

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

UIA CartujaQanat

Recuperación de la vida en la calle en un mundo climatológicamente cambiante. Soluciones de hormigón.



TÍTULO

Autor Principal: José Antonio Tenorio Ríos. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. CSIC

Otros autores: Ana Marcos Castro (IETcc.CSIC), Francisco Toral Ulloa (IETcc.CSIC), Teresa Carrascal García (IETcc.CSIC), María del Carmen Guerrero Delgado (US), José Sánchez Ramos (US) y Servando Álvarez Domínguez (US)

IETcc.CSIC.- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. CSIC

US.- Grupo de Termotecnia, Escuela de Ingenieros Universidad de Sevilla

ÍNDICE

1. Título
2. Palabras Clave
3. Resumen
4. Introducción
5. Metodología
6. Resultados
7. Discusión
8. Conclusiones
9. Bibliografía

1. TÍTULO

UIA CartujaQanat. Recuperación de la vida en la calle en un mundo climatológicamente cambiante. Soluciones de hormigón.

2. PALABRAS CLAVE

Regeneración urbana, Isla de calor urbana, Enfriamiento evaporativo, Celosía bioclimática, Pavimento drenante, Hormigón.

3. RESUMEN

A medida que avanza el tiempo y el mundo evoluciona se hace necesario repensar las ciudades y la interacción de sus habitantes con los espacios urbanos. En base a esta idea nace el proyecto CartujaQanat, que busca proporcionar soluciones actualizadas frente a las necesidades actuales y futuras del entorno urbano, combinando el conocimiento obtenido de la experiencia y la tradición junto con la innovación y la investigación. Las ciudades tienen la responsabilidad de contribuir a un mejor entorno para sus habitantes a la vez que se minimiza el consumo de recursos empleados en dicho cometido. Para ello es interesante la incorporación de técnicas pasivas y soluciones bioclimáticas adaptadas a sus climas correspondientes, gracias a los significativos beneficios que éstas tienen en la salud y el bienestar de las personas. En esta línea, CartujaQanat trata de crear, en un clima cálido y seco como el de Sevilla, espacios abiertos semiconfinados que proporcionen un entorno confortable con los mínimos impactos negativos. El agua se introduce en el proyecto como fluido caloportador en sistemas abiertos y cerrados para permitir la climatización de espacios semi-extteriores a través de estrategias diversas. Uno de los elementos clave del proyecto son las barreras físicas en forma de celosías bioclimáticas. Éstas, además de servir como protección solar, permiten la ventilación natural y proporcionan un cierto nivel de confinamiento y embalsamiento del aire en el interior. Se implementan también en el proyecto pavimentos drenantes que, gracias a su permeabilidad, permiten el flujo de agua y vapor de aire a través de su superficie. Estos elementos verticales y horizontales se ven complementados con las capacidades higrótérmicas del agua, aprovechando sus características de transferencia de energía a nivel sensible, en forma de elementos activados térmicamente, así como latente, mediante sistemas de enfriamiento evaporativo directo e indirecto. Estos procesos se estudian a nivel tanto teórico como experimental y de monitorización in-situ, lo que hace que Cartuja Qanat pueda servir de experiencia piloto en el desarrollo análogo de nuevos espacios urbanos.

4. INTRODUCCIÓN

El aumento de temperatura a nivel global, así como el efecto de isla de calor urbana, tienen un fuerte impacto en las ciudades. Esto se debe en parte a la presencia casi total de superficies artificiales, que acumulan calor durante el día sin ser capaces de disiparlo por la noche. Durante los meses cálidos este recalentamiento se potencia día tras día, llegando a alcanzarse varios grados de diferencia entre la zona céntrica de la ciudad y los alrededores. Se hace, por tanto, imprescindible promover actuaciones encaminadas a mejorar la habitabilidad de los espacios urbanos.

El proyecto CartujaQanat propone un nuevo modelo de gobernanza urbana para la ciudad de Sevilla, tratando de recuperar la vida en las calles. Los espacios urbanos se plantean como dinamizadores sociales, para lo cual es necesario involucrar a los propios ciudadanos, así como a agentes públicos y privados.

La intervención del proyecto se ubica en la Isla de la Cartuja, situada junto al río Guadalquivir, en unas de las zonas urbanizadas para la Exposición Universal de 1992. Se trata de un espacio que ha tenido un desarrollo desigual con el tiempo. Mientras que algunas zonas se han aprovechado, otras permanecen intactas y abandonadas. Uno de los varios usos que se ha establecido en la zona es el educativo, a través de instituciones como el Parque Científico y Tecnológico Cartuja o la Universidad de Sevilla, la cual está involucrada en el proyecto CartujaQanat.

Los espacios que no han sido modificados desde la Exposición han sufrido las consecuencias del paso del tiempo, por lo que son una oportunidad para actuaciones de regeneración urbana como la planteada en este proyecto. CartujaQanat propone revitalizar la zona con un carácter fuertemente instructivo una vez finalizado, tratando de animar a los ciudadanos a exigir espacios análogos cuyas características respondan a las necesidades de confort y beneficios sociales.

Dentro del proyecto hay dos elementos principales: el anfiteatro, el Zoco y unos espacios anexos complementarios: Isla atemperada y Showroom. Cada uno tiene una naturaleza distinta a la vez que están interrelacionados. En los laterales del Zoco está El Qanat que es un canal enterrado por el que circula agua que se emplea para contribuir a la climatización de los espacios mediante el enfriamiento del aire, de forma sostenible. Tanto el anfiteatro como el zoco son espacios semi-exteiores cubiertos, pero sin estanqueidad en el cerramiento. Por un lado, el anfiteatro es una construcción ya existente consistente en un graderío semicircular cubierto por una estructura ligera con telas y rodeado por un muro y abundante vegetación. En este caso, la intervención consiste en una rehabilitación de este espacio, aprovechando sus elementos. Por el contrario, el zoco consiste en un espacio de nueva planta que incorpora conceptos bioclimáticos en su diseño y construcción. Estos espacios estarán al servicio de los ciudadanos, permitiendo desarrollar en ellos actividades diversas bajo unas condiciones de confort muy superiores a las del ambiente exterior.

En paralelo se genera un espacio añadido de demostración, para mostrar otras tecnologías desarrolladas durante el proyecto, y complementario llamado isla atemperada. En este espacio se situarán gran parte de las tecnologías que se recogen en esta comunicación y que tienen como objetivo hacer más vivibles los espacios abiertos. Por otra parte un espacio showroom para la exposición de diversas tecnologías innovadoras.

La 'isla atemperada', figura 1, cuyo funcionamiento está pensado principalmente para combatir el efecto de isla de calor urbana durante los meses más cálidos del año. Se compone de una serie de elementos de carácter bioclimático cuya finalidad es lograr un microclima agradable para los ciudadanos. Entre las estrategias utilizadas se encuentran el sombreado, el enfriamiento evaporativo y el confinamiento de aire. Estas técnicas se traducen en una serie de superficies frías tanto horizontales como verticales diseñadas en combinación con agua a modo de fluido caloportador.

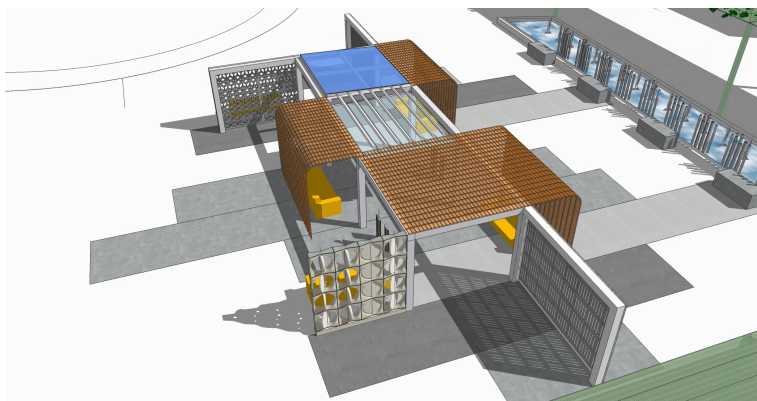


Figura 1. Modelo 3D construcción de la zona isla atemperada. Primeros diseños

Cartuja Qanat es un proyecto ambicioso cuyo foco se pone en los ciudadanos y sus necesidades para desarrollar áreas urbanas adaptadas al cambio climático mediante técnicas bioclimáticas, aunando la experiencia de la tradición con los avances de la innovación y la investigación. En la presente comunicación se incluyen avances relativos a la incorporación de técnicas de enfriamiento en los elementos de hormigón del proyecto, tanto pavimentos como barreras verticales tipo celosías. Los pavimentos drenantes son una solución activa de "cold materials" para generar superficies frías horizontales. En su caso las barreras verticales, en forma de celosías, son una solución "sheltering" porosa para generar confinamiento en los volúmenes de aire que se pretende acondicionar. Asimismo, estas soluciones servirán para el enfriamiento del aire mediante evaporación.

5. METODOLOGÍA

Las técnicas bioclimáticas no son nuevas, llevan décadas aplicándose. Sin embargo, más reciente es su incorporación a los espacios exteriores, ya que en general se han aplicado a espacios interiores donde los condicionantes son más fáciles de controlar. Hay ejemplos de propuestas de mitigación de las inclemencias del clima en espacios urbanos, siendo la Isla de la Cartuja un gran referente.

El clima de la ciudad de Sevilla se caracteriza por ser mediterráneo a grandes rasgos, con una fuerte influencia del Océano Atlántico. Esto da lugar a veranos cálidos y secos e inviernos templados y lluviosos. Durante los meses de julio y agosto la temperatura máxima media alcanza los 35 grados Celsius [1]. El viento sopla predominantemente del Suroeste, siguiendo el Valle del Guadalquivir desde el Océano Atlántico.

Durante la Exposición de 1992 se diseñaron e implementaron diversos sistemas y prototipos cuyo objetivo era reducir en lo posible el sobrecalentamiento producido durante el cálido

verano de Sevilla. Estas soluciones aprovechaban técnicas como la vegetación, el sombreado, el enfriamiento evaporativo o la inercia térmica con la intención de necesitar el mínimo consumo de recursos. A través de estas medidas el espacio urbano se hace más habitable para los ciudadanos, permitiendo que se adueñen de él y lo hagan partícipe de sus actividades exteriores.

Siguiendo una línea similar de menor escala, Cartuja Qanat centra su actuación en una de las manzanas de la isla, situada en su zona septentrional. Se trata de una parcela rectangular con su eje mayor orientado Oeste Noroeste – Este Sureste. Los elementos constructivos ya existentes se limitan a un pabellón pequeño de planta circular consistente en un graderío semicircular y una cubierta ligera, un canal de agua elevado varios metros de altura sobre soportes y una serie de pérgolas perimetrales acompañadas de vegetación.

Sobre esta base se diseñan los elementos anteriormente mencionados: el anfiteatro, el zoco y los espacios anexos. Los primeros son sistemas complejos en los que el la utilización de agua como fluido térmico y de almacenamiento y en cielo como sumidero tienen un papel fundamental. El Qanat sirve de elemento central del sistema bioclimático como elemento de almacenamiento y transmisión. Para el anfiteatro se aprovecha la estructura existente, aplicando modificaciones que mejorarán su habitabilidad. El zoco se construye desde cero, incluyendo en su diseño las estrategias necesarias para alcanzar en su interior un nivel de confort adecuado. Ambos ambientes son semi-exteriores, por lo que no contarán con un cerramiento hermético.

Los elementos verticales se caracterizan como celosías evaporativas que funcionan bien por exudación de agua canalizada por su interior o bien por irrigación superficial. Las superficies horizontales consisten en pavimentos drenantes a través de los cuales puede penetrar el agua. Complementariamente, se incorpora también mobiliario urbano refrescante cuya sensación térmica favorecerá el uso del espacio por parte de los ciudadanos.

El agua empleada para las distintas estrategias se calienta durante el día, por lo que es sometida a un proceso de enfriamiento nocturno. De esta manera, el sistema puede trabajar en ciclos diarios sin necesidad de aporte energético externo para su correcto funcionamiento.

Como elemento de confinamiento y para reducir el sobrecalentamiento de la intervención se dispone una celosía, figura 2, en la zona suroeste del ámbito de actuación que hace de pantalla frente al viento predominante, cuya componente principal procede de esta orientación. La geometría de esta celosía se estudia según distintos parámetros de estética y funcionalidad hasta alcanzar un diseño amable con el entorno que responda a las necesidades del proyecto.



Figura 2. Vista lateral de la celosías

Los pavimentos se incorporan en gran parte de la zona, dado que las superficies son el principal factor a tener en cuenta por su importante contribución a la isla de calor urbana. El efecto del agua hace que estas superficies se refresquen y generen un espacio más habitable y confortable.

Entre estas estrategias en estos espacios destacan fundamentalmente dos: el sombreado y el confinamiento del aire. Respecto a la primera, la necesidad de sombrear es básica cuando se trata de climas cálidos en los que la incidencia solar supone un problema importante. De esta manera se evita el sobrecalentamiento de las superficies y los espacios, minimizando las ganancias energéticas por radiación.

En lo referente al aire, es muy complejo controlar el confort en espacios abiertos o semi-abiertos ya que es preciso tener en cuenta la renovación producida por el constante flujo de aire en la atmósfera. En la isla atemperada a diferencia con el resto de espacios no se pretende llegar a un nivel de confort continuo por un alcanzar niveles térmicos aceptables sino mitigar el efecto del calor extremo mediante el atemperamiento del aire y mejorar la sensación térmica mediante la proximidad a superficies refrescadas con la ayuda también de los elementos evaporativos.

Como se ha dicho, las soluciones de celosía son barrera perforadas cuya función principal es la de proteger de la radiación solar a la vez que permite la ventilación natural por el efecto Venturi [2]. El control sobre el diseño de la geometría hace que pueda tener gran flexibilidad, pudiendo adaptarse a diferentes climas y orientaciones. La celosía ha estado presente históricamente en culturas ubicadas en climas cálidos y secos como la mediterránea, donde aparece frecuentemente en la arquitectura tradicional.

Para aumentar la efectividad de la celosía se propone combinarla con el efecto de enfriamiento evaporativo. El agua es el fluido por naturaleza más abundante, tiene una elevada capacidad de acumulación de energía [3], su comportamiento hace referencia a la transmisión de calor tanto sensible como latente, y tiene gran disponibilidad según la ubicación. Además de la capacidad evaporativa cuando esta agua entra en contacto con un ambiente en el que el aire está a una temperatura superior, la temperatura se reduce a medida que el agua absorbe calor. Sin embargo, el agua no puede absorber energía indefinidamente, es preciso enfriarla para poder mantener su funcionamiento. Surgen así los ciclos diarios que se proponen en el proyecto, en los que el agua se calienta por el día y se enfría por la noche. Para favorecer este efecto el agua se expone al cielo nocturno, aprovechando el enfriamiento radiante [4] y la depresión de temperatura que se produce durante estas horas.

El sistema evaporativo se estudia a nivel tanto teórico como experimental. En primer lugar, se busca el tamaño óptimo de las gotas pulverizadas a través de programas informáticos, teniendo en cuenta la relación entre el nivel de evaporación y la efectividad de enfriamiento. Cuanto más pequeñas son las gotas, más superficie se consigue exponer y más se enfría el agua, pero a su vez más fácil es que el fluido se evapore, aumentando el consumo de agua.

Con estas directrices se diseñan los experimentos en los que se pondrá en práctica lo aprendido y se evaluará la eficiencia real del sistema para comprobar su adecuación a las necesidades del proyecto.

Para caracterizar el comportamiento de las distintas tecnologías se sigue la siguiente secuencia: Propuesta de métodos y modelos de simulación numérica del comportamiento, realización de ensayos a pequeña escala de validación y realización de ensayos en piloto.

El modelo de comportamiento se basa en el estudio de la física de cada sistema y requiere una validación exhaustiva y rigurosa. El rendimiento del modelo se evalúa con respecto a la eficiencia y la precisión. La validación incluye evaluar las variables que intervienen como son por ejemplo la temperatura del aire y los patrones de flujo. Además, el entorno térmico en los espacios se conoce como un campo no uniforme y dinámico; es decir, se deben considerar tanto las desviaciones espaciales como las temporales. Cuando se integra el elemento se integra en el entorno y deben definirse indicadores de evaluación del error de simulación.

El método de validación del modelo consiste en predecir con un margen de error limitado los datos obtenidos en los ensayos a pequeña escala. Las mediciones in situ pueden reflejar directamente el entorno realista bajo los efectos combinados de múltiples factores complejos. Los puntos de medición de la temperatura a seleccionar se deben distribuir por todo el espacio.

La modelización del flujo de aire puede proporcionar datos para su validación cruzada con el modelo zonal. El CFD puede devolver resultados de simulación ricos y detallados resolviendo un conjunto de ecuaciones diferenciales parciales para la conservación de la masa, la energía, el momento (ecuaciones N-S), etc. Debido a que una gran parte de la región de bajo número de Reynolds existe en grandes espacios, el modelo RNG K- ω es el más utilizado, y el modelo SST K- ω ha logrado la precisión óptima en muchos estudios [5]. Además, la estratificación térmica estable suprime el movimiento del aire, mientras que un campo de flujo de aire inestable puede intensificar la turbulencia. Por lo tanto, Murakami y otros [6] desarrollaron los modelos Murakami-Kato-Chikamoto (MKC) y Murakami-Kato-Chikamoto-Ohira (MKCO) basados en el modelo estándar K- ϵ para considerar el efecto de la flotabilidad en el movimiento del flujo de aire en el campo de flujo estratificado. Sin embargo, el CFD sufre notoriamente de altos costos computacionales y de una significativa definición del problema tanto en la preparación como en la simulación.

En otros estudios se ha demostrado que la simulación por zonas es más efectiva en tiempo de simulación que la simulación CFD tradicional, siendo la simulación zonal 10 veces más rápida, y en consecuencia, la relación de tiempo de cálculo, es aproximadamente 1500 [5].

6. RESULTADOS

Las soluciones de celosía son elementos, que tienen flexibilidad de diseño para adaptarse a cada una de las orientaciones de los espacios en cada proyecto según las necesidades. Para el proyecto se han estudiado diferentes propuestas. Figuras 3 y 4.

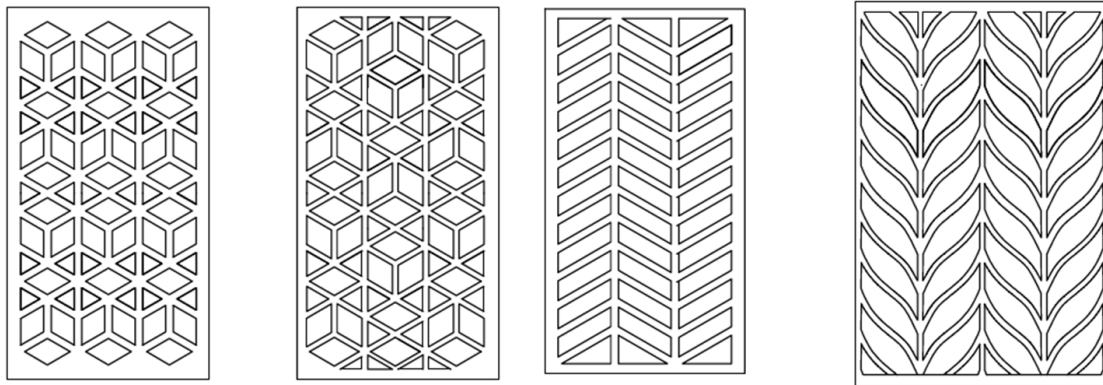


Figura 3. Módulos 2D de celosías como método de confinamiento

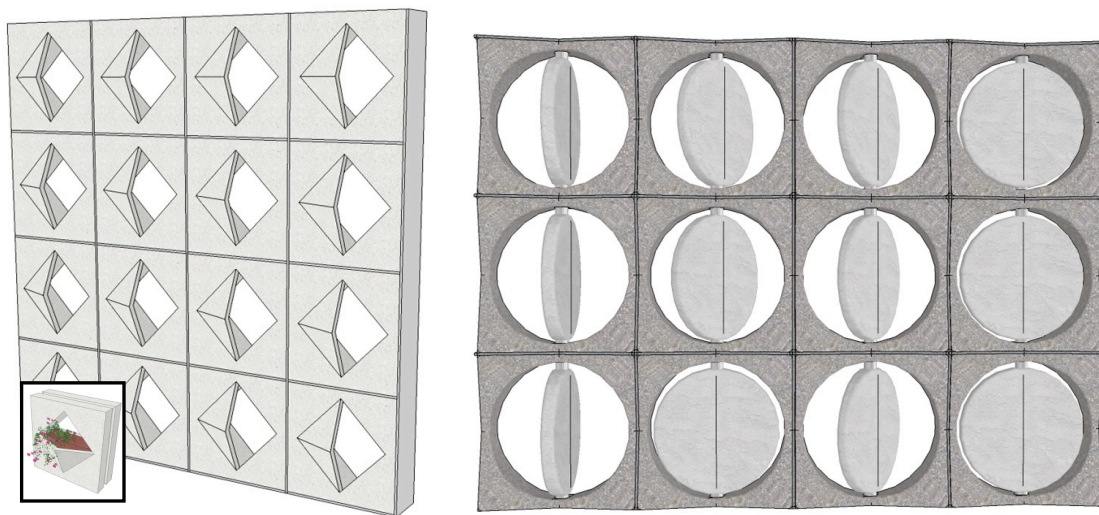


Figura 4. Módulos 3D de celosías como método de confinamiento

Las celosías pueden tener también elementos salientes de protección solar de oeste, contra vientos dominantes, servir como soporte de vegetación o tener elementos móviles de modo que se puedan adaptar a situaciones variables.

Para la evaluación del comportamiento higrotérmico se hará también uso de un túnel de viento dentro de una cámara climática donde se puede caracterizar los modelos de experimentación a escala. El túnel se ha diseñado en el ámbito del proyecto para lo que se ha tomado en consideración los efectos del flujo turbulento modelado en el programa Ansys Fluent, determinando las medidas y geometría adecuadas para la fabricación de este túnel. Figura 5.

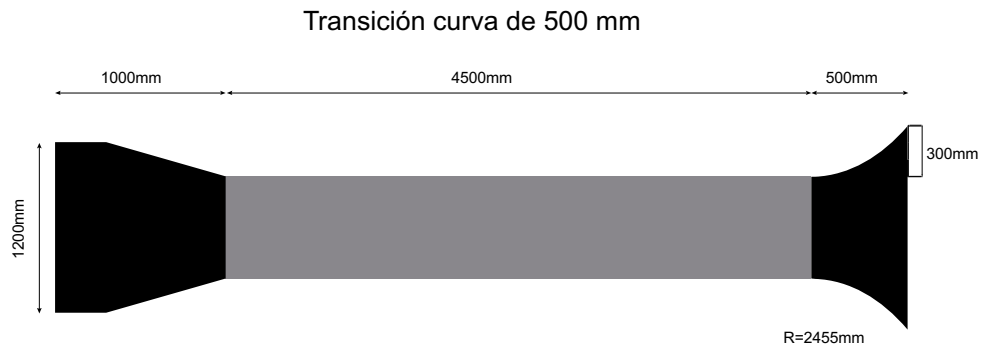


Figura 5. Diseño óptimo para disminuir la influencia de los efectos de turbulencia dentro de la cámara climática

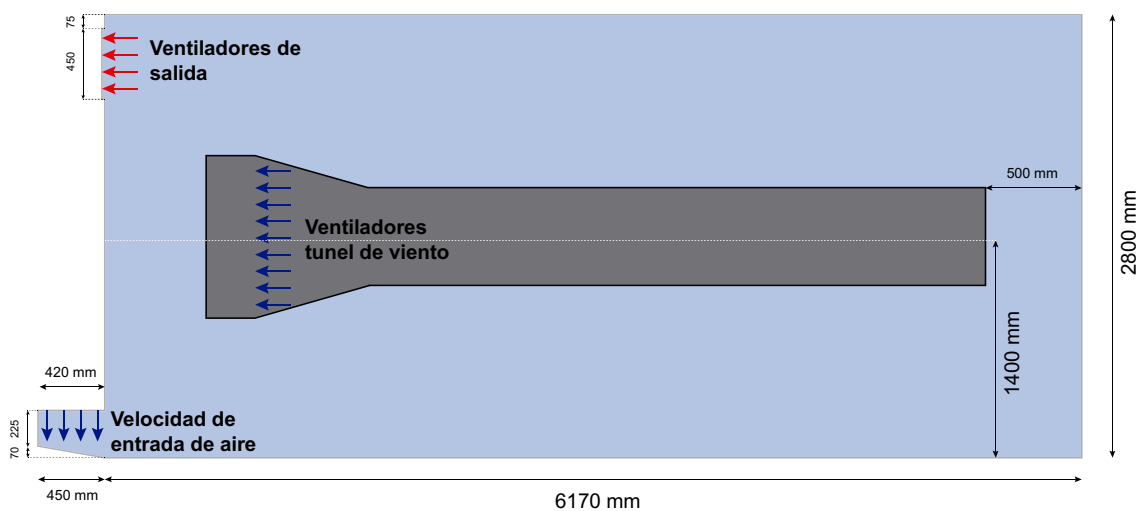


Figura 6. Colocación del túnel de viento en la cámara climática para caracterizar barreras

Se han llevado a cabo modelos CFD de distintas configuraciones de celosías, para evaluar su comportamiento, no todas han sido de hormigón. Se pretende con ello tener una evaluación de los modelos a escala del comportamiento para su corrección previo a su aplicación del modelo real.

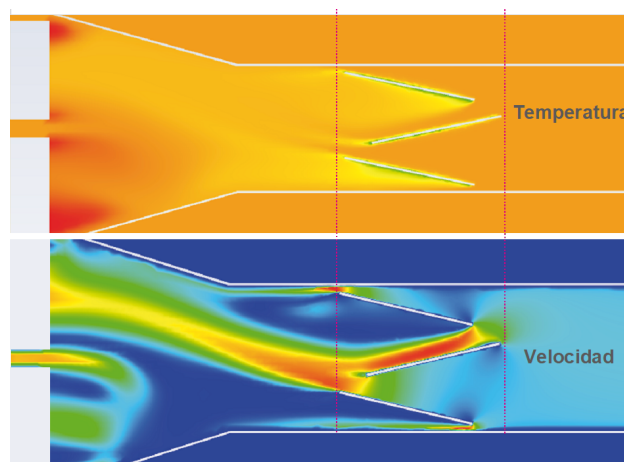


Figura 7. Colocación de una muestra para su caracterización dentro del túnel de viento

Para estudiar el comportamiento aerúlico de las distintas celosías se utiliza la dinámica computacional de fluidos o CFD con la ayuda de programas informáticos. Siguiendo normativas de experimentos semejantes, se utiliza un túnel de viento de 1 metro por 1 metro de sección en el que se intercala la celosía. Esto permite evaluar el efecto que tienen variables como la proporción de hueco y macizo o el tamaño y la geometría de los huecos en la manera en la circulación del aire al atravesarlos. Cobra especial importancia la diferencia de presión antes y después de la celosía, parámetro que se evalúa mediante la Ecuación 1.

$$\Delta P = a \cdot v^2 + b \cdot v + c \quad (1)$$

Donde ΔP - diferencia de presión (Pa)

V - velocidad del aire (m/s)

En las figuras 8 y 9 se muestra un ejemplo de resultados obtenidos para los parámetros de presión y velocidad en el mencionado túnel de viento con una velocidad de impulsión controlada.

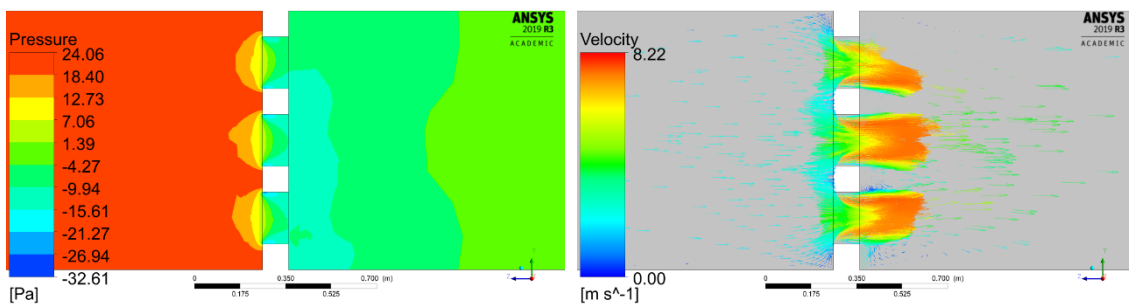


Figura 8. Análisis CFD para presión (izq.) y velocidad (der.). (Elaboración propia)

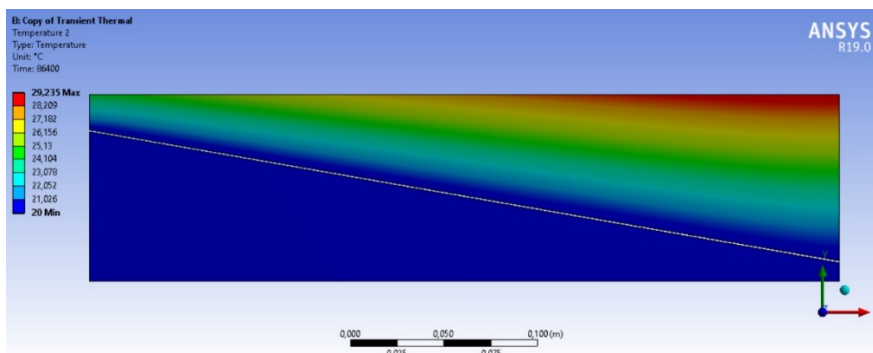


Figura 9. comportamiento térmico superficial de una probeta de hormigón permeable poroso usando agua a una temperatura de 20° C

Se realizarán mediciones en el proyecto construido para determinar y comprobar las eficiencias de los modelos, detectar dificultades y corregir modelos computacionales.

El pavimento drenante poroso utilizado en la zona de las islas atemperadas es una solución que trata de contribuir a la reducción del efecto de la isla de calor por su capacidad de transferir el calor producido por la radiación solar. De igual manera que el suelo natural, se aprovecha el efecto de la evaporación además de su capacidad drenante para la utilización del agua, como transportador de energía, reduciendo la temperatura superficial y aumentando el confort de los usuarios. Figura 12. Los hormigones se han diseñado para lograr una muy alta drenabilidad acorde con los requisitos térmicos sin merma de sus propiedades mecánicas.

V inicial	V final	volumen infiltrado (mm ³)	tiempo (seg)	Caudal (mm ³ /s)	Sección (mm ²)	k (mm/s)	V (mm/s)
86,846	86,945	99000000	1440	68750,00	5000	13,75	13,75

Tabla 1. de cálculo para tasa de infiltración en la probeta de hormigón permeable poroso



Figura 10. Probetas de hormigón permeable poroso para experimentos a escala

Para la medición de los parámetros en los modelos a escala, se realizaron probetas normalizadas de hormigón permeable poroso, y se utilizó el método de monitorización mediante termopares colocados en la probeta para medir su comportamiento en la temperatura superficial al circular agua como se puede apreciar en la figura 11.

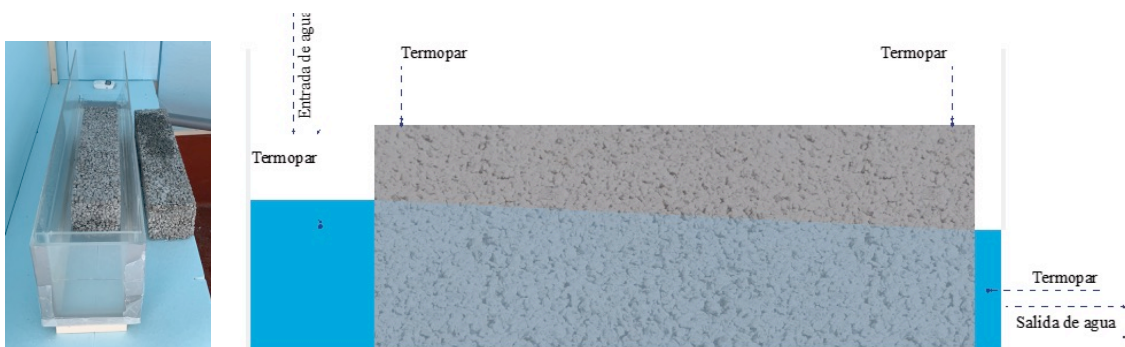


Figura 11. Colocación de termopares para la medición de temperaturas superficiales



Figura 12. Prueba de infiltración normalizada ISO/FDIS 17785-1.2

7. DISCUSIÓN

En los modelos a escala a escala reducida las condiciones límite son controlables, y los experimentos son particularmente eficaces y económicos para estudiar el rendimiento de las construcciones y validar los modelos numéricos. Si se diseñan de acuerdo con la similitud, los experimentos pueden reflejar con precisión las condiciones reales. Es difícil reducir los detalles de la compleja geometría del flujo como en un entorno térmico realista, porque se ve afectado por muchos factores, como los diversos elementos cercanos y la radiación solar. Además, la estabilidad y la precisión de los sistemas de control son importantes para modelar los experimentos.

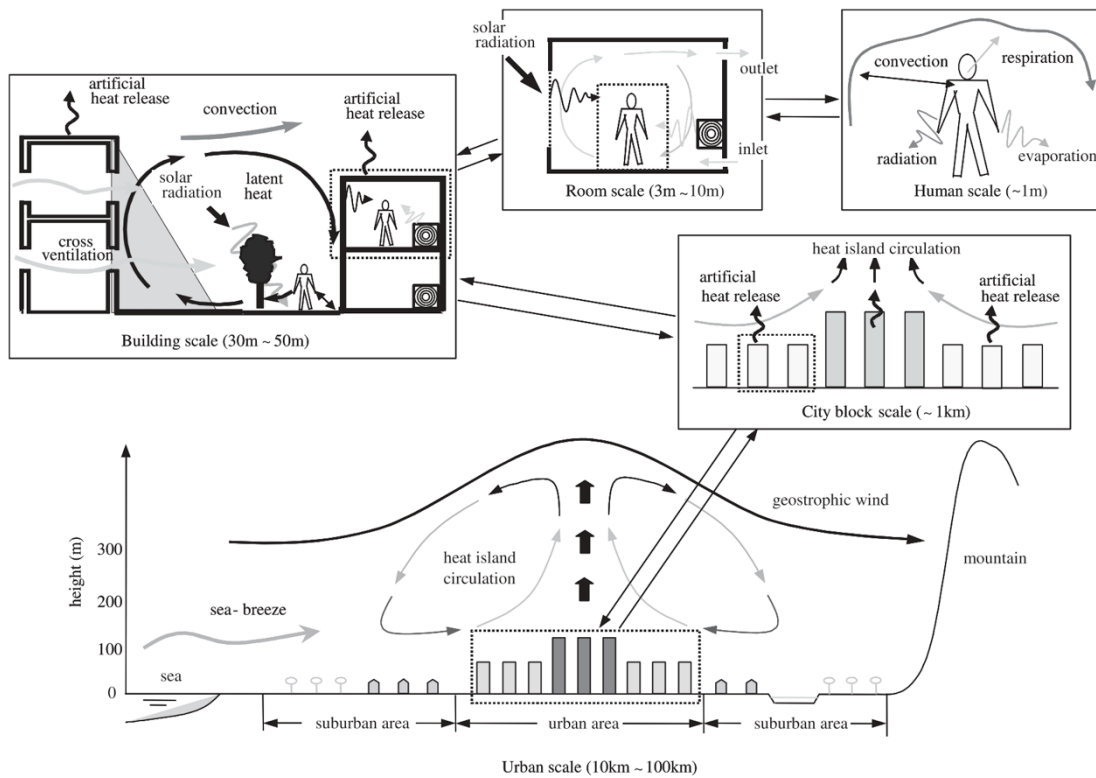


Figura 13. Fenómeno de interacción en varias escalas desde interiores a exteriores [6]

En los ensayos piloto a gran escala, las mediciones in situ se utilizan para validar finalmente los modelos numéricos. Los resultados de las mediciones pueden reflejar el rendimiento más realista de las condiciones existentes. Sin embargo, teniendo en cuenta que puede haber perturbaciones inesperadas e incontrolables en el complejo entorno térmico de los grandes espacios, los datos observados pueden no ser aplicables a otras condiciones o arquitecturas diferentes. Además, las mediciones in situ suelen ser costosas y llevar mucho tiempo; de lo contrario, un número demasiado limitado de puntos de prueba reduciría la fiabilidad de los resultados no homogéneos. Lamentablemente, algunos lugares importantes pueden ser inaccesibles en grandes espacios durante la medición. Además, los resultados de las mediciones no están exentos de errores.



Figura 14. Imagen de la zona, localización zona isla atemperada

La identificación de las diferentes zonas en el proyecto ha sido clave para la correcta modelización de los materiales usados para el control de la temperatura en los espacios abiertos, además son fácilmente replicables a otras zonas abiertas de futuras investigaciones.

Se han diseñado un conjunto de celosías de hormigón, que en el momento de cerrar esta comunicación se están caracterizando modelando y caracterizando en laboratorio en cuanto a su comportamiento aerúlico y térmico. También se han realizado distintas dosificaciones de hormigón drenante para ser utilizado tanto en las celosías como en elementos de revestimientos y pavimentos.

En el estudio se destaca la interrelación entre el diseño del material, hormigón en relación con su función no estructural y el sistema de activación asociado. En el diseño se echa en falta la incorporación de vegetación que ayude por una parte a sombrear los elementos como a atemperar también por el conjunto por el efecto natural.

Los primeros resultados están demostrando que estos sistemas tienen una buena capacidad de reducir la temperatura superficial no siendo tanto así en cuanto a la capacidad de enfriamiento del aire.

En la figura 15 se muestra una imagen de un diseño preliminar del espacio llamado islas atemperadas.

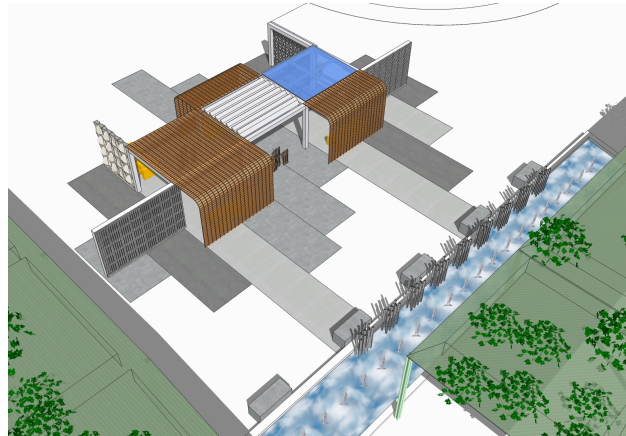


Figura 15. Imagen de disposición de pavimentos drenantes y otros elementos de la isla atemperada

8. CONCLUSIONES

Los estudios realizados a nivel teórico y práctico permiten trabajar en la incorporación de las técnicas bioclimáticas en el diseño del proyecto con confianza, puesto que los valores han resultado positivos para la finalidad que se buscaba.

Se han analizado distintos aspectos que afectan al funcionamiento y eficiencia del sistema, proporcionando directrices para la combinación de elementos constructivos junto con métodos de enfriamiento evaporativo.

Los resultados obtenidos son prometedores, aunque conseguir un nivel de confort en espacios abiertos requiere un tratamiento integral.

Con la intención de completar el análisis y comprobar el funcionamiento real de los elementos estudiados para el proyecto se instalarán in-situ en las islas atemperadas las cuales se monitorizarán durante un tiempo prudencial.

Los datos obtenidos permitirán finalmente relacionar los resultados con los cálculos realizados a nivel teórico, proporcionando un conocimiento profundo de su funcionamiento con el que se podrán calibrar modelos de diseño y simulación a futuro.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto CartujaQANAT Recovering street life. Recuperando la vida en la calle en un mundo de cambio climático CartujaQanat: Recovering the Street life in a climate changing world está parcialmente financiado por European Union (article 8 of ERDF) – Urban Innovative Actions (UIA) Presupuesto total €. 4,998,885 €. Contribución EU €. 3,999,108 € Ejecución de 11/2018 a 10/2021 (36 meses de proyecto). Lidera Ayuntamiento de Sevilla . Participan: Ayuntamiento de Sevilla, EMASESA, Universidad de Sevilla, Instituto Eduardo Torroja CSIC, PCT Cartuja e Innovarcilla.



BIBLIOGRAFIA

- [1] Igawa, N. and H. Nakamura, (2001). All Sky Model as a standard sky for the simulation of daylight environment. *Building and Environment*, 36: p. 763-770.
- [2] Kittler, R., (1985). Luminance distribution characteristics of homogeneous skies: a measurement and prediction strategy. *Lighting Research and Technology*, 17(4): p. 183-8.
- [3] Perraudeau, M., (1988). Luminance models. In *National Lighting Conference*. Cambridge, UK, March 27-30.
- [4] International Daylight Monitoring Programme, [Online], Available: <http://idmp.entpe.fr/> [16 June 2008].
- [5] S. Murakami, "Environmental design of outdoor climate based on CFD," *Fluid Dyn. Res.*, vol. 38, no. 2-3, pp. 108-126, 2006, doi: 10.1016/j.fluidyn.2004.10.006.
- [6] Y. Lu, J. Dong, and J. Liu, "Zonal modelling for thermal and energy performance of large space buildings: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 133, no. 73, p. 110241, 2020, doi: 10.1016/j.rser.2020.110241.