



# Módulo 6

## Auditorías de transferencia de calor y energía en edificios

Desarrollado por

Organización Educativa  
EUROTraining

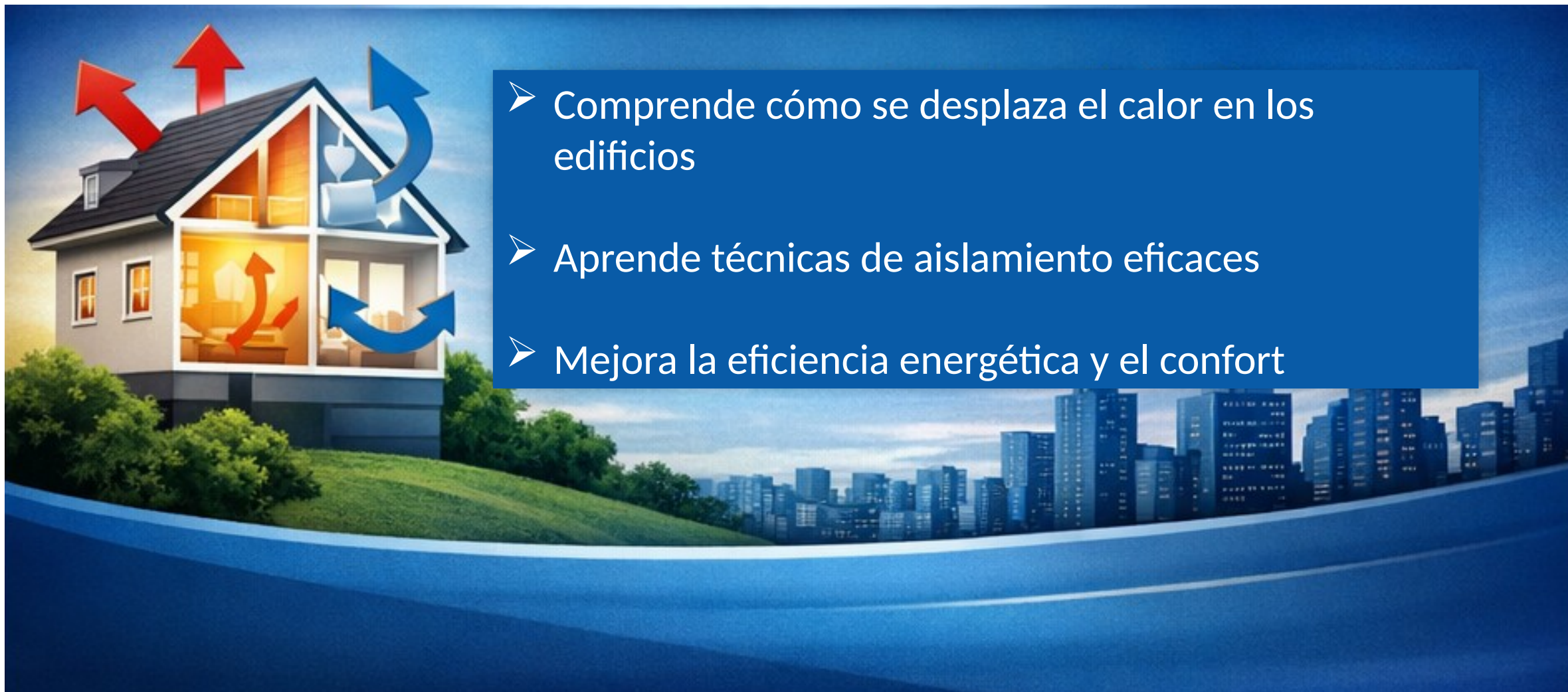


Co-funded by  
the European Union



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.





- Comprende cómo se desplaza el calor en los edificios
- Aprende técnicas de aislamiento eficaces
- Mejora la eficiencia energética y el confort



Co-funded by  
the European Union



# Contenido del módulo 6

|            |                                                                |          |  |
|------------|----------------------------------------------------------------|----------|--|
| Lección 39 | Componentes de la pérdida y ganancia de calor en los edificios | Lesson 1 |  |
| Lección 40 | Cargas de calefacción y refrigeración                          |          |  |
| Lección 41 | Fundamentos de las auditorías energéticas de edificios         |          |  |
| Lección 42 | Instrumentación básica para auditorías energéticas             |          |  |
| Lección 43 | Recopilación de datos básicos                                  |          |  |
| Lección 44 | Estrategias de rehabilitación de la envolvente                 |          |  |

# LECCIÓN 39

---

## Componentes de la pérdida y ganancia de calor en los edificios



Co-funded by  
the European Union



# Introducción a las pérdidas y ganancias de calor en los edificios

Las pérdidas y ganancias de calor en los edificios son factores críticos que determinan la energía necesaria para la calefacción o la refrigeración. En esta lección, exploramos los mecanismos por los que los edificios pierden calor en invierno y ganan calor en verano. Comprender estos componentes es esencial para los profesionales del diseño de sistemas de bombas de calor y de climatización.

Los principales componentes de la pérdida y ganancia de calor incluyen:

- Conducción de calor a través de la envolvente del edificio (paredes, techos, suelos, ventanas)
- Ganancias solares a través de los acristalamientos
- Infiltración de aire y ventilación
- Ganancias de calor internas procedentes de electrodomésticos, iluminación y ocupantes



# Conducción de calor a través de paredes, techos y suelos

La conducción es la transferencia de calor a través de materiales sólidos como paredes, techos y suelos. La tasa de flujo de calor depende del valor  $U$  del material y de la diferencia de temperatura a través del mismo.

Fórmula clave:  $Q = U \cdot A \cdot (T_i - T_o)$ , donde:

- $Q$  es el flujo de calor en vatios
- $U$  es el coeficiente global de transferencia térmica
- $A$  es la superficie de transferencia
- $T_i$  y  $T_o$  son las temperaturas interior y exterior, respectivamente

Un aislamiento adecuado es esencial para minimizar la pérdida de calor en invierno y la ganancia de calor en verano

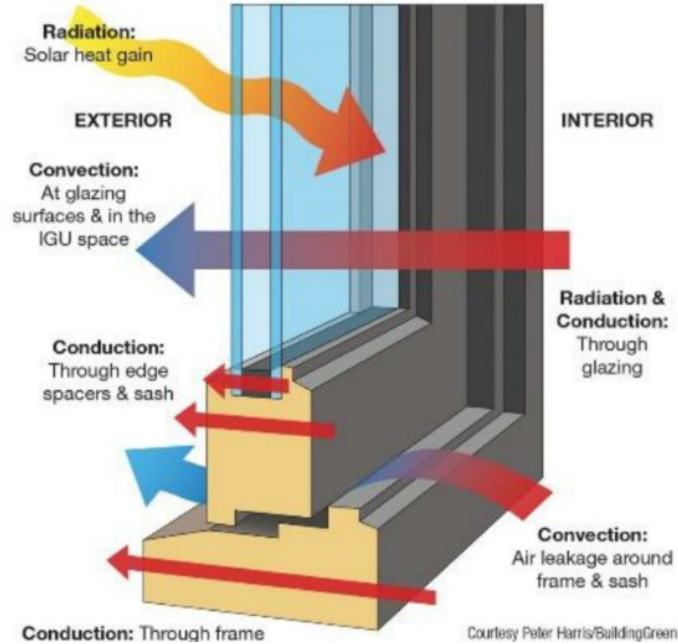


# Conducción de calor a través de ventanas y acristalamientos

Las ventanas son puntos débiles térmicos en la envolvente de un edificio, ya que el vidrio es un mal aislante en comparación con las paredes o los techos.

Las ventanas de cristal simple pueden tener valores  $U$  de hasta  $5,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . El doble acristalamiento reduce significativamente la pérdida de calor, con valores  $U$  en torno a  $2,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , y el triple acristalamiento puede acercarse al rendimiento aislante de una pared.

# Conducción de calor a través de ventanas y acristalamientos



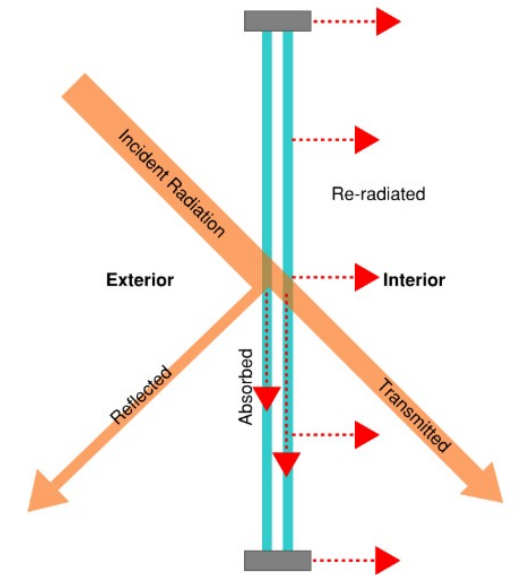
Para reducir la transferencia de calor, considere la posibilidad de utilizar revestimientos de vidrio de baja emisividad, relleno de gas argón o marcos aislantes. Un buen sellado hermético alrededor de las ventanas también es fundamental para evitar corrientes de aire.

# Aporte solar a través de los acristalamientos (ventanas)

La radiación solar atraviesa materiales transparentes como el cristal de las ventanas y calienta las superficies interiores del edificio. En invierno, la ganancia solar puede ayudar a reducir la demanda de calefacción, pero en verano puede provocar un sobrecalentamiento y un aumento de las necesidades de refrigeración.

Las estrategias de diseño incluyen:

- Una orientación adecuada de las ventanas para maximizar la ganancia solar en invierno
- El uso de dispositivos de sombreado para bloquear el sol en verano
- Selección de vidrio con bajo coeficiente SHGC o revestimientos reflectantes para minimizar la ganancia solar no deseada en climas cálidos.



# Infiltración de aire y ventilación

La infiltración se refiere a las fugas de aire no deseadas a través de grietas y huecos en la envolvente del edificio, mientras que la ventilación es el intercambio controlado de aire interior con aire fresco del exterior. Ambos procesos afectan a las necesidades de calefacción y refrigeración.

La infiltración de aire añade aire frío o caliente no deseado que debe calentarse o enfriarse. Para minimizar la infiltración, utilice métodos de sellado como el calafateo y los burletes. En cuanto a la ventilación, los sistemas HRV pueden recuperar el calor del aire de salida para minimizar la pérdida de energía.

# Aportes de calor internos procedentes de las personas, los electrodomésticos y la iluminación

Las ganancias de calor internas provienen de las personas, los electrodomésticos y la iluminación. Estas fuentes pueden ayudar a reducir la demanda de calefacción en invierno, pero aumentan la demanda de refrigeración en verano.

Algunos ejemplos son:

- Las personas aportan calor metabólico, normalmente alrededor de 100 W por persona.
- La iluminación, especialmente las bombillas ineficientes, añade calor al edificio.
- Los electrodomésticos, como los frigoríficos y los ordenadores, liberan calor como subproducto del consumo de energía.

# LECCIÓN 40

---

## Cargas de calefacción y refrigeración

# Balance energético general de una zona térmica

Cada edificio o estancia puede considerarse una zona térmica con flujos de calor que entran y salen.

- El calor entra a través de la radiación solar, las ganancias internas (ocupantes, electrodomésticos, iluminación) y los sistemas de calefacción.
- El calor sale a través de la envolvente del edificio: por conducción a través de paredes, ventanas, techo y suelo, además del intercambio de aire.

# Concepto de carga térmica (sensible y latente)

Las cargas térmicas se refieren a la energía calorífica que debe añadirse o eliminarse de un espacio para mantener el confort.

- Carga de calor sensible: afecta a la temperatura del aire, por ejemplo, el calor procedente de electrodomésticos, personas y la radiación solar.
- Carga de calor latente: afecta al contenido de humedad del aire. Es la energía necesaria para evaporar o condensar la humedad.

# Condiciones de diseño para la calefacción y la refrigeración

A la hora de dimensionar los sistemas de climatización, se eligen unas condiciones de diseño que garanticen el confort incluso en condiciones climáticas extremas.

- Las condiciones de diseño en interiores suelen oscilar entre 20 y 22 °C para la calefacción (invierno) y entre 25 y 26 °C para la refrigeración (verano).
- Las condiciones de diseño exteriores se basan en datos de temperatura extremos pero realistas: las más frías para la calefacción y las más cálidas para la refrigeración.

# Consideraciones prácticas adicionales para el dimensionamiento del sistema y los tipos de edificios

Hay factores prácticos que influyen en el dimensionamiento del sistema más allá de los cálculos básicos de la carga térmica:

- A menudo se añaden márgenes de seguridad (aproximadamente un 10 % de capacidad adicional) para tener en cuenta las incertidumbres, pero el sobredimensionamiento reduce la eficiencia.
- La masa térmica (construcción pesada frente a ligera) afecta a la rapidez con la que cambian las temperaturas, lo que influye en la carga de calefacción/refrigeración.
- Las estrategias de estanqueidad y ventilación (por ejemplo, HRV) son fundamentales, especialmente para sistemas como las bombas de calor que dependen de una infiltración mínima.

# LECCIÓN 41

---

## Fundamentos de las auditorías energéticas de edificios

# Introducción a las auditorías energéticas

Una auditoría energética es una evaluación sistemática del consumo y el rendimiento energético de un edificio.

En los proyectos de rehabilitación, las auditorías energéticas son fundamentales para identificar ineficiencias y mejorar el rendimiento energético. La auditoría proporciona una hoja de ruta para las mejoras de ahorro energético, estableciendo una referencia del rendimiento actual y señalando las áreas que requieren mejoras.

# Objetivos y ventajas principales de las auditorías energéticas

Entre los principales objetivos de una auditoría energética se incluyen:

- **Identificar ineficiencias:** Detectar áreas de desperdicio de energía, como un aislamiento deficiente, equipos obsoletos o problemas operativos.
- **Priorizar las mejoras:** Clasificar las medidas de conservación de energía (ECM) para maximizar el ahorro energético y la reducción de costes.
- **Maximizar el retorno de la inversión y los incentivos:** Calcular los costes y el ahorro, e identificar los incentivos gubernamentales o las oportunidades de financiación.
- **Garantizar la optimización del sistema:** Detectar soluciones rápidas para el desperdicio de energía, como equipos que funcionan mal o controles mal calibrados.
- **Mejorar el rendimiento y el confort:** mejorar el rendimiento del edificio, reducir las facturas de energía y disminuir el impacto medioambiental.



# Instalación de bombas de calor en la rehabilitación de edificios

Para la instalación de bombas de calor, las reformas de edificios son esenciales para optimizar el rendimiento.

Factores clave para una integración satisfactoria:

- Reducción de la demanda de calefacción: mejorar el aislamiento y reducir las pérdidas de calor permite que la bomba de calor funcione a temperaturas más bajas (40–50 °C).
- Reducción de las temperaturas de distribución: La conversión de los radiadores o la instalación de calefacción por suelo radiante permite que las bombas de calor funcionen de manera eficiente.
- Optimización del sistema: Ajustar los controles y reducir los descensos de temperatura garantiza que la bomba de calor funcione dentro de su rango de temperatura óptimo, mejorando el SCOP (coeficiente de rendimiento estacional).

# Tipos de auditorías energéticas según su intensidad

Las auditorías energéticas varían en intensidad según las necesidades del proyecto:

- Auditoría preliminar (auditoría de alto nivel): un análisis rápido y general del consumo energético mediante inspecciones visuales.
- Auditoría exhaustiva (general o detallada): un análisis más profundo de las facturas de servicios públicos, el rendimiento del sistema y mediciones in situ.
- Auditoría de grado de inversión: un análisis técnico detallado con un modelo energético calibrado, que incluye tanto mediciones como simulaciones dinámicas para predecir el ahorro con precisión.

# Normas clave (ISO 50002, EN 16247)

Las normas proporcionan marcos para la realización de auditorías energéticas, garantizando la coherencia y la comparabilidad:

- **EN 16247**: Norma europea para auditorías energéticas, que ofrece directrices para edificios, sistemas de climatización y estrategias de control.
- **ISO 50002**: Norma internacional para auditorías energéticas, alineada con la norma ISO 50001 para sistemas de gestión de la energía.
- **Normas EPB (EN ISO 52000-1)**: Se utilizan para calcular el rendimiento energético global de un edificio, algo esencial para evaluar el ahorro energético derivado de las renovaciones.
- **ISO 50015**: Norma para la monitorización, medición y verificación del rendimiento energético, que garantiza que se alcancen los ahorros previstos.



# LECCIÓN 42

---

## Instrumentación básica para auditorías energéticas

# Introducción a la instrumentación para auditorías energéticas

La instrumentación es fundamental en las auditorías energéticas para recopilar datos fiables sobre el rendimiento energético de un edificio.

Entre los instrumentos clave se incluyen sensores para las condiciones ambientales interiores, dispositivos de medición del flujo de aire, contadores eléctricos, analizadores de combustión, cámaras térmicas y herramientas para pruebas de estanqueidad.

Estos instrumentos ayudan a diagnosticar ineficiencias energéticas, identificar oportunidades de mejora y garantizar datos precisos para la rehabilitación con bombas de calor.

# Sensores ambientales para interiores (temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, velocidad del aire)

Los sensores ambientales de interiores se utilizan para medir parámetros clave de confort y calidad del aire:

- Sensores de temperatura (termómetros, registradores de datos): evalúan el nivel de calefacción o refrigeración de los espacios.
- Sensores de humedad (higrómetros): miden los niveles de humedad para identificar problemas de ventilación deficiente o de control de la climatización.
- Sensores de CO<sub>2</sub>: se utilizan para supervisar la calidad del aire interior y la eficacia de la ventilación. Un nivel elevado de CO<sub>2</sub> indica que no hay suficiente aire fresco.
- Sensores de velocidad del aire (anemómetros): miden la velocidad del flujo de aire para garantizar una distribución equilibrada de la climatización e identificar corrientes de aire o aire estancado.

Estas mediciones garantizan que las mejoras de ahorro energético no comprometan el confort ni la salud de los ocupantes.

# Medición del caudal de aire y agua en sistemas de climatización

La medición del caudal es fundamental para comprender cómo se mueven los fluidos en los sistemas de climatización:

- Anemómetros (de paletas o de hilo caliente): miden la velocidad del aire, lo que ayuda a evaluar el rendimiento de los conductos y rejillas de ventilación.
- Tubos de Pitot: miden la presión dinámica en los conductos, lo que ayuda a calcular el caudal de aire y a detectar desequilibrios en el flujo de aire.
- Campanas de captura de flujo: miden el volumen del flujo de aire colocándose sobre difusores o rejillas.
- Medidores de caudal de agua (p. ej., medidores ultrasónicos de pinza): miden el caudal de agua caliente en los sistemas de calefacción hidrónica para evaluar el suministro de calor y el equilibrio del sistema.



Las mediciones precisas del caudal garantizan que los sistemas de climatización funcionen de manera eficiente y son esenciales a la hora de realizar una reconversión con bombas de calor.

# Contadores de consumo eléctrico

Los medidores de consumo eléctrico miden la cantidad de energía que consumen los equipos y su eficiencia.

- Pinzas amperimétricas: miden la corriente que circula por los conductores sin contacto directo, lo que resulta útil para comprobar equipos importantes, como los sistemas de climatización.
- Analizadores de potencia: miden el voltaje, la corriente, la potencia, la energía y el factor de potencia. Ayudan a crear perfiles de carga e identificar ineficiencias, como motores sobredimensionados o iluminación ineficiente.

Estas herramientas ayudan a evaluar si la infraestructura eléctrica del edificio puede soportar la instalación de una bomba de calor y a identificar oportunidades de ahorro.



# Analizadores de combustión para sistemas de calefacción

Los analizadores de combustión se utilizan en edificios con sistemas de calefacción por combustión (gas, gasóleo, biomasa) para medir la eficiencia de la quema de combustible.

El analizador mide el  $O_2$ , el CO, el  $CO_2$ , el  $NO_x$  y la temperatura de los gases de combustión. Proporciona datos sobre la eficiencia de la combustión, el exceso de aire y la seguridad (por ejemplo, los niveles de CO). Esta información ayuda a identificar problemas como la combustión incompleta o el desperdicio excesivo de energía antes de realizar una reconversión con una bomba de calor.

Los datos sobre la eficiencia de la combustión proporcionan una **guía** para el ahorro energético, lo que respalda la instalación de una **boiler** de calor.



# Imágenes térmicas (termografía infrarroja)

La termografía infrarroja se utiliza para detectar diferencias de temperatura en las superficies de los edificios.

- Identifica fallos en el aislamiento, puentes térmicos y fugas de aire.
- Revela problemas ocultos, como la acumulación de humedad o la falta de aislamiento.
- Es útil en la modernización de bombas de calor para localizar zonas de pérdida de calor y priorizar las mejoras.

Las imágenes térmicas muestran el calor que se escapa a través de huecos o zonas mal aisladas, lo que orienta las prioridades de la rehabilitación.

# Prueba de estanqueidad al aire (método de la puerta sopladora)

Las pruebas de estanqueidad, que suelen realizarse mediante el método de la puerta sopladora, son fundamentales para detectar fugas de aire en la envolvente del edificio.

Las puertas sopladoras presurizan o despresurizan el edificio, midiendo el flujo de aire necesario para mantener una diferencia de presión.

El resultado se expresa en renovaciones de aire por hora ( $ACH_{50}$ ), lo que indica el grado de permeabilidad del edificio.

La identificación de fugas permite el sellado hermético para reducir la pérdida de energía y mejorar la eficiencia de la bomba de calor.

Esta prueba garantiza que el edificio esté adecuadamente sellado antes de instalar una bomba de calor, optimizando el rendimiento energético.



# Prueba de estanqueidad al aire (método de la puerta sopladora)

Esta prueba garantiza que el edificio esté debidamente sellado antes de instalar una bomba de calor, lo que optimiza el rendimiento energético



# Calibración y precisión de los instrumentos

La calibración garantiza que los instrumentos proporcionen datos precisos y fiables durante las auditorías energéticas.

## Ventajas:

- Las mediciones precisas son la base de unas auditorías energéticas fiables.
- La calibración garantiza que las mediciones se ajusten a las normas de referencia nacionales o internacionales.
- Una calibración adecuada mejora la toma de decisiones en materia de reformas, dimensionamiento de equipos y mejoras de rendimiento.

! Los instrumentos inexactos pueden dar lugar a errores, prácticas inseguras y un dimensionamiento inadecuado de sistemas como las bombas de calor. !

# LECCIÓN 43

---

## Recopilación de datos básicos



Co-funded by  
the European Union



# Introducción a la recopilación de datos en las auditorías energéticas

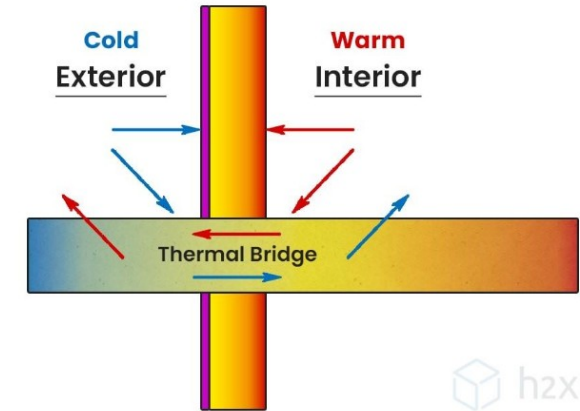
Recopilar los datos adecuados es esencial para las auditorías energéticas, especialmente para planificar las reformas.

Las categorías de datos clave incluyen:

- Envolvente del edificio (paredes, ventanas, tejados, etc.)
- Zonas térmicas (áreas con necesidades similares de calefacción y refrigeración)
- Facturas históricas de suministros energéticos (patrones de consumo energético)
- Datos meteorológicos locales (temperatura, humedad, radiación solar)
- Detalles de ocupación (número de ocupantes y su comportamiento)
- Sistemas de climatización (equipos y red de distribución)

# Envolvente del edificio: paredes, ventanas, puentes térmicos

La envolvente del edificio separa el interior del exterior, lo que influye en el consumo de energía.



Elementos clave que deben documentarse:

- Paredes: construcción, niveles de aislamiento, tipo de material.
- Ventanas: Tipo (acristalamiento simple o doble) y orientación (afecta a la ganancia solar).
- Puertas: Aislamiento y sellado.

# Zonas térmicas

Las zonas térmicas agrupan espacios con necesidades similares de calefacción y refrigeración.

En la recopilación de datos, los auditores:

- Definen qué salas o áreas forman parte de cada zona.
- Documentan los sistemas de climatización que dan servicio a cada zona.
- Anotan los puntos de consigna de temperatura, los métodos de control y los horarios de funcionamiento.

Esto ayuda a comprender las ganancias de calor internas, los niveles de confort y el consumo de energía en las diferentes partes del edificio.

# Facturas de suministros energéticos

Las facturas de suministros energéticos proporcionan información fundamental sobre los patrones de consumo energético.

Los auditores analizan:

- El consumo mensual de electricidad, gas y combustible para calefacción.
- Las variaciones estacionales en el uso de la energía (demanda de refrigeración frente a la de calefacción).
- La identificación de anomalías que puedan indicar ineficiencias.

Los datos de las facturas de suministros energéticos ayudan a establecer una referencia para el uso de la energía e identificar oportunidades de mejora.

# Datos meteorológicos: fuentes e importancia

Los datos meteorológicos son fundamentales para normalizar el consumo de energía y calcular las cargas de calefacción y refrigeración.

Los auditores recopilan:

- Características climáticas locales (temperatura, humedad, radiación solar).
- Grados-día de calefacción (HDD) y grados-día de refrigeración (CDD) para la ubicación del edificio.

Los datos meteorológicos ayudan a comparar el rendimiento del edificio a lo largo de los años y a ajustar el consumo de energía en función de las variaciones de la temperatura exterior.

# Datos de ocupación

Los datos de ocupación influyen en el consumo energético y los niveles de confort de un edificio

Entre los datos clave que se deben recopilar se incluyen:

- Número de ocupantes y sus horarios.
- Patrones de ocupación (por ejemplo, fines de semana, días festivos).
- Actividades que generan calor o humedad (p. ej., cocinar, hacer ejercicio).

Comprender la ocupación ayuda a adaptar el funcionamiento de la climatización y los controles de zonificación, reduciendo así el consumo de energía

# Unidades terminales y sistemas de generación de calor

La recopilación de datos sobre los sistemas de climatización es esencial para comprender el rendimiento energético de los edificios.

Los auditores documentan:

- Tipo de sistemas de calefacción (p. ej., caldera de gas, bomba de calor) y de refrigeración (p. ej., aire acondicionado, enfriadoras).
- Especificaciones: números de modelo, capacidades, tipos de combustible, índices de eficiencia.
- Unidades terminales: radiadores, fan coils o cajas VAV.

Este inventario ayuda a identificar ineficiencias y sirve de base para tomar decisiones de modernización, como actualizar los equipos o cambiar a bombas de calor.



# LECCIÓN 44

---

## Estrategias de rehabilitación de la envolvente



Co-funded by  
the European Union



# Reducción de la demanda de calefacción y del impacto de las bombas de calor

La rehabilitación de la envolvente del edificio para reducir la demanda de calefacción es una estrategia fundamental para el funcionamiento eficiente de las bombas de calor.

Al mejorar el aislamiento y la estanqueidad, los edificios pueden utilizar bombas de calor más pequeñas, lo que reduce los costes y el consumo de energía.

Los estudios demuestran que las mejoras en el aislamiento pueden reducir la demanda de calefacción hasta en un 50 %, lo que garantiza una mayor eficiencia de las bombas de calor y una vida útil más larga.

# Componentes de la envolvente del edificio y pérdida de calor

La envolvente del edificio, que incluye paredes, techo, suelos, ventanas y puertas, influye significativamente en la pérdida de calor.

Las paredes representan entre el 35 % y el 40 % de la pérdida de calor, el techo entre el 15 % y el 25 %, y las ventanas suelen ser el eslabón más débil.

Abordar los puentes térmicos y mejorar el aislamiento de estos componentes puede reducir en gran medida la pérdida de calor total.

# Deficiencias habituales en las envolventes de los edificios existentes

Los edificios antiguos suelen adolecer de un aislamiento insuficiente, ventanas obsoletas, fugas de aire importantes y puentes térmicos. Estas deficiencias provocan un mayor consumo de energía y una menor comodidad. Abordar estos problemas, como mejorar el aislamiento, sellar las grietas y sustituir las ventanas antiguas, es fundamental para mejorar el rendimiento energético.

# Evaluación de las necesidades de rehabilitación: inspecciones y métodos de diagnóstico

Una planificación eficaz de la rehabilitación comienza con una evaluación exhaustiva mediante herramientas de diagnóstico como la termografía infrarroja y las pruebas de puerta sopladora.

La termografía identifica las pérdidas de calor a través de huecos en el aislamiento y puentes térmicos, mientras que las pruebas de puerta sopladora miden la estanqueidad y localizan los puntos de fuga de aire.

# Soluciones de rehabilitación (sellado hermético, mejora del acristalamiento, control de la humedad)

Las principales soluciones de rehabilitación incluyen la mejora del aislamiento, la renovación de los acristalamientos, el sellado de fugas de aire y el control de la humedad.

El aislamiento de paredes exteriores, el aislamiento de paredes interiores y el aislamiento de paredes huecas son métodos habituales.

La sustitución de las ventanas por doble acristalamiento reduce la pérdida de calor, mientras que el control de la humedad evita la condensación y el moho.

# Tipos de materiales aislantes

Entre los diferentes materiales aislantes se incluyen la lana mineral, los aislantes de espuma como el EPS y el PIR, las fibras naturales como la celulosa y el cáñamo, y materiales avanzados como los aerogeles.

Cada uno tiene sus ventajas y aplicaciones adecuadas, como la lana mineral para la resistencia al fuego y la celulosa para soluciones ecológicas y transpirables.

# Métodos generales de instalación

El aislamiento se puede instalar en el exterior, en el interior o en cavidades, cada uno con ventajas específicas.

El aislamiento de paredes exteriores (EWI) proporciona una protección térmica continua sin reducir el espacio interior, mientras que el aislamiento de paredes interiores (IWI) conserva la estética exterior.

El aislamiento de paredes con cámara de aire (CWI) es rentable para viviendas de mediados del siglo XX.

# Principios del control de la humedad

El control de la humedad es fundamental en la rehabilitación de la envolvente.

Esto incluye impedir la entrada de agua, garantizar un aislamiento continuo y la estanqueidad, utilizar estrategias adecuadas de control de vapor y proporcionar ventilación para la disipación de la humedad.

Un enfoque equilibrado garantiza la eficiencia energética al tiempo que evita la condensación y el moho.

# Puntos clave

- ✓ Podrás **identificar los principales mecanismos de pérdida y ganancia de calor** (conducción, ganancias solares, infiltración/ventilación, ganancias internas) y explicar cómo influyen en el comportamiento del edificio.
- ✓ Podrás **traducir los flujos de calor en cargas** utilizando el balance energético de la zona térmica y distinguiendo **entre** cargas **sensibles y latentes**.
- ✓ Comprende **por qué las auditorías energéticas son lo primero** en una renovación: establecen una referencia, identifican las mayores pérdidas, priorizan las medidas y respaldan las decisiones de inversión.
- ✓ Podrás seleccionar e interpretar **las principales herramientas y datos de auditoría** (sensores interiores, flujo de aire/agua, medición eléctrica, termografía, prueba de estanqueidad) y explicar por qué **la calibración** protege la credibilidad de la auditoría.
- ✓ Podrás aplicar **la lógica de rehabilitación «fabric-first»**: reducir la demanda, mejorar la estanqueidad, gestionar la humedad y permitir **la distribución a baja temperatura** para mejorar el rendimiento estacional de la bomba de calor.

# Bibliografía

- Alhawari, A., & Mukhopadhyaya, P. (2018). Thermal bridges in building envelopes—An overview of impacts and solutions. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 9(1), 31-40.
- Theodosiou, T., Tsikaloudaki, K., Kontoleon, K., & Giarma, C. (2021). Assessing the accuracy of predictive thermal bridge heat flow methodologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 136, 110437 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110437>
- Liu, X., Zhang, T., Liu, X., & Jiang, Y. (2021). Outdoor air supply in winter for large-space airport terminals: Air infiltration vs. mechanical ventilation. *Building and Environment*, 190, 107545 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107545>
- Lyu, Y., Zheng, S., Zhuo, K., Su, H., Li, J., & Liu, C. (2022). Experimental and numerical performance investigation of a water-flow window with vacuum-glazing insulation. *Solar Energy*, 233, 259-270 <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.01.034>
- Marino, B. M., Muñoz, N., & Thomas, L. P. (2017). Estimation of the surface thermal resistances and heat loss by conduction using thermography. *Applied Thermal Engineering*, 114, 1213-1221.
- Mathur, U., & Damle, R. (2021). Impact of air infiltration rate on the thermal transmittance value of building envelope. *Journal of Building Engineering*, 40, 102302 <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102302>
- Saber, H. H. (2013). Practical correlations for the thermal resistance of vertical enclosed airspaces for building applications. *Building and environment*, 59, 379-396.
- Barone, G., Buonomano, A., Forzano, C., Giuzio, G. F., Palombo, A., & Russo, G. (2023). A new thermal comfort model based on physiological parameters for the smart design and control of energy-efficient HVAC systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 173, 113015 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113015>
- Gilbert, H. (2015). Energy Balance. In: Vial, J.C., Engvold, O. (eds) *Solar Prominences*. Astrophysics and Space Science Library, vol 415. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10416-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10416-4_7)
- González, V.G., Bandera, C.F. A building energy models calibration methodology based on inverse modelling approach. *Build. Simul.* **15**, 1883–1898 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12273-022-0900-5>
- McQuiston, F. C., Parker, J. D., Spitler, J. D., & Taherian, H. (2023). *Heating, ventilating, and air conditioning: analysis and design*. John Wiley & Sons.
- Oke, T. R. (1988). The urban energy balance. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 12(4), 471-508. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401> (Original work published 1988)



Co-funded by  
the European Union



# Bibliografía

- Beermann, C. (2022). Comparison of International and European Standards in the Field of Energy Management. *International Journal of Mechanical Engineering*, 7.
- Davatgaran, V., Saniei, M., & Mortazavi, S. S. (2019). Smart distribution system management considering electrical and thermal demand response of energy hubs. *Energy*, 169, 38-49.
- Glavaš, H., Zovko-Ribić, F., Dorić, D., & Talapko, D. (2018, October). Development of energy management standards. In *2018 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)* (pp. 185-189). IEEE.
- Kamran, M., Turzyński, M., & Shams, H. (2026). Strategic energy audit and system assessment. In *Innovative Energy Management* (pp. 37-83). Elsevier.
- Kumar, L. A. (2022). Fundamentals of Energy Management and Energy Conservation. In *Energy Audit and Management* (pp. 1-42). CRC Press.
- Li, Y., Rezgui, Y., & Zhu, H. (2017). District heating and cooling optimization and enhancement-Towards integration of renewables, storage and smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 281-294.
- Thumann, A., Niehus, T., & Younger, W. J. (2020). Energy Auditing Basics. *Handbook of Energy Audits*, Ninth Edition, 1-17.
- Chen, B. T., & John, W. A. L. T. E. R. (2001). Instrument calibration.
- Cuenca Sánchez, A., & Llumiquinga Eras, P. (2025). DESIGN OF A EDUCATIONAL ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION METER FOR RESIDENTIAL USE. *Ingenius, Revista Ciencia y Tecnología*, (33).
- Díez, L. I., Cortés, C., Arauzo, I., & Valero, A. (2001). Combustion and heat transfer monitoring in large utility boilers. *International journal of thermal sciences*, 40(5), 489-496.
- Hsu, Y. S., Zheng, X., Cooper, E., Gillott, M., & Wood, C. J. (2021). Evaluation of the indoor pressure distribution during building airtightness tests using the pulse and blower door methods. *Building and Environment*, 195, 107742.
- Kumar, L. A. (2022). Fundamentals of Energy Management and Energy Conservation. In *Energy Audit and Management* (pp. 1-42). CRC Press.
- Mylonas, A., Kazanci, O. B., Andersen, R. K., & Olesen, B. W. (2019). Capabilities and limitations of wireless CO<sub>2</sub>, temperature and relative humidity sensors. *Building and Environment*, 154, 362-374.
- Rausser, G., Strielkowski, W., & Štreimikienė, D. (2018). Smart meters and household electricity consumption: A case study in Ireland. *Energy & Environment*, 29(1), 131-146.
- Sfakianaki, A., Pavlou, K., Santamouris, M., Livada, I., Assimakopoulos, M. N., Mantas, P., & Christakopoulos, A. (2008). Air tightness measurements of residential houses in Athens, Greece. *Building and Environment*, 43(4), 398-405.
- Sherman, M. (1995). The Use of Blower-Door Data 1. *Indoor Air*, 5(3), 215-224.

# Bibliografía

- Alhawari, A., & Mukhopadhyaya, P. (2018). Thermal bridges in building envelopes—An overview of impacts and solutions. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 9(1), 31-40.
- Alvur, E., Cuce, P. M., Cuce, E., Bouabidi, A., & Soudagar, M. E. M. (2025). Thermal bridging in windows: A critical review on mitigation strategies for enhanced building energy efficiency. *Sustainable and Clean Buildings*, 176-193.
- Berggren, B., & Wall, M. (2013). Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes—Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. *Energy and Buildings*, 65, 331-339.
- Biyik, E., & Kahraman, A. (2019). A predictive control strategy for optimal management of peak load, thermal comfort, energy storage and renewables in multi-zone buildings. *Journal of building engineering*, 25, 100826.
- Capozzoli, A., Gorrino, A., & Corrado, V. (2013). A building thermal bridges sensitivity analysis. *Applied Energy*, 107, 229-243.
- Khan, K. H., Ryan, C., & Abebe, E. (2017). Optimizing HVAC energy usage in industrial processes by scheduling based on weather data. *IEEE Access*, 5, 11228-11235.
- Park, J. S., Lee, S. J., Kim, K. H., Kwon, K. W., & Jeong, J. W. (2016). Estimating thermal performance and energy saving potential of residential buildings using utility bills. *Energy and buildings*, 110, 23-30.
- Ray, A., Wang, R., Nguyen, D., Martinez, J., Taylor, N., & Searcy, J. K. (2019). Household energy costs and the housing choice voucher program: Do utility allowances pay the bills?. *Housing Policy Debate*, 29(4), 607-626.
- Shin, M., & Haberl, J. S. (2019). Thermal zoning for building HVAC design and energy simulation: A literature review. *Energy and Buildings*, 203, 109429.
- Antonopoulos, K. A., & Koronaki, E. P. (2000). Thermal parameter components of building envelope. *Applied Thermal Engineering*, 20(13), 1193-1211.
- Baeten, B., Rogiers, F., & Helsen, L. (2017). Reduction of heat pump induced peak electricity use and required generation capacity through thermal energy storage and demand response. *Applied Energy*, 195, 184-195.
- El-Darwish, I., & Gomaa, M. (2017). Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency. *Alexandria engineering journal*, 56(4), 579-589.
- IAQ, I. A. Q. (2013). Moisture control guidance for building design, construction and maintenance. EPA 402-F-13053.
- Liu, C., Fan, Y., Zhang, Q., & Lin, G. (2025). Preliminary diagnostic assessment process and case studies for existing residential regeneration. *City and Built Environment*, 3(1), 4.
- Roberts, S., & Stephenson, R. (2010). Guidelines for Measures & Strategies-Wall Air Sealing & Insulation Methods in Existing Homes.
- Rodrigues, C., & Freire, F. (2017). Environmental impact trade-offs in building envelope retrofit strategies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(4), 557-570.
- Wilson, A. G., & Solvason, K. R. (1962). Performance of sealed double-glazing units. *Journal of the Canadian Ceramic Society*, (31), 62-68.



LITHUANIAN  
ENERGY  
INSTITUTE



ЕНЕРГИЙНА  
АГЕНЦИЯ  
ПЛОВДИВ



ENERGY  
AGENCY OF  
PLOVDIV



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



Co-funded by  
the European Union