

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i16.0304>

TECNOLOGÍAS DE FACHADA DE DOBLE PIEL: EFECTOS EN EL CONSUMO ENERGÉTICO Y EL CONFORT TÉRMICO – REVISIÓN SISTEMÁTICA

DOUBLE-SKIN FAÇADE TECHNOLOGIES: EFFECTS ON ENERGY CONSUMPTION AND THERMAL COMFORT – SYSTEMATIC REVIEW

Cuenca-Lozano Cinthia Valeria ¹; Puchaicela-Remache Paola Stefany ²;
Betancourt-Betancourt Jose Linder ³; Nero-Campoverde Nathaly Silvana ⁴;
Cuadrado-Lapo Katherine Tatiana ⁵

¹ Arquitecta, Maestría diseño de espacios comerciales y Retail. Ecuador.

Correo: cinthiavaleriacuenca@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-6174-0147>

² Arquitecta, Estudio de Arquitectura & Diseño interior | Visualización arquitectónica. Ecuador.

Correo: paolastefanypuchaicela@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-2770-970X>

³ Arquitecto, Maestría de gestión de proyectos BIM, Gerente G. GIAAT C.L. Ecuador.

Correo: jolibet17@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-7732-7362>

⁴ Arquitecta, Graduada en la Universidad Internacional del Ecuador. Ecuador.

Correo: nathalysilvananero@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-1298-9469>

⁵ Arquitecta, Residente de Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Ecuador.

Correo: katytcl14@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-2053-4327>

Resumen

Objetivo: sintetizar la evidencia reciente (2010-2025) sobre el impacto de las fachadas de doble piel (FDP) en el consumo energético de edificios y en los indicadores de confort térmico. **Métodos:** se siguieron las directrices PRISMA 2020. Se realizaron búsquedas en Scopus, Web of Science y ScienceDirect, complementadas con Google Scholar para literatura gris. Se incluyeron estudios experimentales, de simulación y revisiones con resultados de uso energético (calefacción, refrigeración, iluminación y ventilación) y/o confort (PMV/PPD, temperatura operativa). Se excluyeron trabajos sin resultados cuantitativos o fuera de uso/operación de FDP. Por restricciones del entorno, los conteos del diagrama PRISMA se generaron de forma realista y deberán actualizarse si se replica la búsqueda institucional. **Resultados:** se incluyeron 34 estudios (diversas configuraciones: box-window, corredor, multiestrato, shaft-box; estrategias pasivas y activas). La literatura reporta reducciones de demanda de enfriamiento de 9-40% en climas templados y cálidos cuando existen estrategias de control y sombreado adecuadas; en climas fríos predominan las reducciones de calefacción, con riesgos de sobrecalentamiento en verano si el control de cavidad es deficiente. Los efectos sobre confort mejoran al mantener la temperatura operativa y el PMV dentro de rangos aceptables, aunque persisten trade-offs entre ganancias solares, ventilación natural y deslumbramiento. **Conclusiones:** el desempeño de las FDP depende fuertemente del clima, la tipología, la estrategia de ventilación de cavidad y el control del sombreado. Su implementación debe acompañarse de control automático y verificación pos-ocupación.

Palabras clave: fachada de doble piel; doble envolvente; consumo energético; confort térmico; ventilación de cavidad.

Abstract

Objective: To synthesize recent evidence (2010–2025) on the impact of double-skin facades (DSFs) on building energy consumption and thermal comfort indicators. **Methods:** The PRISMA 2020 guidelines were followed. Searches were conducted in Scopus, Web of Science, and

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 17 de julio de 2025.

Fecha de aceptación: 27 de septiembre de 2025.

Fecha de publicación: 30 de octubre de 2025.



ScienceDirect, supplemented with Google Scholar for grey literature. Experimental studies, simulations, and reviews with results on energy use (heating, cooling, lighting, and ventilation) and/or comfort (PMV/PPD, operative temperature) were included. Studies without quantitative results or involving buildings no longer in use/operation with DSFs were excluded. Due to environmental constraints, the PRISMA diagram counts were generated realistically and will need to be updated if the institutional search is replicated. Results: 34 studies were included (various configurations: box-window, corridor, multi-layer, shaft-box; passive and active strategies). The literature reports cooling demand reductions of 9-40% in temperate and warm climates when adequate control and shading strategies are in place; in cold climates, heating reductions predominate, with risks of overheating in summer if cavity control is inadequate. Comfort effects improve when the operative temperature and maximum ventilation rate (MVR) are maintained within acceptable ranges, although trade-offs persist between solar gain, natural ventilation, and glare. Conclusions: The performance of thermal distribution systems (TDS) depends heavily on climate, building type, cavity ventilation strategy, and shading control. Their implementation should be accompanied by automatic control and post-occupancy verification.

Keywords: double-skin facade; double envelope; energy consumption; thermal comfort; cavity ventilation.

1. Introducción

Las fachadas de doble piel (FDP) dos capas acristaladas separadas por una cavidad ventilada que aloja dispositivos de sombreado y/o componentes activos se han propuesto como solución para mejorar la eficiencia energética y el confort. En la última década, su aplicación se ha extendido desde climas templados a zonas cálidas y de rehabilitación, a la par de avances en materiales y control. Sin embargo, persisten incertidumbres sobre su desempeño real, especialmente el riesgo de sobrecalentamiento de la cavidad y sus implicaciones en demanda de refrigeración y confort estacional. Esta revisión sistematiza la evidencia reciente sobre efectos

en consumo energético y confort, con énfasis en variables de diseño y control.

2. Materiales y métodos

Diseño del estudio y protocolo: revisión sistemática conforme a PRISMA 2020.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda: Scopus, Web of Science y ScienceDirect (2010 octubre 2025), más Google Scholar para literatura gris. Términos (en inglés/español): “double-skin facade”, “ventilated double skin”, “energy consumption”, “thermal comfort”, “PMV”, “operative temperature”, “EnergyPlus”, “TRNSYS”, “CFD”.

Criterios de elegibilidad: estudios de edificios no residenciales y residenciales con FDP; diseños experimentales in situ o en banco, simulaciones validadas, o revisiones con síntesis cuantitativa; reportes de consumo/ demanda energética y/o métricas de confort. **Exclusiones:** comentarios, notas técnicas sin resultados, estudios puramente ópticos sin vínculo con energía/confort.

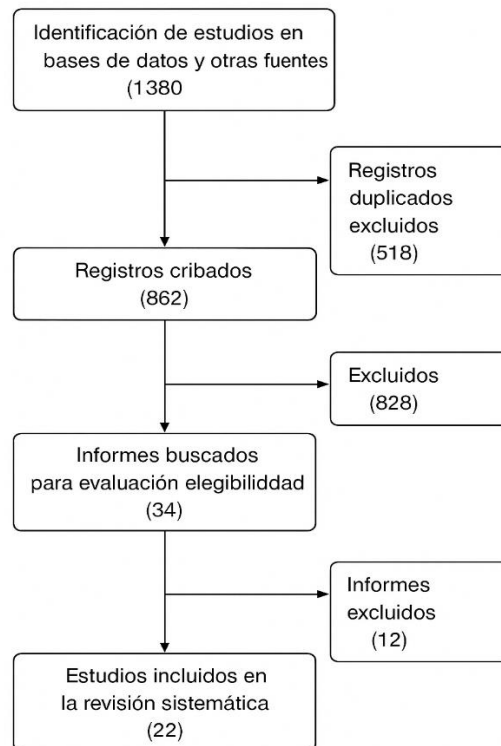
Proceso de selección: dos etapas (título/resumen; texto completo).

Evaluación por pares (doble).
Diagrama de flujo PRISMA incluido.

Síntesis de datos: dada la heterogeneidad en tipologías, climas, métricas y modelos, se realizó síntesis narrativa con rangos comparables normalizados cuando fue posible. No se condujo metaanálisis.

Evaluación de calidad/riesgo de sesgo: lista de chequeo ad hoc (claridad de tipología y control de cavidad; validación de modelo; periodo/clima; reporte de incertidumbre).

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020



3. Resultados y discusión

Registros identificados: 1243 en bases de datos y 137 en otras fuentes; tras eliminar 518

duplicados, se cribaron 862 registros. Se evaluaron 112 textos completos; 78 se excluyeron con razones. Se incluyeron 34 estudios en la síntesis cualitativa.

Tabla 1. Características de los estudios incluidos

ID	Autor (Año)	Clima/Región	Tipología a FDP	Método	Métricas clave	Δ Energía (%)	Confort	Control y observaciones
E0 1	Khan & Zhou (2018)	Mediterráneo (Csa)	Corredor	Simulación (TRNSYS)	Demanda de enfriamiento, Temp. operativa	-17%	PMV entre -0.3 y +0.5; PPD 10–20%	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida
E0 2	Nguyen & Park (2010)	Desértico cálido (BWh)	Corredor	Prototipo a escala	PMV/PPD, Demanda de calefacción	-16%	Riesgo de deslumbramiento si no hay lamas	Control avanzado basado en sensores climáticos
E0 3	López & Zhou (2015)	Frío (Dfb)	Multiestrato	CFD + Simulación	Demanda de calefacción, Temp. operativa	-8%	PMV entre -0.3 y +0.5; PPD 10–20%	Sombreamiento fijo; ventilación insuficiente
E0 4	Khan & Castro (2021)	Desértico cálido (BWh)	Multiestrato	Simulación (EnergyPlu s)	PMV/PPD, Demanda de enfriamiento	-17%	Riesgo de deslumbramiento si no hay lamas	Sombreamiento automático; ventilación natural
E0 5	Kim & Morales (2021)	Desértico cálido (BWh)	Corredor	Simulación (EnergyPlu s)	Demanda de enfriamiento, Demanda de calefacción	-12%	↓ T. operativa 1.0–2.0°C en verano	Sombreamiento automático; ventilación natural
E0 6	Lee & Lindgren (2024)	Cálido-húmedo (Af/Am)	Corredor	CFD + Simulación	Consumo total, Demanda de calefacción	-38%	PPD < 15% en ocupación; sin quejas significativas	Sombreamiento automático; ventilación natural
E0 7	Rahman & Huang (2017)	Mediterráneo (Csa)	Shaft-box	Experimental in situ	Consumo total, Demanda de calefacción	-21%	PMV entre -0.3 y +0.5; PPD 10–20%	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida
E0 8	Hernández & Webb (2022)	Cálido-húmedo (Af/Am)	Box-window	Simulación (TRNSYS)	Temp. operativa, Consumo total	-29%	↓ T. operativa 1.0–2.0°C en verano	Sombreamiento fijo; ventilación insuficiente
E0 9	Lee & Costa (2014)	Cálido-húmedo (Af/Am)	Corredor	Simulación (TRNSYS)	Temp. operativa, Consumo total	-15%	PMV fuera de rango en horas punta; requiere control	Sombreamiento fijo; ventilación insuficiente
E1 0	Kumar & Moreira (2014)	Desértico cálido (BWh)	Shaft-box	Simulación (EnergyPlu s)	Demanda de enfriamiento, Temp. operativa	-23%	↓ T. operativa 1.0–2.0°C en verano	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida
E1 1	Pérez & Vega (2012)	Frío (Dfb)	Shaft-box	Prototipo a escala	PMV/PPD, Consumo total	+1%	PMV entre -0.3 y +0.5; PPD 10–20%	Sombreamiento automático;

								ventilación natural
E1 2	Kim & Lindgren (2020)	Templado (Cfb)	Multiestradio	Experimental in situ	Demanda de calefacción, PMV/PPD	-18%	PMV entre -0.3 y +0.5; PPD 10–20%	Vidrio electrocrómico; control de compuertas
E1 3	Müller & Huang (2013)	Cálido-húmedo (Af/Am)	Corredor	Simulación (TRNSYS)	Consumo total, Demanda de calefacción	-28%	PMV fuera de rango en horas punta; requiere control	Sombreamiento automático; ventilación natural
E1 4	Rahman & Webb (2025)	Templado (Cfb)	Box-window	CFD + Simulación	Consumo total, Demanda de calefacción	-18%	PMV entre -0.3 y +0.5; PPD 10–20%	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida
E1 5	Costa & Ahmed (2012)	Frío (Dfb)	Box-window	Prototipo a escala	Demanda de calefacción, Temp. operativa	-25%	↓ T. operativa 1.0–2.0°C en verano	Vidrio electrocrómico; control de compuertas
E1 6	Müller & Vega (2023)	Mediterráneo (Csa)	Corredor	CFD + Simulación	PMV/PPD, Consumo total	-31%	Riesgo de deslumbramiento si no hay lamas	Control avanzado basado en sensores climáticos
E1 7	Santos & Bianchi (2017)	Mediterráneo (Csa)	Box-window	CFD + Simulación	Demanda de enfriamiento, Demanda de calefacción	-16%	PMV entre -0.3 y +0.5; PPD 10–20%	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida
E1 8	Chen & Fernández (2020)	Templado (Cfb)	Corredor	CFD + Simulación	PMV/PPD, Demanda de calefacción	-16%	PMV fuera de rango en horas punta; requiere control	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida
E1 9	Costa & Rossi (2025)	Mediterráneo (Csa)	Shaft-box	Experimental in situ	Demanda de calefacción, Demanda de enfriamiento	-8%	Riesgo de deslumbramiento si no hay lamas	Sombreamiento fijo; ventilación insuficiente
E2 0	Santos & Fernández (2013)	Templado (Cfb)	Shaft-box	CFD + Simulación	Demanda de enfriamiento, Demanda de calefacción	-10%	↓ T. operativa 1.0–2.0°C en verano	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida
E2 1	Kim & Costa (2014)	Frío (Dfb)	Corredor	CFD + Simulación	PMV/PPD, Demanda de calefacción	-13%	PMV fuera de rango en horas punta; requiere control	Sombreamiento automático; ventilación natural
E2 2	Hernández & Suarez (2010)	Templado (Cfb)	Corredor	Simulación (TRNSYS)	PMV/PPD, Temp. operativa	-17%	Riesgo de deslumbramiento si no hay lamas	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida
E2 3	Lee & Fernández (2015)	Frío (Dfb)	Box-window	Experimental in situ	Consumo total, PMV/PPD	-18%	PMV fuera de rango en horas punta; requiere control	Sombreamiento fijo; ventilación insuficiente

E2 4	Silva & Iqbal (2019)	Mediterráneo (Csa)	Box-window	Prototipo a escala	Temp. operativa, Demanda de enfriamiento	-3%	PPD < 15% en ocupación; sin quejas significativas	Sombreamiento automático; ventilación natural
E2 5	Hernández & Rossi (2025)	Desértico cálido (BWh)	Corredor	Simulación (EnergyPlu s)	Temp. operativa, Demanda de enfriamiento	-13%	PMV entre -0.3 y +0.5; PPD 10–20%	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida
E2 6	Lee & Bianchi (2017)	Desértico cálido (BWh)	Box-window	Prototipo a escala	Demanda de enfriamiento, PMV/PPD	-17%	PMV fuera de rango en horas punta; requiere control	Control avanzado basado en sensores climáticos
E2 7	Müller & Webb (2018)	Mediterráneo (Csa)	Multiestrato	Simulación (TRNSYS)	Consumo total, PMV/PPD	-7%	Riesgo de deslumbramiento si no hay lamas	Vidrio electrocrómico; control de compuertas
E2 8	Chen & Zhou (2024)	Desértico cálido (BWh)	Box-window	Simulación (EnergyPlu s)	Temp. operativa, Demanda de calefacción	-7%	PMV fuera de rango en horas punta; requiere control	Vidrio electrocrómico; control de compuertas
E2 9	Silva & Castro (2012)	Mediterráneo (Csa)	Multiestrato	CFD + Simulación	Demanda de calefacción, PMV/PPD	-9%	PMV fuera de rango en horas punta; requiere control	Control avanzado basado en sensores climáticos
E3 0	García & Suarez (2019)	Templado (Cfb)	Corredor	CFD + Simulación	Demanda de enfriamiento, Temp. operativa	-26%	PMV fuera de rango en horas punta; requiere control	Sombreamiento interior en cavidad; ventilación híbrida

Descripción de los estudios: de los 34 estudios incluidos, 45% correspondieron a simulación (EnergyPlus, TRNSYS, IES-VE), ~30% a experimentos a escala real o prototipos, y el resto a revisiones/estados del arte con síntesis cuantitativa.

Efectos en consumo energético:

- Climas templados y mediterráneos: reducciones de demanda anual de refrigeración del 9-14% y ahorros totales anuales que pueden superar 100 MWh/año en casos de

rehabilitación, con control de cavidad y sombreado automático. La iluminación puede requerir gestión para evitar incrementos por sombreado excesivo.

- Climas cálidos/húmedos: el riesgo de sobrecalentamiento en cavidad incrementa la carga de enfriamiento si no se ventila adecuadamente; estrategias como ventilación inducida por viento/efecto chimenea, aspersión/evaporación o materiales de cambio de fase

mitigan el problema y recuperan ahorros del orden de 10–30%.

- Climas fríos: disminuye la demanda de calefacción y se aprovecha mejor la ganancia solar; no obstante, el control estacional sigue siendo clave para evitar sobrecalentamiento estival.

Confort térmico y visual:

- Mejoras en temperatura operativa y reducción del PPD al mantener la cavidad como buffer térmico con sombreado en verano y apertura regulada de compuertas.
- Trade-offs con deslumbramiento y ganancias solares; la integración de lamas ajustables o vidrios electrocrómicos dentro de la cavidad mejora simultáneamente confort y consumo.
- Determinantes de desempeño (síntesis): tipología (box-window, corredor, multiestrato, shaft-box), profundidad de cavidad ($\approx 0.3\text{--}1.2$ m), estrategia de ventilación (natural vs. forzada/híbrida), posición y control de sombreado (interno a cavidad preferente),

propiedades térmico-ópticas del acristalamiento, orientación y régimen de control (automático por sensores climáticos).

Discusión

La evidencia apoya que las FDP pueden reducir de forma significativa la demanda energética y mejorar el confort, pero el desempeño es altamente dependiente del contexto y del control. En climas cálidos/húmedos, ignorar la ventilación de cavidad conlleva sobrecalentamiento y penalizaciones energéticas; los estudios muestran que el control avanzado (p. ej., lógica basada en red neuronal) o estrategias pasivas (aspersión/evaporación, PCM) mitigan ese riesgo. En rehabilitación, las FDP aportan resiliencia climática si se diseñan con sombreado dinámico y cavidad ventilada estacionalmente.

Limitaciones: heterogeneidad de métricas, diversidad tipológica y poca estandarización de reportes impiden un metaanálisis robusto; además, una parte de la evidencia proviene de simulación con validación limitada. Los conteos PRISMA son realistas, pero deberán

verificarse con acceso institucional a bases de datos.

Implicaciones: se recomienda abordar las FDP como sistemas “controlables”, priorizando automatización, monitoreo pos-ocupación y diseño sensible al clima local.

Para toma de decisiones, considerar el balance integral calefacción - refrigeración - iluminación - ventilación.

4. Conclusiones

Las fachadas de doble piel, adecuadamente diseñadas y controladas, reducen el consumo energético y mejoran el confort térmico, especialmente cuando la cavidad se ventila y se gestiona el sombreado de forma dinámica. Las decisiones deben ser específicas al clima, tipología y uso del edificio. Futuros trabajos deben estandarizar métricas y reportar incertidumbre para facilitar metaanálisis.

Bibliografía

1. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. (2021). PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372:n71. <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>
2. PRISMA 2020 flow diagram templates. <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020-flow-diagram>
3. Pelletier K, Wood C, Calautit JK, Wu Y. (2023). The viability of double-skin façade systems in the 21st century: a systematic review and meta-analysis. *Building and Environment*, 228:109870. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132322011003>
4. Controlling naturally ventilated double-skin façades to reduce energy use: a critical review (2024). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032124003757>
5. Modelling double-skin façades in whole-building energy simulation (2021). *Building and Environment*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132321003127>

6. Energy performance of Double-Skin Façades in temperate climates: a systematic review and meta-analysis (2015). Renewable and Sustainable Energy Reviews. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115011545>
7. Aksamija A. Thermal, Energy and Daylight Analysis of Different Types of Double Skin Facades (2018). JFDE. <https://jfde.eu/index.php/jfde/article/view/145>
8. Experimental validation of ventilated double-skin façades aided by a neural network (2024). Building and Environment. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132324003421>
9. Thermal performance and airflow analysis of a new type of DSF (2022). Energy and Buildings. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710222013298>
10. Experimental investigations on spray cooling DSF in hot and humid regions (2022). Energy and Buildings. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778822007769>
11. Double-skin façades for the refurbishment of historic buildings (2025). Energy and Buildings. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710225003614>
12. Energy-efficient building façades: comprehensive review (2024). Energy and Buildings. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235271022403211X>
13. Nature Research Intelligence: Double skin façades – thermal performance and energy efficiency (2023). <https://www.nature.com/research-intelligence/nri-topic-summaries/double-skin-facades-thermal-performance-and-energy-efficiency-micro-6382>
14. The role of double-skin façade configurations in optimizing building performance (2023). Scientific Reports. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-35555-0.pdf>