

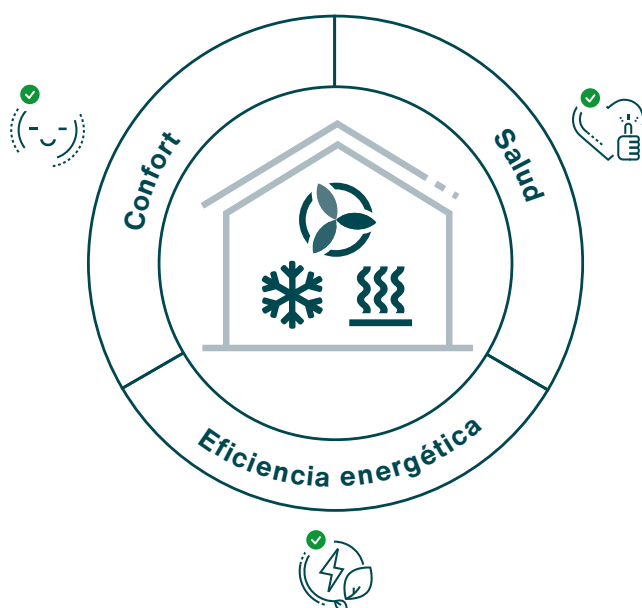
Cómo las tecnologías innovadoras equilibran salud, eficiencia energética y confort

El futuro de los hogares sostenibles

always the best climate

El futuro de los hogares sostenibles

Debido al cambio climático, debemos convivir con condiciones meteorológicas cada vez más extremas. Como consecuencia, el sobrecalentamiento se está convirtiendo en un problema creciente en los edificios residenciales. Mientras los precios de la energía siguen aumentando, arquitectos, planificadores y diseñadores se enfrentan al reto de equilibrar salud, eficiencia energética y confort para crear viviendas sostenibles. Diseñar hogares que integren los mejores sistemas de ventilación y climatización puede resultar todo un desafío, y la legislación vigente junto con los requisitos de los usuarios finales hacen que esta tarea sea aún más compleja.



**Al leer este documento,
descubrirás:**

- Qué tecnologías innovadoras marcarán el futuro de las soluciones de clima interior.
- Cómo se combinan estas tecnologías en una solución integral de ventilación y climatización.
- En qué tipos de viviendas funciona mejor esta solución.

¿Qué significa un buen clima interior?

Un buen clima interior es siempre un equilibrio entre salud, eficiencia energética y confort:

- **Salud:** niveles bajos de CO₂, reducción rápida de partículas (virus), prevención de ácaros y moho, menos polvo fino y polen.
- **Eficiencia energética:** uso óptimo de la energía para reducir electricidad y combustibles fósiles, manteniendo la vivienda saludable y confortable.
- **Confort:** temperatura adecuada, eliminación rápida de olores, nivel correcto de humedad y ausencia de corrientes de aire.

Referencia de proyecto:

Casa Pineda, construida bajo estándar PH en Pineda de Mar, Barcelona (España)



El reto de combinar ventilación y climatización

La ventilación y la climatización deben funcionar de manera coordinada para crear un hogar saludable, eficiente y confortable. Cuando no lo están, los sistemas individuales pueden contradecirse entre sí.

Por ejemplo, si la ventilación y la calefacción funcionan de manera independiente, pueden tener puntos de consigna o sensores distintos. Esto puede provocar que la ventilación aporte aire frío del exterior para reducir la temperatura, mientras que la calefacción funciona a máxima potencia para aumentarla, generando un consumo energético innecesario.



El ejemplo de la página siguiente muestra qué ocurre en una vivienda bien aislada cuando la ventilación y la climatización no están equilibradas (hogares 1-3) y qué sucede cuando ambas funciones se combinan en un mismo sistema y trabajan en equilibrio (hogar 4).

01

Mucha climatización, sin ventilación

La climatización mantiene la temperatura del hogar confortable. Al estar bien aislada, el consumo energético será bajo.

Sin embargo, sin ventilación, el confort solo será temporal. El aire interior puede circular, pero no entra aire fresco, lo que provoca malos olores, alta humedad y niveles elevados de CO₂. A largo plazo, esto hace que la vivienda sea incómoda e insalubre.



02

Poca climatización, poca ventilación

Este ejemplo muestra una vivienda con climatización limitada y ventilación insuficiente. Esto significa que el consumo energético de los sistemas será bajo.

Sin embargo, los habitantes pierden confort (temperatura, olores) y salud, porque el aire fresco suministrado es insuficiente y no está filtrado.



03

Poca climatización, mucha ventilación

Una ventilación abundante garantiza un aire interior saludable. El aire fresco mantiene los niveles de CO₂ bajos y reemplaza el aire demasiado húmedo por aire más seco, previniendo la aparición de moho.

Sin embargo, si no hay recuperación de calor/frío, el aire climatizado que sí existe simplemente se pierde por la ventana. Abrir las ventanas puede generar corrientes de aire, ruido e insectos, reduciendo el confort y la eficiencia energética.



04

Un sistema que combina ventilación y climatización

Un sistema integrado que combina climatización y ventilación logra el equilibrio perfecto entre salud, confort y eficiencia energética.

En todo momento, el sistema aporta aire fresco y filtrado a la vivienda, al mismo tiempo que recupera calor o frío del aire extraído. Además, filtra partículas nocivas, mantiene niveles de humedad ideales y permite una climatización adicional eficiente cuando se desea.



3 razones para equipar una vivienda con un sistema único de ventilación y climatización

¿Quieres equilibrar salud, eficiencia energética y confort? Deja que un sistema combinado de ventilación y climatización haga el trabajo por ti. Este sistema incluye una unidad de ventilación con recuperación de calor, una bomba de calor aire-aire y un sistema de distribución de aire aislado.* En este capítulo descubrirás tres razones para equipar un hogar con un sistema climático de este tipo.

01

Mejora la salud de los habitantes

Un sistema de ventilación equilibrado garantiza la cantidad adecuada de aire fresco. El aire filtrado y renovado aporta múltiples beneficios para la salud, como un mejor sueño, menos hipersensibilidad y una reducción de sustancias nocivas para los residentes.

La tecnología innovadora que implementa un nuevo modelo de

confort térmico hace que la combinación de ventilación equilibrada y climatización sea única.

Modelo de confort adaptativo

Durante mucho tiempo se pensó que la percepción de confort en un espacio interior dependía únicamente de temperatura, velocidad del aire y humedad,

según el conocido modelo de Fanger, que asumía que las personas preferían valores constantes de estos parámetros, independientemente de la estación del año.

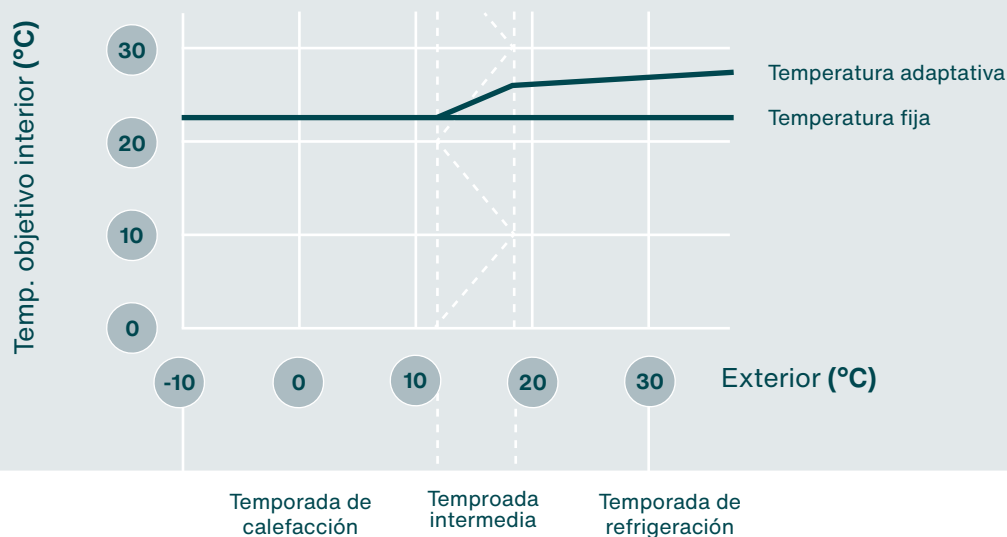
Desde principios de los 2000 surgió un modelo alternativo que sostiene que las personas perciben un edificio como igualmente confortable cuando la temperatura interior aumenta junto con la temperatura exterior, destacando el ahorro energético como su principal ventaja.

Solo en años recientes se descubrió que una temperatura interior adaptativa beneficia no solo a la eficiencia energética, sino también a la salud.

Un rango dinámico de temperatura de 17 a 25 °C se mantiene dentro de nuestra zona de confort. Al permitir que la temperatura interior se ajuste gradualmente con la exterior, el cuerpo evita el llamado “aburrimiento térmico”, es decir, se adapta a las diferencias de temperatura.

Esto tiene un efecto positivo en la salud (presión arterial, ritmo cardíaco y metabolismo de la glucosa) y hace que los residentes sean más resistentes a las olas de calor, aumentando la producción de sudor y disminuyendo la temperatura corporal.⁴

Temperatura adaptativa y fija



Bart Cremers, Knowledge Consultant Indoor Climate, explica cómo se implementa el modelo de confort adaptativo en los sistemas climáticos de Zehnder:

“Como fabricantes de sistemas de climatización y diseñadores de viviendas, tenemos la responsabilidad de reducir el consumo energético y mejorar la salud de los habitantes. El confort adaptativo contribuye a ello.”

El algoritmo de Zehnder ComfoClima analiza los periodos pasados, pero da más peso a las temperaturas de los días recientes que a las anteriores. Esto hace que la temperatura interior sea adaptativa, pero evitando grandes fluctuaciones.”

„Un año tiene tres estaciones.“



Bart Cremers

Mejora la eficiencia energética de la vivienda

El 15 % del consumo energético mundial y el 40-60 % del consumo en edificios se destina a la climatización del aire. Las investigaciones muestran que, aunque el calentamiento global puede reducir la necesidad de calefacción, el impacto negativo sobre la refrigeración es mucho mayor.⁵

Como resultado, la demanda energética sigue aumentando y la legislación sobre consumo de energía se vuelve más estricta. Estos datos destacan la importancia de encontrar soluciones sostenibles que garanticen un clima interior confortable y saludable para los habitantes, reduciendo al mismo tiempo el consumo energético y los costes.^{7, 8}

Un sistema único para ventilación y climatización es una de estas soluciones. Como sistema inteligente de gestión energética, puede reducir el consumo de energía residencial.⁵ Esto se logra mediante la implementación del modelo de confort adaptativo

mencionado anteriormente y, además, haciendo uso del concepto de Trias Energetica.⁹

Trias Energetica

Trias Energetica es una estrategia desarrollada para hacer frente a los efectos climáticos derivados del uso de combustibles fósiles. Es la guía principal para diseñar viviendas pasivas y de bajo consumo energético:

- Reducir al máximo el consumo energético posible.
- Utilizar energía sostenible o renovable.
- Emplear combustibles fósiles de la manera más eficiente posible para cubrir la demanda energética restante.^{6, 9}

Zehnder ha implementado la estrategia Trias Energetica en sus sistemas de ventilación y climatización. La estrategia se desarrolla en tres pasos:

1. Primero, el sistema reduce el consumo energético mediante recuperación de calor o frío. La energía térmica ya presente en la vivienda se transfiere al aire exterior antes de que entre en las estancias. Un sistema de distribución de aire aislado asegura que los cambios de temperatura en la conducción se limiten al mínimo absoluto.

2. Segundo, el sistema aprovecha recursos energéticos naturales. Por ejemplo, si el exterior es más fresco que el interior pero la vivienda sigue estando caliente, se activa la refrigeración pasiva: un bypass introduce aire exterior fresco directamente, sin intercambio de calor.

3. Por último, se utiliza electricidad mediante una bomba de calor aire-aire para proporcionar calefacción o refrigeración adicional cuando los recursos naturales son insuficientes o no están disponibles.

Trias Energetica aplicado a un único sistema de ventilación y climatización



Los gráficos muestran un ejemplo de cómo un único sistema de ventilación y climatización puede mejorar la temperatura interior teniendo en cuenta tanto la estrategia Trias Energetica como el modelo de confort adaptativo.

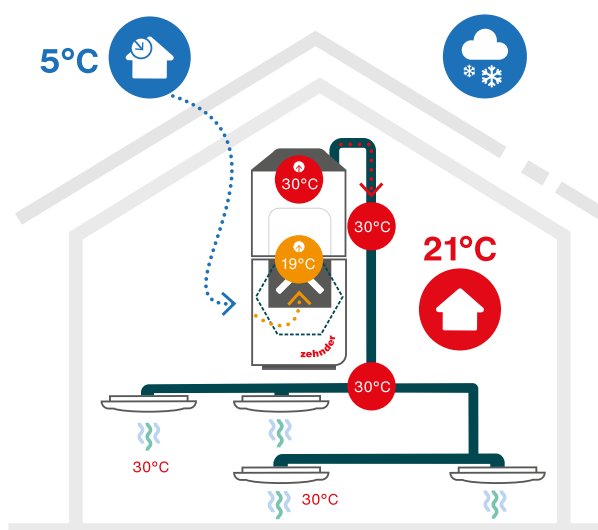
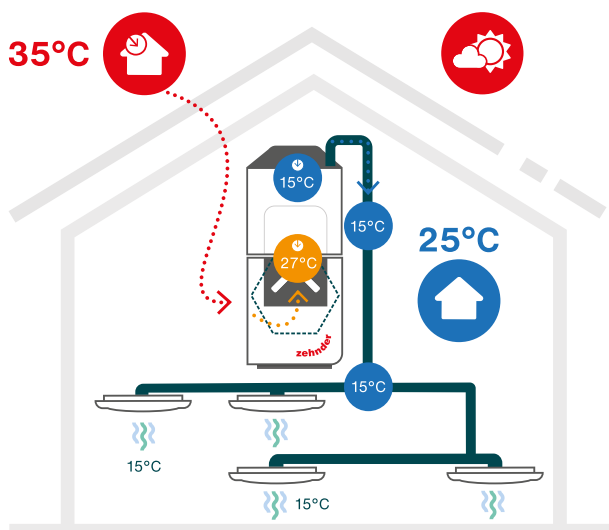
Verano:

En este ejemplo, la temperatura exterior es de 35 °C. Al entrar en la vivienda, el aire pasa primero por la unidad de ventilación. El intercambiador de calor de la unidad utiliza la temperatura interior actual para reducir la temperatura del aire entrante a 27 °C. A continuación, el aire pasa por la bomba de calor aire-aire, que deshumidifica y enfría el aire hasta 15 °C. El sistema de distribución de aire completamente aislado asegura que la temperatura del aire se mantenga casi constante hasta

llegar al espacio habitable. También previene la condensación y los problemas de humedad. El aire suministrado reduce la temperatura interior a 25 °C.*

Invierno:

En este ejemplo, el aire exterior entra en la unidad de ventilación a 5 °C. Cuando la temperatura interior ya es cálida, el intercambiador de calor reutiliza esta energía para calentar el aire hasta 19 °C. Luego, el aire pasa por la bomba de calor aire-aire, que lo calienta hasta 30 °C. El sistema de distribución de aire completamente aislado asegura que la temperatura del aire se mantenga casi constante hasta su suministro al espacio habitable. El aire suministrado se mezcla con el aire ya presente y eleva la temperatura de la estancia hasta 21 °C.*



Mejora el confort en el hogar

En términos de confort, la ventilación con recuperación de calor ofrece múltiples ventajas frente a la ventilación mediante ventanas. Por ejemplo, elimina corrientes de aire incómodas, filtra insectos y contaminantes, reduce el ruido y los olores de la contaminación, y mantiene temperaturas interiores más agradables. Cuando la unidad de ventilación con recuperación de calor se combina con una bomba de calor aire-aire y un sistema de distribución de aire aislado, puede proporcionar calefacción y refrigeración adicionales de forma más rápida que métodos como la calefacción o refrigeración por superficies (por ejemplo, suelo radiante). Esto se traduce en un mayor confort, especialmente cuando las temperaturas fluctúan y se desea que el sistema reaccione de manera rápida.

Sin embargo, los estudios muestran que los usuarios finales suelen tener dificultades para ajustar correctamente los sistemas de ventilación. Esto provoca que muchas veces los residentes utilicen de forma incorrecta los sistemas convencionales, comprometiendo el confort, la salud y la eficiencia energética de sus hogares. Por ello,

cada vez más personas buscan soluciones inteligentes que les permitan vivir de manera más cómoda en sus casas.¹¹

Automatización

Si un residente no opera manualmente el sistema combinado de ventilación y climatización, esta solución inteligente encontrará automáticamente el mejor equilibrio entre confort, salud y eficiencia energética. Sin embargo, la automatización implica ceder cierto control al sistema, lo que puede percibirse como una pérdida de libertad y generar resistencia hacia la tecnología, conocida como reactancia psicológica.⁵

Además, la tecnología se desarrolla habitualmente pensando en un usuario estándar. Esto hace que la función automática sea adecuada para la mayoría de los usuarios y situaciones, pero siempre hay excepciones.¹² La vida en el hogar no siempre es predecible ni repetitiva; las personas y sus entornos domésticos varían, y las actividades diarias son dinámicas, al igual que las necesidades y expectativas de los residentes en cuanto al clima interior.¹¹

Por esa razón, un sistema de climatización interior debe diseñarse de tal manera que la tecnología y las personas alcancen juntos la situación preferida.¹⁰ ¿Cómo se hace esto? Diseñando un sistema de climatización interior que funcione automáticamente con escenarios.

Escenarios, no ajustes

¿Quién sabe exactamente cuál debería ser el punto de consigna para la temperatura interior, o el volumen de aire que debe ventilarse, cuando se organiza una fiesta? El sistema más recomendado que integra ventilación y atemperación del aire, por lo tanto, está equipado con escenarios que pueden sobrescribir temporalmente la función automática del sistema.

Un escenario es una combinación de configuraciones variables que se pueden activar manualmente durante un tiempo limitado. Ejemplos de tales escenarios son vacaciones, fiesta o cocinar. Cuando el residente selecciona un determinado escenario usando la aplicación, el sistema encontrará los ajustes perfectos para satisfacer sus necesidades en términos de aire fresco y temperatura. Al hacerlo, el sistema tiene en cuenta si se trata de la temporada de calefacción, refrigeración o

intermedia. Por ejemplo, al cocinar en un frío día de invierno, el escenario se adaptará a la necesidad actual. Esto podría significar aumentar la ventilación por un tiempo para eliminar olores, exceso de humedad y posiblemente partículas del aire. Al mismo tiempo, determinará si es necesario reducir la calefacción adicional, ya que cocinar a menudo produce calor extra.

Si los residentes deciden organizar una fiesta en una calurosa noche de verano, no tienen que preocuparse por los niveles de CO₂ ni por el aumento de la temperatura. Al seleccionar el escenario fiesta, el sistema incrementará la ventilación y, probablemente, hará uso de la refrigeración (pasiva). En otras palabras, el sistema proporcionará el clima interior más óptimo para ese caso específico de uso. De este modo, es fácil para un residente influir en su clima interior sin tener que saber qué configuraciones lograrían el resultado ni tener que ajustar parámetros en sistemas separados.



¿En qué tipo de viviendas funciona mejor esta solución?

Las innovadoras tecnologías descritas anteriormente no ofrecen los mismos resultados en todos los tipos de vivienda. Los expertos de Zehnder, Jérôme Corba (Países Bajos) y Giuseppe Dalpasso (Italia), ambos Consultores Técnicos, explican en qué tipos de viviendas funciona mejor una única solución para ventilación y climatización del aire.

Jérôme Corba



Jérôme Corba: “El número de viviendas conectadas a una red de calefacción urbana o de calor residual está creciendo rápidamente en toda Europa. Especialmente para los edificios multifamiliares que están conectados a una de estas redes, resulta muy útil disponer de un sistema que combine la ventilación con recuperación de calor con una bomba de calor aire-aire.

Las redes de calefacción urbana o de calor residual solo proporcionan calefacción; la demanda de refrigeración queda sin respuesta. Una bomba de calor aire-aire, como la Zehnder ComfoClime, es la solución perfecta para ello. Es una solución independiente, fácil de instalar y sin unidad exterior. Proporciona la refrigeración justa para ofrecer al residente un confort adicional de manera sostenible.

En lo que respecta a las viviendas unifamiliares, este sistema funciona en edificios de consumo de energía casi nulo y en edificios Passive House. Cuando el aislamiento es aún limitado, puede ser necesario disponer de calefacción y/o refrigeración adicional durante los picos de demanda de frío o de calor.”

Un caso de éxito de la aplicación de este sistema en una vivienda unifamiliar es uno de los primeros proyectos en los que se implementó la bomba de calor aire-aire Zehnder ComfoClima. Giuseppe Dalpasso, que trabajó en estrecha colaboración y asesoró al diseñador y a los constructores del proyecto en lo referente a la ventilación y a la temperación del aire, habla sobre la necesidad de este tipo de soluciones para el clima interior:

“Con sus veranos cálidos y húmedos, Italia siempre ha sido pionera en el campo de la combinación de ventilación con temperación del aire. Existe una demanda de soluciones que proporcionen confort, pero que también mantengan bajas las facturas de energía.”

El proyecto para la familia Cerchiari en los alrededores de Módena fue el campo de pruebas perfecto para la bomba de calor aire-aire Zehnder ComfoClima, ya que en el noreste de Italia los veranos son muy calurosos y húmedos. Aunque se aplicó a una casa pasiva que estaba bien planificada, diseñada y construida, el desafío para el sistema de refrigeración fue considerable.

The residents are very happy with the

“Ha pasado aproximadamente un año desde que se instaló el sistema climático. Desde entonces, los residentes me han contado que experimentaron un clima interior perfecto en los tres pisos de la vivienda. Estaban especialmente asombrados por los resultados durante el verano: afirmaron que su clima interior era muy cómodo. ¡Uno de ellos incluso bromeó diciendo que en un día caluroso de verano prefería quedarse dentro antes que ir a la piscina del jardín!”

Giuseppe Dalpasso ve los sistemas que combinan ventilación con atemperación del aire como la solución a la creciente escasez de fuentes fósiles:

“Estos sistemas son literalmente el futuro de las viviendas sostenibles. En unos cinco años, las instalaciones clásicas basadas en fuentes fósiles serán reemplazadas. Los sistemas climáticos tradicionales no pueden competir con la sensación general que proporciona un sistema moderno en una casa pasiva: la calidad del aire, la temperatura, los niveles de humedad y el bajo nivel de ruido con el que funciona. Además, también resulta conveniente en términos económicos, especialmente cuando se combina con instalaciones fotovoltaicas.”

Giuseppe Dalpasso



En resumen

Existe una creciente demanda de viviendas más sostenibles. El aislamiento ayuda a mantener el frío y el calor fuera. La dificultad radica en mantener el aire interior fresco. Encontrar el equilibrio perfecto entre salud, eficiencia energética y confort puede ser todo un desafío.

Este whitepaper promueve la integración de sistemas únicos para ventilación y atemperación del aire basándose en tres razones:

- 01 **Mejora la salud del residente:** El aire fresco, combinado con la implementación del Modelo de Confort Adaptativo, tiene un efecto positivo en la salud.
- 02 **Mejora la eficiencia energética de la vivienda:** Al hacer uso de la Trias Energetica, se reduce la demanda energética.
- 03 **Hace que una vivienda sea más confortable:** Para hacer la vida diaria de los residentes más cómoda, evitar la reactancia psicológica y garantizar un clima interior perfecto en cada situación, la operación automática se combina con escenarios temporales activados manualmente.

Un sistema integrado para ventilación y atemperación del aire funciona mejor en viviendas conectadas a una red de calefacción urbana o de calor residual, o como una solución independiente en viviendas con una baja demanda de calefacción o refrigeración (por ejemplo, casas de consumo casi nulo o casas pasivas).

Productos

01



La unidad de ventilación Zehnder ComfoAir Q proporciona aire fresco, al mismo tiempo que recupera el calor o el frío del aire extraído.

Descubre más



02



La bomba de calor aire-aire Zehnder ComfoClima proporciona atemperación adicional del aire cuando es necesario.

Descubre más



03



El sistema de distribución de aire aislado ThermalShield evita la pérdida de calor o frío en la red de conductos.

Descubre más



¿Necesitas ayuda para tu proyecto?

Pregunta a nuestros expertos



Referencias

*Nota al pie: Ejemplo de unidad de ventilación con recuperación de calor: “Zehnder ComfoAir Q”; ejemplo de bomba de calor aire-aire: “Zehnder ComfoClima”; ejemplo de sistema de distribución de aire aislado: “ThermalShield”

¹ Fanger, P. O. (1970). Thermal Comfort. Danish Technical Press.

² De Dear, R. J., & Brager, G. S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, 34(6), 549–561.

[https://doi.org/10.1016/s0378-7788\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/s0378-7788(02)00005-1)

³ Candido, C., & Dear, R. D. (2012). From thermal boredom to thermal pleasure: a brief literature review. *Ambiente Construido*, 12(1), 81–90.

<https://doi.org/10.1590/s1678-86212012000100006>

⁴ Van Marken Lichtenbelt, W. (2021, 22 april). Thermisch comfort [Presentation]. Een gezonde woningrenovatie gaat niet alleen om energie, Online, ISIAQ.nl symposium.

<https://www.youtube.com/watch?v=Q72kWDKdS8>

⁵ Heatherly, M. T. (2021). The role of psychological reactance in smart house energy management systems” (2021). Masters Theses.

https://scholarsmine.mst.edu/masters_theses/7992

⁶ Verbeeck, G., & Polders, K. (2010, oktober). Do we have to adapt our buildings to climate change? Euregional Conference Sustainable Building. Towards 0-impact buildings and environments, Maastricht, Luik, Aken.

⁷ Rafique, M. M., & Rehman, S. (2018). Renewable and Sustainable Air Conditioning. *Sustainable Air Conditioning Systems*.

<https://doi.org/10.5772/intechopen.73166>

⁸ Gholamzadehmir, M., Del Pero, C., Buffa, S., Fedrizzi, R., & Aste, N. (2020). Adaptive-predictive control strategy for HVAC systems in smart buildings – a review. *Sustainable Cities and Society*, 63.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102480>

⁹ Lysen, E. H. (Red.). (1996). The Trias Energica: Solar energy strategies for developing countries.

<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/562387>

¹⁰ Spiekman, M. E., Boess, S. U., Guerra Santin, O., Rovers, T. J. H., & Nelis, N. (2022, maart).

Bewonersgedrag na renovatie. Waarom afwijkend gedrag heel normaal is. IEBB Thema 2, TNO.

¹¹ Kim, M. J., Cho, M. E., & Jun, H. J. (2020). Developing Design Solutions for Smart Houses Through User-Centered Scenarios. *Frontiers in Psychology*, 11.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00335>

¹² Eisma, R., Dickinson, A., Goodman, J., Syme, A., Tiwari, L., & Newell, A. F. (2004). Early user involvement in the development of information technology-related products for older people. *Universal Access in the Information Society*, 3(2), 131–140.

<https://doi.org/10.1007/s10209-004-0092-z>

