

Rosana Satorre Cuerda (Ed.)

# Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19

Rosana Satorre Cuerda (Ed.)

# **Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19**

**Octaedro**   
Editorial

**UA**

UNIVERSITAT D'ALACANT  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE  
Vicerectorat de Transformació Digital  
Vicerrectorado de Transformación Digital  
Institut de Ciències de l'Educació  
Instituto de Ciencias de la Educación

*Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19*

EDICIÓN:

Rosana Satorre Cuerda

Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante

Primera edición: octubre de 2021

© De la edición: Rosana Satorre Cuerda

© Del texto: Las autoras y autores

© De esta edición:

Ediciones OCTAEDRO, S.L.

C/ Bailén, 5 – 08010 Barcelona

Tel.: 93 246 40 02 – Fax: 93 231 18 68

[www.octaedro.com](http://www.octaedro.com) – [octaedro@octaedro.com](mailto:octaedro@octaedro.com)

ISBN: 978-84-19023-19-3

Producción: Ediciones Octaedro

La revisión de los trabajos se ha realizado de forma rigurosa, siguiendo el protocolo de revisión por pares.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

NOTA EDITORIAL: Las opiniones y contenidos de los textos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.

## 39. Aplicación en docencia del método de casos reales para el cálculo y análisis de la eficiencia energética en edificación

Pérez Carramiñana, Carlos; González Avilés, Ángel Benigno; Ruiz Cáceres, José Ángel; Galiano Garrigós, Antonio

*Universidad de Alicante*

### RESUMEN

Las nuevas exigencias de eficiencia energética en España conllevan un importante aumento del aislamiento y del control solar de los edificios, especialmente en climas cálidos como el sureste español. Este artículo explica la investigación realizada en la asignatura *Proyecto de Ejecución* del Grado en *Fundamentos de la Arquitectura* de la Universidad de Alicante durante el curso 2019-2020, aplicando casos reales como método de aprendizaje a través de proyectos, cuyo objetivo fue analizar y valorar comparativamente las soluciones técnicas y arquitectónicas adoptadas por los alumnos en sus proyectos. La metodología empleada consistió en comparar soluciones constructivas diferentes de un mismo edificio adaptadas a climas cálidos como Alicante, y a climas fríos como Alemania, y analizar comparativamente los resultados destacando los aspectos constructivos y arquitectónicos más condicionantes para adecuar energéticamente los proyectos al tipo de clima. Los trabajos fueron evaluados sistemáticamente en función del cumplimiento de la actual normativa para Edificios de consumo de Energía Casi Nulo y de la adaptación de los criterios arquitectónicos y constructivos empleados a las especificidades climáticas de Alicante y Alemania. Los resultados obtenidos permitieron evaluar los aspectos más relevantes de las actuales normativas y cómo condicionan las soluciones constructivas y arquitectónicas. En conclusión, la metodología docente propuesta ha potenciado la capacidad de comprensión del alumnado respecto de los principales conceptos de eficiencia energética en edificación.

**PALABRAS CLAVE:** método de casos, casos reales, eficiencia energética, proyectos, edificación.

### 1. INTRODUCCIÓN

La última actualización del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación, aprobada en el Real Decreto 732/2019 (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado [BOE], 2019), supone un notable incremento en las exigencias normativas de aislamiento térmico y eficiencia energética en edificación en España con el objetivo de proyectar y construir Edificios de consumo de Energía Casi Nulo (EECN) conforme a la Orden FOM/588/2017 (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado [BOE], 2017) y reducir la importante contribución de gases de efecto invernadero por parte de los edificios (Lucon et al., 2015). Este cambio normativo conlleva un importante aumento en los requerimientos de aislamiento de la envolvente térmica de los edificios y en el control de las ganancias solares, especialmente en climas cálidos y de elevada insolación anual como el sureste español.

El propósito normativo de obtener edificios de consumo casi nulo hace necesario plantear diseños arquitectónicos más eficientes que eviten la demanda de energía, dotados de instalaciones de climatización eficientes para ahorrar en consumo de energía y complementado con la utilización de energías renovables que permitan compensar dicho consumo, siguiendo estrategias de diseño pasivo de bajo consumo energético como la planteada en la Pirámide de Kyoto (Georgiou, 2015). Pero para disminuir la demanda energética de un edificio no sólo se requiere reducir la transmitancia térmica a través de

sus cerramientos incrementando el aislamiento térmico, sino que es pertinente el rediseño de muchas soluciones arquitectónicas y constructivas habituales en España, innovando y desarrollando sistemas constructivos que eliminen el efecto negativo de los puentes térmicos en las fachadas (Asdrubali et al., 2012; Evola et al., 2011) mediante envolventes térmicas continuas en las que los aislamientos no se vean interrumpidos en los frentes de forjado de la estructura (Arias & Bobadilla, 2017) o en el contorno de las carpinterías de las ventanas, y dotando a los edificios de elementos de protección solar que controlen la incidencia del sol de forma gradual en función de la época del año (Athanasios, 2013). Todos estos aspectos técnicos repercuten en la modificación de los propios sistemas constructivos empleados con importantes implicaciones en el propio diseño arquitectónico, para poder cumplir de forma optimizada el notable incremento de las exigencias técnicas y normativas de eficiencia energética en edificación.

Por todo ello, resulta pertinente analizar qué aspectos técnicos y normativos más influyen y condicionan el comportamiento energético del edificio y, en base a ello, investigar qué soluciones técnicas y arquitectónicas permiten adaptar mejor los nuevos proyectos arquitectónicos a los diferentes climas existentes. Pero para eso cabe tener presente que la normativa actual plantea no sólo la reducción del consumo de energía a niveles casi nulos, considerando tanto la energía primaria no renovable como la energía primaria total consumida por las instalaciones térmicas del edificio, sino que también obliga a garantizar una calidad mínima del edificio con un diseño arquitectónico eficiente que evite la demanda de energía. En definitiva, la normativa más actual apuesta por una reducción del consumo energético y de las emisiones de CO<sub>2</sub> basada en una mayor calidad constructiva, redundando en un mayor confort y calidad de vida de los usuarios con múltiples beneficios tanto físicos como psicológicos valorando condicionantes térmicos y de iluminación (Castilla et al., 2018), y asentándose en la máxima de que la energía más barata es la energía que no se consume.

Por otra parte, aunque las estrategias pasivas tradicionales no son suficientemente contempladas ni por la actual normativa de certificación energética de edificios española (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado [BOE], 2013) ni por la europea (Diario Oficial de la Unión Europea, 2010), y tampoco los programas informáticos oficiales (Grupo de Termotecnia de la Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía (AICIA), 2020) facilitan su modelización, son muchos los estudios científicos realizados que defienden la aplicación o reinterpretación de los diseños bioclimáticos tradicionales (Aldersoni et al., 2019). Múltiples investigaciones analizan las ventajas de la ventilación natural controlada en los edificios como estrategia de ahorro energético (Schulze & Eicker, 2013), lo que resulta especialmente ventajoso en zonas climáticas de veranos moderados e inviernos templados como la nuestra (Alhamad et al., 2019). Otros trabajos estudian las ventajas del control de la radiación solar mediante sistemas de protección solar móviles y adaptables durante el año (Tzempelikos & Shen, 2013), postulando que el diseño de edificios energéticamente eficientes debe basarse principalmente en la aplicación de estrategias pasivas y que el uso de sistemas activos de climatización debe reducirse a lo estrictamente necesario (Prieto et al., 2018). Pero todo ello requiere de nuevos estudios que analicen y verifiquen la compatibilidad de la aplicación de las más recientes y avanzadas normativas y cálculos informáticos en España con la readaptación de estrategias bioclimáticas de diseño arquitectónico presentes desde hace muchos años en la arquitectura vernácula de nuestra región.

Este artículo explica el trabajo de investigación realizado en la asignatura *Proyecto de Ejecución* del Título de Grado en *Fundamentos de la Arquitectura* de la Universidad de Alicante durante el curso 2019-2020, basado en la aplicación docente de casos reales como método de aprendizaje a través de proyectos. Esta metodología de enseñanza está fundamentada en las condiciones y estilo de los principios básicos del método de casos (Christensen et al., 1987), partiendo del análisis minucioso

de proyectos reales de edificios existentes como base de la especulación académica y fomentando la posterior reinterpretación y rediseño del alumno con la incorporación de sus propias ideas y soluciones (Lawrence, 1953), mediante trabajo en equipo en pequeños grupos y correcciones conjuntas en sesiones críticas que requieren la reflexión razonada de los alumnos sobre sus propuestas y propician la discusión y debate general en clase (Wassermann, 1994).

El objetivo del trabajo fue, mediante el desarrollo de soluciones constructivas distintas de un mismo edificio adaptadas a climas muy diferentes y cumpliendo las máximas exigencias normativas actuales en materia de eficiencia energética, analizar comparativamente y determinar los aspectos técnicos y arquitectónicos que más condicionan el diseño energético de los edificios actuales en función del tipo de clima, fundamentando y valorando los alumnos las variadas decisiones de diseño adoptadas en sus proyectos.

## **2. MÉTODO**

### **2.1. Descripción del contexto y de los participantes**

El trabajo de investigación expuesto en este artículo fue desarrollado por los alumnos de la asignatura *Proyecto de Ejecución* de 5º curso del Título de Grado en *Fundamentos de la Arquitectura* de la Universidad de Alicante durante el curso 2019-2020, con el asesoramiento y bajo la supervisión de los profesores de la asignatura.

La metodología empleada consistió, aplicando el método de casos reales y el método comparativo, en desarrollar 25 proyectos de ejecución en grupos de tres alumnos, debiendo proponer cada grupo dos soluciones constructivas diferentes de un mismo edificio adaptadas a un clima cálido y soleado como Alicante, y a un clima frío continental como Alemania, y analizar comparativamente los resultados obtenidos destacando los principales aspectos constructivos y arquitectónicos que condicionaron sus propuestas para cumplir las exigencias de eficiencia energética adecuadas a cada clima.

### **2.2. Instrumentos**

Para ello, cada proyecto debía incluir soluciones constructivas y arquitectónicas específicamente adaptadas al clima alicantino, y soluciones diferentes adaptadas al clima alemán. Paralelamente al propio proceso de ideación y diseño, cada una de las dos propuestas debía ser modelizada y calculada mediante programas informáticos de eficiencia energética, empleando para ello la “Herramienta Unificada Líder-Calener”, programa informático oficial en España del Ministerio de Industria para el cálculo de la verificación del cumplimiento del DB-HE0 y HE1 conforme al Real Decreto 732/2019 y para el cálculo de la certificación energética conforme al Real Decreto 235/2013. La finalidad es emplear los procedimientos de cálculo de eficiencia energética durante la propia fase de concepción y diseño, favoreciendo una mayor interacción entre el proceso creativo del alumno y el cumplimiento de la normativa vigente desde las primeras fases del proyecto, y potenciando así su capacidad de comprensión de los conceptos técnicos de eficiencia energética en edificación que más pueden influir durante el proceso de diseño.

### **2.3. Procedimiento**

El diseño de investigación comparativa propuesto se basa en analizar un mismo edificio en dos emplazamientos que difieren exclusivamente en sus características climáticas, debiendo plantear soluciones constructivas y arquitectónicas adaptadas a cada uno de los climas, pero manteniendo básicamente la misma volumetría, usos y configuración espacial interior del edificio. Con este procedimiento, al poder experimentar exclusivamente sobre el diseño de la envolvente térmica y la ventilación del

edificio, eliminando el resto de variables que influyen en el diseño arquitectónico como los aspectos urbanísticos o funcionales, el alumno puede deducir y analizar mejor el alcance e influencia que tienen en el comportamiento energético del edificio las diferentes soluciones propuestas, coligiendo los principales conceptos y variables de las normativas actuales de eficiencia energética en edificación.

Los trabajos fueron evaluados de forma sistematizada conforme a los siguientes instrumentos de evaluación: 1) cumplimiento del consumo máximo de energía primaria no renovable y de energía primaria total de los edificios proyectados medido en  $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ , así como del valor límite del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica ( $K_{\text{lim}}$ ) del edificio medido en  $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$  y del valor límite de del parámetro de control solar ( $q_{\text{sol,jul,lim}}$ ) medido en  $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{mes}$ , conforme a los requisitos y métodos de cálculo para Edificios de consumo de Energía Casi Nulo establecidos por el Documento Básico HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en el Real Decreto 732/2019, normativa vigente y de obligado cumplimiento en edificación en España, 2) grado de adaptación y adecuación de los criterios arquitectónicos y constructivos empleados a las especificidades climáticas de Alicante y Alemania, 3) calidad expositiva del trabajo en grupo y capacidad argumental individual del alumno para demostrar sus conocimientos y habilidades en las correcciones públicas con profesores y alumnos.

### 3. RESULTADOS

El 100% de los trabajos realizados por los alumnos cumplieron los requisitos de la normativa de Edificios de consumo de Energía Casi Nulo establecidos por el Documento Básico HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación en el Real Decreto 732/2019, cumpliendo tanto los valores límite del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica ( $K_{\text{lim}}$ ) y del control solar ( $q_{\text{sol,jul,lim}}$ ) como del consumo máximo de energía primaria no renovable ( $C_{\text{ep,nren,lim}}$ ) y de energía primaria total ( $C_{\text{ep,tot,lim}}$ ).

**Tabla 1.** Resultados de los indicadores y parámetros del CTE DB-HE de los trabajos realizados (selección de los 5 trabajos con menor consumo de energía primaria) obtenidos con el programa informático oficial “Herramienta Unificada Líder-Calener”.

	$C_{\text{ep,nren}}$	$C_{\text{ep,nren,lim}}$	$C_{\text{ep,tot}}$	$C_{\text{ep,tot,lim}}$	$K$	$K_{\text{lim}}$	$q_{\text{sol,jul}}$	$q_{\text{sol,jul,lim}}$
1	3.8	28	10.00	56	0.60	0.64	1.49	2.0
2	5.60	28	25.30	56	0.61	0.71	1.56	2.0
3	10.24	28	23.55	56	0.56	0.62	1.85	2.0
4	12.20	28	21.15	56	0.69	0.77	1.74	2.0
5	13.30	28	22.60	56	0.48	0.65	1.68	2.0
Valor medio	9.03	28	20.52	56	0.60	0.68	1.66	2.0

Indicadores y parámetros del CTE DB-HE:

$C_{\text{ep,nren}}$ : consumo de energía primaria no renovable del edificio [ $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ ].

$C_{\text{ep,nren,lim}}$ : valor límite para el consumo de energía primaria no renovable [ $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ ].

$C_{\text{ep,tot}}$ : consumo de energía primaria total del edificio [ $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ ].

$C_{\text{ep,tot,lim}}$ : valor límite para el consumo de energía primaria total [ $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ ].

$K$ : coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ].

$K_{\text{lim}}$ : valor límite para el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ].

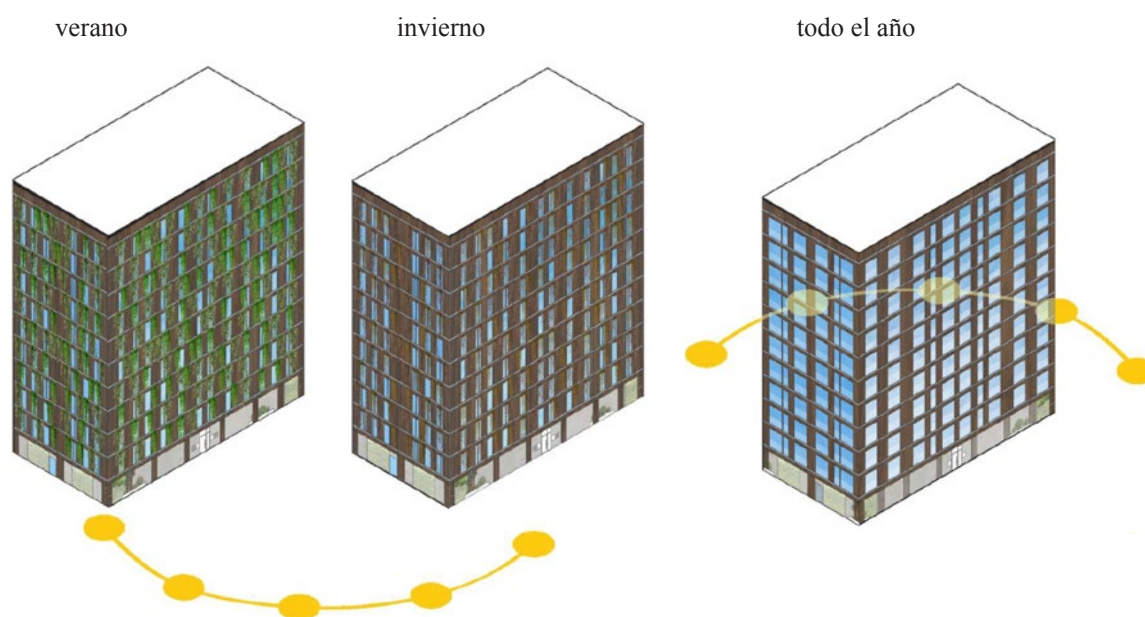
$q_{\text{sol,jul}}$ : control solar de la envolvente térmica del edificio [ $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{mes}$ ].

$q_{\text{sol,jul,lim}}$ : valor límite para el control solar de la envolvente térmica del edificio [ $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{mes}$ ].

Cabe destacar que los edificios proyectados tuvieron consumos de energía primaria no renovable (Cep,nren) entre 3,80 y 22,60 KWh/m<sup>2</sup>·año, siendo bastante inferiores al consumo límite máximo permitido por la normativa actual, establecido por el Real Decreto 732/2019 en 28 KWh/m<sup>2</sup>·año. Gracias a dichos valores, los edificios proyectados permiten un ahorro de consumo de energía primaria no renovable entre el 77% y el 95% respecto de los consumos medios de la mayoría de edificios existentes en España realizados con métodos constructivos tradicionales.

De la comparación de los resultados obtenidos en función del tipo de clima, se constata que los edificios proyectados adaptados al clima de Alicante obtuvieron de media un 41,8% mayor ahorro de energía que los edificios proyectados adaptados al clima alemán, adoptando criterios de diseño bioclimático correctamente amoldados a nuestro clima, como sistemas de protección solar móvil y adaptativos a la radiación solar propia de cada época del año.

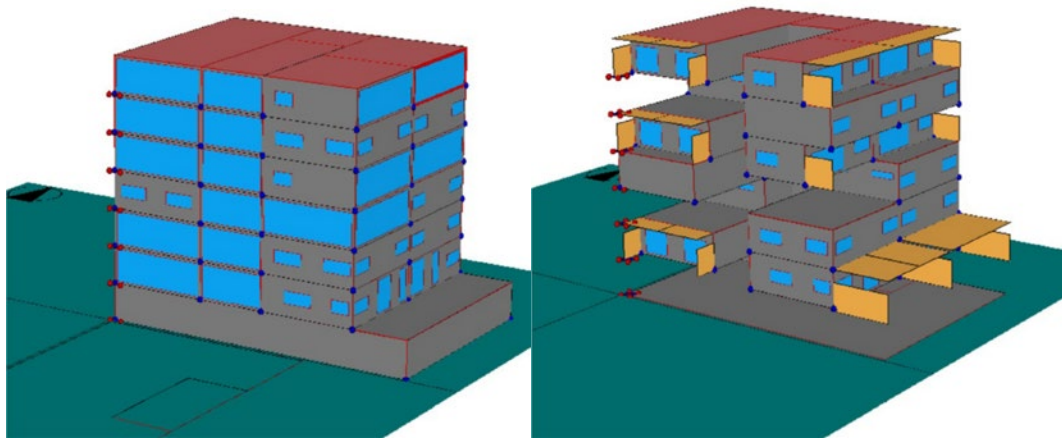
Pero para conseguir dichos objetivos, las soluciones constructivas y arquitectónicas propuestas por los alumnos para el clima alicantino se caracterizaron por el predominio de espacios más abiertos que favorecieran la ventilación cruzada, la eliminación de puentes térmicos con aislamiento continuo, y la utilización de acristalamientos de control solar con sistemas de protección solar móviles y adaptativos a la época del año como fachadas con jardines verticales, celosías móviles y cerramientos domotizados.



**Figura 1.** Propuestas de un mismo edificio adaptado para clima cálido y soleado (izquierda) y adaptado para clima frío (derecha).

Por su parte, las soluciones propuestas para el clima alemán se caracterizaron por el predominio de edificios más compactos y muy acristalados, con espacios más cerrados que generaran efecto invernadero, la eliminación de puentes térmicos con aislamiento continuo, y la utilización de acristalamientos bajo-emisivos de alta capacidad aislante sin dispositivos de protección solar móviles ni adaptativos.

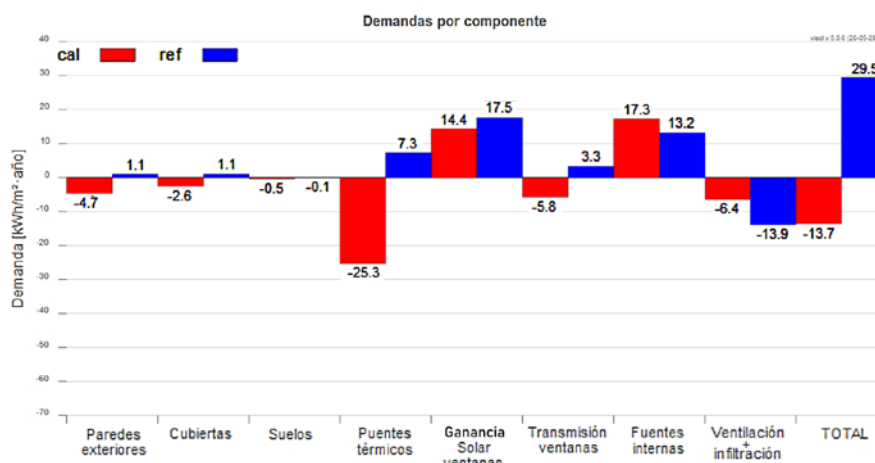




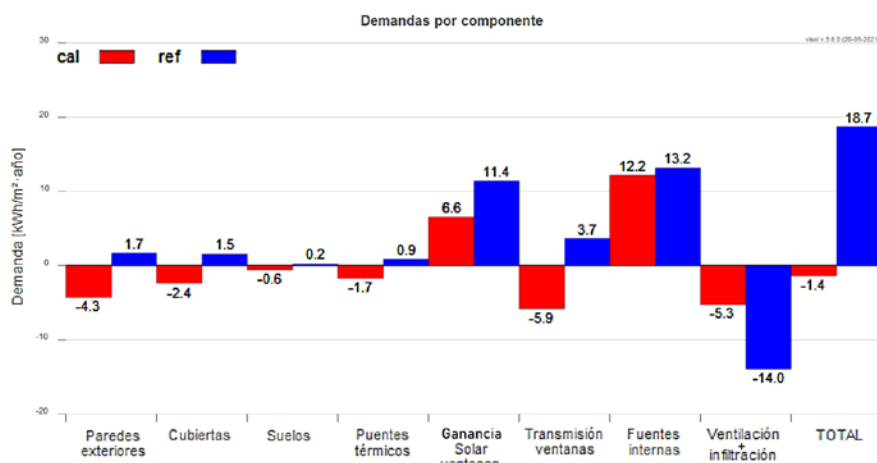
**Figura 2.** Comparativa de los modelizados de cálculo de las dos propuestas de un mismo proyecto adaptado para clima cálido y soleado (izquierda) y adaptado para clima frío (derecha), realizados con el programa informático oficial “Herramienta Unificada Líder-Calener” .

Los resultados obtenidos demuestran, de forma precisa, que la reducción de los puentes térmicos mediante soluciones constructivas industrializadas con aislamiento continuo permitió un ahorro medio de 30 KWh/m<sup>2</sup>·año, pasando de tener una demanda de 32,6 KWh/m<sup>2</sup>·año provocada por dichos puentes térmicos a tener solamente 2,6 KWh/m<sup>2</sup>·año, una reducción necesaria para poder alcanzar el objetivo final de conseguir edificios de consumo de energía casi nulo. Tal y como se puede constatar en las gráficas adjuntas de composición de la demanda energética, sólo la contribución al gasto energético del edificio a través de los puentes térmicos llega a ser cuatro veces superior al flujo de energía a través de todas las fachadas y cubiertas del edificio si no se adoptan criterios constructivos que eviten discontinuidades del aislamiento.

Los cálculos obtenidos también demuestran que los acristalamientos de control solar con dispositivos de protección móviles y demás estrategias bioclimáticas proyectadas por los alumnos, especialmente para climas cálidos y soleados, permitió también un ahorro de la demanda energética de hasta 6,1 KWh/m<sup>2</sup>·año en verano respecto a edificios sin esos sistemas de protección, contribuyendo significativamente a disminuir el consumo energético en refrigeración durante la época estival.



**Gráfico 1.** Composición de la demanda energética del edificio sin reducir puentes térmicos y sin dispositivos de protección solar móviles (Cálculos realizados con la aplicación informática “Visol”, visor de resultados generados por la Herramienta Unificada Líder-Calener).



**Gráfico 2.** Composición de la demanda energética del edificio reduciendo puentes térmicos y con dispositivos de protección solar móviles.

Estos datos constatan que sólo la reducción de puentes térmicos junto con el diseño de estrategias de protección gradual del sol adaptadas a las distintas épocas del año supuso una disminución de hasta 36,1 KWh/m<sup>2</sup>·año en la demanda energética total de los edificios proyectados, lo que provoca un ahorro del 53,5% en la suma de la demanda total del edificio en invierno y verano, y por consiguiente, del consumo anual de energía primaria provocado por las instalaciones térmicas.

En definitiva, los resultados obtenidos permitieron evaluar los aspectos más relevantes en el cálculo y cumplimiento de las actuales exigencias normativas y cómo condicionan las soluciones constructivas y arquitectónicas, sirviendo para demostrar y evidenciar la gran influencia que las últimas leyes de eficiencia energética van a tener en el diseño arquitectónico. También permitieron evaluar las limitaciones de las actuales soluciones constructivas más empleadas en España y la imprescindible readaptación de nuestra arquitectura a las condiciones climáticas propias del sureste español.

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los trabajos realizados y los resultados obtenidos permiten constatar el cumplimiento de los objetivos iniciales del trabajo propuesto.

En primer lugar, la mayoría de los trabajos planteados por los alumnos apostaron por el estudio y desarrollo de nuevas soluciones constructivas que permitieran la reducción o eliminación de los puentes térmicos en las fachadas de los edificios proyectados posibilitando envolventes térmicas continuas con métodos constructivos viables tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista económico. En este sentido, una proporción importante de los trabajos desarrollados plantearon sistemas constructivos industrializados que, mediante la utilización de materiales ligeros y construcción en seco, posibilitaran soluciones constructivas que eliminaran los puentes térmicos en los encuentros de las fachadas con los frentes de forjado y pilares de la estructura, el contorno de los huecos de ventanas y puertas, o el encuentro de la fachada con la cubierta. Los cálculos realizados permiten constatar la importancia que proporcionalmente tienen los puentes térmicos en la composición de la demanda energética total del edificio y la necesidad de minimizarlos para poder alcanzar el objetivo final de conseguir edificios de consumo de energía casi nulo. Los resultados obtenidos, con soluciones constructivas innovadoras definidas mediante detalles constructivos, posibilitaron reducir drásticamente la parte de demanda energética provocada por los puentes térmicos, tanto en los proyectos planteados

en Alicante como en los proyectos ubicados en Alemania, siendo más cuantiosa esa reducción en climas fríos al haber mayor diferencia térmica entre el exterior y el ambiente interior del edificio.

Por otra parte, y a pesar de que la normativa española y europea no contempla los efectos beneficiosos de estrategias de diseño bioclimático como la ventilación cruzada dentro de los edificios, especialmente en climas cálidos o templados como el sureste español, la mayoría de propuestas de los alumnos sí han planteado soluciones arquitectónicas para el clima alicantino caracterizadas por espacios comunitarios y de circulación más abiertos para favorecer la disipación térmica mediante ventilación natural, frente a las soluciones arquitectónicas propuestas para el clima alemán caracterizadas por edificios más compactos y acristalados con espacios cerrados que potencian el efecto invernadero para captar el máximo calor y reducir los costes de calefacción durante la mayor parte del año. Los resultados obtenidos permiten constatar que, aunque los programas informáticos oficiales no permiten modelizar con exactitud los beneficios de la disipación térmica mediante ventilación natural, sí queda reflejado el mejor comportamiento térmico de edificios compactos y cerrados en climas fríos y de edificios más abiertos y protegidos del soleamiento en climas cálidos. Dichos resultados permiten evidenciar la necesidad de adoptar criterios espaciales y de diseño volumétrico muy diferentes en función del tipo de clima, poniendo en cuestión muchos de los diseños arquitectónicos actuales en nuestro país que no tienen en consideración las especificidades climáticas del emplazamiento del edificio, lo que acaba redundando en mayores consumos energéticos.

Los resultados obtenidos en también permiten evidenciar la conveniencia de dotar a los edificios ubicados en climas cálidos o templados de estrategias de diseño bioclimático que les permita modificar y adecuar la radiación incidente sobre los acristalamientos en función de las condiciones térmicas exteriores mediante sistemas de protección solar móviles y adaptativos, de manera que en invierno la fachada se convierta en un captador de calor gratuito del sol minimizando el gasto en calefacción, mientras que en verano la envolvente del edificio se protege de la excesiva radiación solar evitando incrementar los consumos de los equipos de refrigeración. Los cálculos realizados constatan el enorme beneficio en ahorro de consumo energético que ofrecen los diseños arquitectónicos que permiten una respuesta más flexible y adaptativa a las condiciones climáticas, frente a las soluciones constructivas tradicionales de envolventes arquitectónicas compactas y rígidas sin capacidad de transformación.

El resultado formal de los proyectos planteados ha permitido constatar el alcance de las hipótesis iniciales del trabajo, mostrando la gran implicación que las nuevas estrategias bioclimáticas adaptativas pueden tener en el propio diseño arquitectónico, capaces de generar por sí mismas nuevos criterios en la composición arquitectónica de los futuros edificios, caracterizados por una imagen cambiante a lo largo del año mediante envolventes arquitectónicas más simbióticas con las estaciones del año, estableciendo un nuevo lenguaje semiótico con la naturaleza, un nuevo tipo de arquitectura organicista no desde premisas formales sino muy pragmática y vinculada a criterios puramente técnicos de eficiencia energética.

En conclusión, la metodología docente propuesta mediante método de casos reales (proyectos de ejecución) + método comparativo (dos soluciones de un mismo edificio adaptadas a dos climas diferentes) ha permitido poner en práctica los conocimientos y habilidades de los estudiantes ante dos casos extremos opuestos, y potenciar su capacidad de comprensión de los conceptos técnicos de eficiencia energética en edificación.

Los alumnos han conseguido proyectar edificios de alta eficiencia energética, con consumos de energía bastante inferiores a lo exigido por la actual normativa y muy inferiores a los consumos de la mayoría de edificios existentes en España.

Los resultados obtenidos han evidenciado y demostrado la necesidad de emplear nuevas soluciones constructivas y arquitectónicas muy diferentes y adaptadas a cada tipo de clima, cuestionando la excesiva homogeneidad de la mayoría de los proyectos de arquitectura actuales.

Los variedad e innovación de los proyectos desarrollados por los alumnos ha permitido estimular su espíritu crítico y capacidad de cuestionamiento de las soluciones constructivas y arquitectónicas actuales en aras de contribuir a una mayor sostenibilidad en la arquitectura y a una sociedad más respetuosa con el medio ambiente.

## 5. REFERENCIAS

- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2013). *Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2013/04/05/235/con>
- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2017). *Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE «Ahorro de energía» y el Documento Básico DB-HS «Salubridad», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo*. <https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/23/pdfs/BOE-A-2017-7163.pdf>
- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2019). *Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo*. <https://www.boe.es/boe/dias/2019/12/27/pdfs/BOE-A-2019-18528.pdf>
- Aldersoni, A.A., & Chow, D.H.C. (2019). Adapting Traditional Passive Strategies within Contemporary House to Decrease High energy consumption Impact in Nejd Region, Saudi Arabia. *Earth and Environmental Science*, 329, 12007-12015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/329/1/012007>
- Alhamad, I.M., AlSaleem, M., & Taleb, H. (2019). Passive heating and cooling potential strategies: a comparison between moderate summers and warm winters climate zones. *Journal of Physics: Conference Series*, 1276, 12059-12067. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1276/1/012059>
- Arias, N., & Bobadilla, A. (abril-junio, 2017). Evaluación experimental y análisis de la mejora con aislamiento para el caso del puente térmico en el frente de forjado. *Informes de la Construcción*, vol. 69, núm. 546, e188. <https://doi.org/10.3989/ic.15.151>
- Asdrubali, F., Baldinelli, G., & Bianchi, F. (2012). A quantitative methodology to evaluate thermal bridges in Buildings. *Applied Energy*, 97, 365-373.
- Athanasios, H. (2013, September). Comparative control strategies for roller shades with respect to daylighting and energy performance. *Building and Environment*, 67, 179-192. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.05.016>
- Castilla, N., Llinares, C., Bisegna, F., & Blanca-Gimenez, V. (2018, Diciembre). Emotional evaluation of lighting in university classrooms: A preliminary study. *Frontiers of Architectural Research*, 7, núm. 4, 600-609. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2018.07.002>
- Christensen, C., Hansen, A., & Barnes, L. (1987). *Teaching and the Case Method*. Harvard Business School Press.
- Evola, G., Margani, G., & Marletta, G. (2011). Energy and cost evaluation of thermal bridge correction in Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 43, 2385-2393.
- Georgiou, G., Eftekhari, M., & Lupton, T. (2015, August, 25-27). *Investigating the effect of tightening residential envelopes in the Mediterranean region*. 14th International Conference on Sustainable Energy Technologies. Nottingham, United Kingdom.

- Diario Oficial de la Unión Europea. (2010). *Directiva 2010/31/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios*. <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>
- Grupo de Termotecnia de la Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía (AICIA) en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla. (2020). *HU CTE-HE 2019 y CEE* (Version 2.0.2203.1160 de 26 de abril de 2021) [Computer software]. Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA). [https://www.codigotecnico.org/pdf/Programas/lider-calener/iCTEHE2019\\_last](https://www.codigotecnico.org/pdf/Programas/lider-calener/iCTEHE2019_last)
- Laurence, P. (1953). *The Preparation of Case Material*. Harvard University Press.
- Lucon, O., Ürge-Vorsatz, D., Ahmed, A.Z., Akbari, H., Bertoldi, P., Cabeza, L.F., Eyre, N., Gadgil, A., Harvey, L.D., Jiang, Y., Liphoto, E., Mirasgedis, S., Murakami, S., Parikh, J., Pyke, C., & Vilariño, M.V. (2015). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5: Chapter 9 – Buildings*. Cambridge University Press. <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/11117>
- Prieto, A., Knaack, U., Auer, T., & Klein, T. (2018, September). Passive cooling & climate responsive facade design Exploring the limits of passive cooling strategies to improve the performance of commercial buildings in warm climates. *Energy and Buildings*, 175, 30-47. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.016>
- Schulze, T., & Eicker, U. (2013, January). Controlled natural ventilation for energy efficient buildings, *Energy and Buildings*, 56, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.044>
- Tzempelikos, A., & Shen, H. (2013, September). Comparative control strategies for roller shades with respect to daylighting and energy performance. *Building and Environment*, 67, 179-192. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.05.016>
- Wassermann, S. (1994). *El estudio de casos como método de enseñanza*. Amorrortu Editores.