.182	767.892
4	767.892	771.004
5	771.004	774.59

OBTENER ARCHIVO RESULTADOS

AÑADIR PESTAÑA

VALORES INSTANTE

Superficie	Nombre	Rad.Incidente[W/m2]
1	Celda_1	772.89
2	Celda_2	772.13
3	Celda_3	770.69
4	Celda_4	769.23
5	Celda_5	769.57
6	Celda_6	769.98
7	Celda_7	771.69
8	Celda_8	773.88
9	Celda_9	772.65
10	Celda_10	769.16
11	Celda_11	764.59
12	Celda_12	762.39
13	Celda_13	761.85
14	Celda_14	765.34
15	Celda_15	768.19
16	Celda_16	771.94
17	Celda_17	592.58
18	Celda_18	552.42
19	Celda_19	545.14
20	Celda_20	540.62
21	Celda_21	753.84
22	Celda_22	757.47
23	Celda_23	765.64
24	Celda_24	770.23
25	Celda_25	96.165
26	Celda_26	125.09
27	Celda_27	81.596
28	Celda_28	75.89
29	Celda_29	769.39
30	Celda_30	754.37
31	Celda_31	762.26
32	Celda_32	770.19
33	Celda_33	95.705
34	Celda_34	90.039
35	Celda_35	116.54
36	Celda_36	75.769
37	Celda_37	749.56
38	Celda_38	754.57

GRÁFICA INSTANTE

Rad.Incidente[W/m2] vs N° celda

VALORES CELDA

Hora solar	Instante	Rad.Incidente[W/m2]
22:29	1	0
23:29	2	0
0:29	3	0
1:29	4	0
2:29	5	0
3:29	6	20.008
4:29	7	234.01
5:29	8	436.74
6:29	9	620
7:29	10	769.58
8:29	11	876.21
9:29	12	931.35
10:29	13	931.65
11:29	14	877.06
12:29	15	771.32
13:29	16	621.66
14:29	17	438.52
15:29	18	235.69
16:29	19	20.421
17:29	20	0
18:29	21	0
19:29	22	0
20:29	23	0
21:29	24	0

ZONA DE ESTANCIA

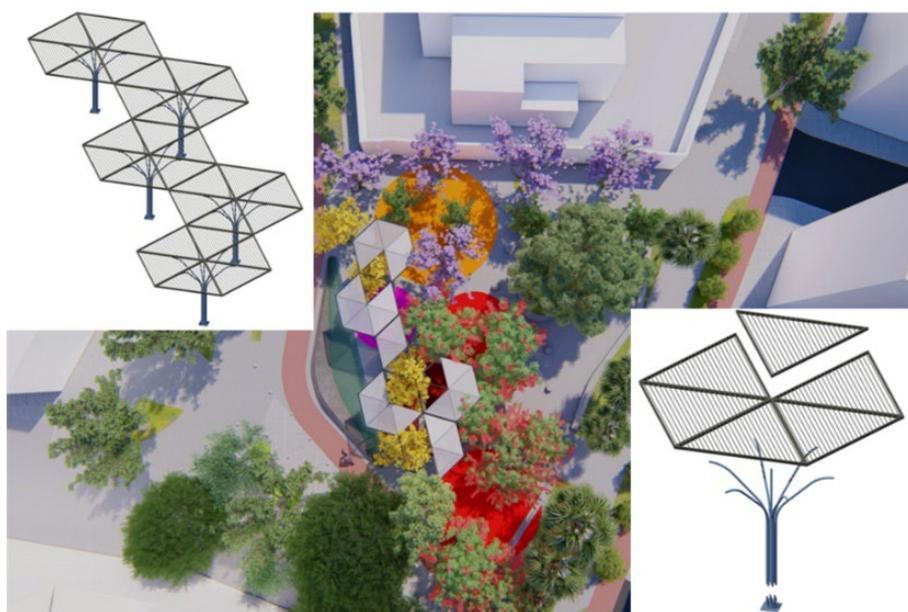
775 773 771 769 770 773 773 776
 389 386 382 381 384 387 370 373
 97 92 86 118 756 360 368 371
 36 30 117 76 750 755 360 370
 36 118 82 18 189 354 362 370
 693 662 646 645 754 387 386 370
 778 769 765 762 762 766 768 372
 774 772 771 769 770 770 372 374

3.2 Casos de estudio definidos

Los casos definidos han permitido diseñar el piloto del proyecto LIFE WATERCOOL (LIFE18 CCA/ES/001122): Concepto sistémico de eficiencia hídrica para la adaptación al cambio climático en zonas urbanas (LIFE Watercool, s. f.). Uno de los principales objetivos del proyecto es la renovación de la plaza situada en la Avenida de la Cruz Roja de la ciudad de Sevilla. Este proyecto tiene previsto la plantación de un mayor número de árboles para crear un espacio verde y habitable durante los periodos estivales.

Con este fin, se han diseñado un conjunto de parasoles hexagonales para garantizar la sombra en el período de tiempo en el que los árboles alcanzan la fase adulta. En la Figura 6, se muestra una representación de la cubierta hexagonal, la cual está formada por triángulos equiláteros. Se desea que cada una de las porciones pueda ser reutilizada en función de las necesidades de sombra del espacio. El proyecto también incluye la instalación de un banco que proporciona aire previamente acondicionado y una fuente que actúa como barrera evaporativa.

Figura 6: Diseño de coberturas hexagonales para la plaza motivo de estudio



Se analiza el correcto funcionamiento de la herramienta mediante el estudio de diferentes casos en la plaza. En cada uno de ellos se estudia la misma superficie útil. En concreto, se trata del espacio en el que se ubicarían las estructuras hexagonales de cubierta, las cuales quedan representada mediante una zona rectangular con celdas de 3 metros de lado. Se desea analizar cómo cambia el índice de confort PET ($^{\circ}\text{C}$) a medida que se añaden coberturas, tecnologías y vegetación para asegurar el confort de los viandantes. Los casos analizados siguen el orden lógico de crecimiento de los árboles. El objetivo principal es demostrar que las condiciones de confort son óptimas mediante la implementación de las coberturas y la vegetación.

- Caso 1: Estado actual de la plaza. La plaza se caracteriza por su escasez de sombra.
- Caso 2: Efecto causado por las coberturas hexagonales.
- Caso 3: Efecto causado por las coberturas hexagonales e introducción de aire preacondicionado.
- Caso 4: Efecto causado por la plantación de árboles.
- Caso 5: Efecto causado por la plantación de árboles e introducción de aire preacondicionado.

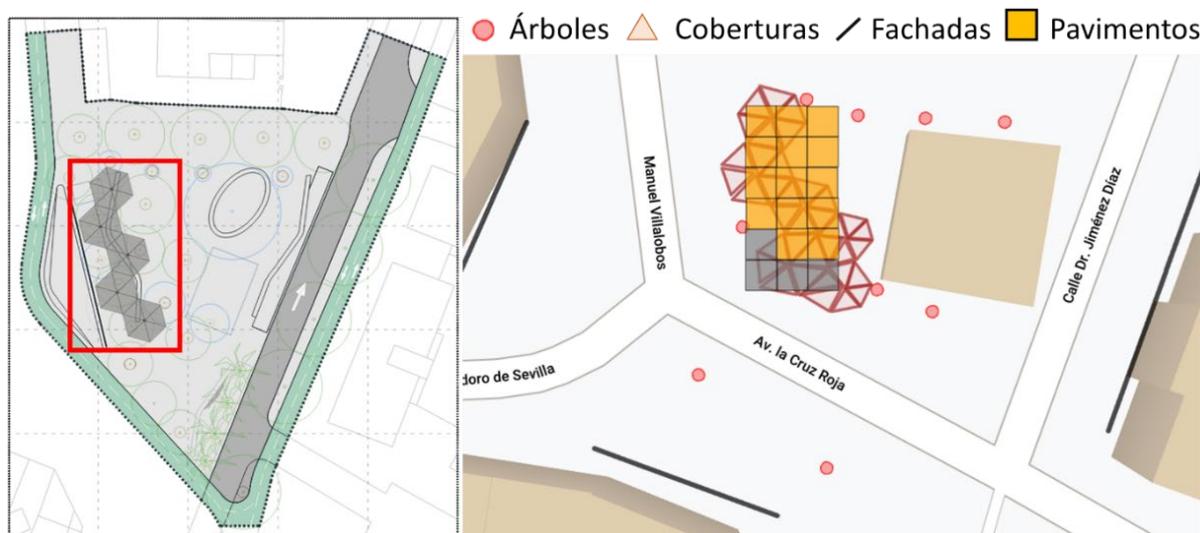
4. Resultados y discusión

La casuística planteada ha sido ensayada en la herramienta de toma de decisiones. En la Figura 7 se muestra la definición de la zona de estancia estudiada en dicha herramienta. Se ha definido una zona de estudio de 18 metros de alto y 69 metros de ancho. Las celdas que componen el pavimento son cuadrangulares con un lado igual a 3 metros. Se ensaya un día tipo con temperaturas altas para la ciudad de Sevilla. Concretamente, el 15 de julio de 2022, cuya radiación solar supera los 800 W/m² y cuya temperatura ambiental, los 40°C.

Tal y como lo dicta el proyecto, la calidad del pavimento aumenta para cada caso, al igual que lo hace el número de árboles y su tipología. Predominan árboles con mayor frondosidad y de hoja perenne. En el caso 4 y 5 se desea evaluar la influencia de la presencia de estos árboles una vez eliminadas las coberturas.

En los casos 3 y 5 se introduce aire pretratado mediante el módulo de tecnologías de la herramienta. Concretamente, se hace uso del estanque de disipación para el tratamiento de dicho aire. Concretamente, se hace uso del estanque de disipación situado en la propia plaza para el tratamiento de dicho aire. El agua enfriada durante la noche por la acción del cielo permite que durante el día se encuentre fría para uso directo por la tecnología. Se ve reducido el gasto de energía por la UTA, permitiendo el pretratamiento del flujo de aire de forma eficiente. En la herramienta se detallan los caudales, eficiencias, temperaturas de flujos y horarios de operación necesarios para el funcionamiento de la UTA. En este caso, el caudal del aire introducido por la UTA es de 5 renovaciones/hora. La eficiencia considerada en todas las tecnologías es del 70% y las temperaturas del agua de trabajo se encuentra en torno a 20°C.

Figura 7: Caso 2 definido en el módulo de estancias de la herramienta de toma de decisiones



Los resultados obtenidos para cada caso se definen en la Tabla 1. El índice de confort PET es seleccionado por proporcionar una evaluación más completa. Este tiene en cuenta varios parámetros, como la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la actividad física y la vestimenta de las personas definida en el módulo climático y operacional de la herramienta. Se representan, por tanto, los valores del índice de confort PET para las horas donde mayor temperatura se alcanzan durante el día y donde existe mayor afluencia de personas.

El caso 2, en el que se encuentran instaladas las coberturas hexagonales, permite reducir un 13% las condiciones opresivas en la plaza. Mientras tanto en el caso 4, con el crecimiento de árboles frondosos, permite reducir dichas condiciones en un 24%. Esto se debe a que la vegetación permite aportar mayor humedad a la zona, bloqueando la radiación solar de forma más efectiva que las coberturas solares.

Se puede observar la influencia del aire pretratado en la estancia, optimizando los niveles de confort mediante la reducción de la temperatura del aire. El aire previamente pretratado proporciona un ambiente más cómodo y fresco en situaciones de estrés térmico, no comprometiendo el consumo de energía en el estado opresivo actual de la plaza. El índice de confort mejora en el caso 3 hasta un 30% con respecto a la situación inicial, así como un 40% en el caso 5. El análisis del caso práctico propuesto ha permitido validar el uso de la herramienta.

Tabla 1: Valores del índice de confort PET (°C) para las horas centrales del día y para cada caso estudiado

Hora	PET(°C)				
	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
12:00	44,40	41,40	31,70	28,58	25,56
14:00	49,20	46,90	34,90	35,35	29,94
16:00	50,40	48,60	38,40	42,35	35,97
18:00	48,90	47,00	37,40	44,64	37,89
20:00	37,80	35,20	28,20	32,98	28,63
Valor medio	35,27	31,00	27,20	28,51	24,95
	✗	✗	✓	✗	✓

5. Conclusiones

Gracias a la herramienta de toma de decisiones, el usuario puede optimizar el diseño ambiental de un espacio concreto mediante una guía conceptual intuitiva y sencilla. También permite dimensionar y cuantificar económicamente todos los elementos urbanos que integran la solución. Gracias a la casuística planteada se obtienen las siguientes conclusiones con el fin de analizar el confort térmico en la plaza estudiada.

- El número de horas de incomodidad se reduce en un 23% cuando se incorpora el sombreado solar adaptativo y en un 30% cuando se tienen en cuenta los árboles completamente desarrollados.
- La introducción de aire preacondicionado aumenta considerablemente el confort de la zona habitable. Los casos 3 y 5 proporcionan una mejora del 12% respecto a los casos 2 y 4, respectivamente.
- Gracias a la solución solar adaptativa y a la tecnología para preacondicionar el aire, es posible reducir el número de horas de incomodidad durante las horas centrales del día.

Devolver la vida a las calles de las ciudades con climas predominantemente cálidos es posible: La combinación de vegetación, parasoles adaptativos y estrategias de preacondicionamiento del aire hacen que la zona urbana sea más habitable. De igual forma, la implementación de esta herramienta permite al personal técnico disponer de soporte a la hora de tomar decisiones sobre la viabilidad de las decisiones planteadas.

6. Referencias

- Ayuntamiento de Cataluña. (2022). *Red de refugios climáticos. Barcelona por el Clima: Ecología, Urbanismo, Infraestructuras y Movilidad*.
- Ayuntamiento de Sevilla. (2022a, junio 21). *El Ayuntamiento avanza en la lucha contra el cambio climático con iniciativas pioneras para la adaptación de la ciudad a las olas de calor y con un proyecto piloto que convierte a Sevilla en el primer laboratorio urbano del mundo para anticiparse a estos episodios y afrontar sus efectos*.
- Ayuntamiento de Sevilla. (2022b, octubre 24). *El Ayuntamiento inaugura Cartuja Qanat, un proyecto de transformación urbana basado en tecnologías bioclimáticas innovadoras con un modelo que se enmarca en la estrategia municipal de lucha contra el cambio climático y que aspira a ser replicado en otros puntos de la ciudad*.
- Coccolo, S., Kämpf, J., Scartezzini, J.-L., & Pearlmutter, D. (2016). Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards. *Urban Climate*, 18, 33-57. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.08.004>
- Diario de Sevilla. (2022, noviembre 11). *Tussam estudia un plan de sombras en las paradas de hospitales y colegios*.
- Dzyuban, Y., Ching, G. N. Y., Yik, S. K., Tan, A. J., Banerjee, S., Crank, P. J., & Chow, W. T. L. (2022). Outdoor thermal comfort research in transient conditions: A narrative literature review. *Landscape and Urban Planning*, 226, 104496. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104496>
- Dzyuban, Y., Hondula, D. M., Coseo, P. J., & Redman, C. L. (2021). Public transit infrastructure and heat perceptions in hot and dry climates. *International Journal of Biometeorology*, 66-345. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02074-4/Published>
- Fabrizi, K., Ugolini, A., Iacovella, A., & Bianchi, A. P. (2020). The effect of vegetation in outdoor thermal comfort in archaeological area in urban context. *Building and Environment*, 175, 106816. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106816>
- LIFE Watercool, U. E. (s. f.). *LIFE18 CCA/ES/001122 Concepto sistémico eficiente del agua para la adaptación al cambio climático en zonas urbanas*. lifewatercool.com.
- Marando, F., Heris, M. P., Zulian, G., Udías, A., Mentaschi, L., Chrysoulakis, N., Parastatidis, D., & Maes, J. (2022). Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103564. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564>
- Matthews, T. K. R., Wilby, R. L., & Murphy, C. (2017). Communicating the deadly consequences of global warming for human heat stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(15), 3861-3866. <https://doi.org/10.1073/pnas.1617526114>
- Meili, N., Acero, J. A., Peleg, N., Manoli, G., Burlando, P., & Fatichi, S. (2021). Vegetation cover and plant-trait effects on outdoor thermal comfort in a tropical city. *Building and Environment*, 195, 107733. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107733>
- Urban Innovative Actions (UIA). (2022). *CartujaQanat - Recovering the street life in a climate changing world*. <https://uia-initiative.eu/en/uia-cities/sevilla>.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

