

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 495**

51 Int. Cl.:

G01K 17/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2011 PCT/FR2011/052016**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2012 WO12028829**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2011 E 11773024 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 2612124**

54 Título: **Determinación del coeficiente de pérdida térmica de un local**

30 Prioridad:

03.09.2010 FR 1057033

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.07.2017

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN ISOVER (100.0%)
18 Avenue d'Alsace
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**MANGEMATIN, ERIC;
PANDRAUD, GUILLAUME;
GILLES, JÉRÔME y
ROUX, DIDIER**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 625 495 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Determinación del coeficiente de pérdida térmica de un local

5 El presente invento ha tratado de un procedimiento y de un dispositivo para determinar el coeficiente de pérdida térmica de un local. En el sentido del invento, un local es una casa individual o un edificio, especialmente de uso habitable o terciario, o incluso, una parte de tal edificio, por ejemplo, un apartamento en un inmueble de varios pisos.

10 El coeficiente de pérdida térmica de un local, designado por K, es igual a la potencia de pérdida térmica del local (en Vatios) por grado (Kelvin o Celsius) de la diferencia entre la temperatura del aire en el interior del local y la temperatura del aire exterior. Este coeficiente K es representativo de las características energéticas del revestimiento del local.

15 El documento NL 1 035 399 C1 y el FR 2 907 215 A1 describen unos ejemplos.

20 El coeficiente de pérdida térmica de un local K está influido, por una parte, por las pérdidas térmicas por transmisión a través de las paredes del local y, por otra parte, por las infiltraciones de aire. Las pérdidas térmicas por transmisión están representadas por un factor $H_T = UA_T$, en donde U es el coeficiente de transmisión térmica del revestimiento del local, igualmente llamado coeficiente de pérdida específica por transmisión del local, y A_T es la superficie total de las paredes del local. Las infiltraciones de aire en el local están representadas por un factor $m \cdot C_p$, en donde m es el caudal de renovación de aire y C_p es la capacidad calorífica del aire. En consecuencia, el coeficiente de pérdida térmica K está dado por la relación:

$$K = H_T + m \cdot C_p = UA_T + m \cdot C_p.$$

25 El coeficiente U se utiliza, en el marco de las reglamentaciones térmicas tales como la RT 2005 en Francia o el reglamento EnEV en Alemania, para acceder a una estimación del consumo global de energía de un local. Su determinación es útil para efectuar un diagnóstico del aislamiento térmico de un local, en particular después de su construcción, para verificar que el constructor ha respetado las normas en vigor en términos de aislamiento térmico tanto como en términos de elección de los materiales como de su utilización, o cuando se plantea una rehabilitación del local, con vistas a evaluar las medidas que conviene tomar para mejorar las características térmicas.

30 Se sabe determinar el coeficiente de pérdida térmica de un local por medio de lógicas de cálculo que hacen intervenir una modelización del revestimiento del local. Estas lógicas son relativamente pesadas de utilizar y tienen el inconveniente de no proporcionar nada más que un resultado teórico, que no tiene en cuenta parámetros reales tales como la utilización efectiva de materiales de aislamiento, la tecnología de la construcción, etc.

35 Por otra parte, se sabe determinar el coeficiente de pérdida térmica de un local realizando mediciones in situ en el local durante periodos largos, que se extenderán generalmente a varias semanas o meses, y procediendo después a un análisis estadístico de estas mediciones. El análisis estadístico de estas mediciones se hace necesario por la multiplicidad de parámetros que influyen en el comportamiento térmico del local durante el periodo de mediciones, especialmente las condiciones meteorológicas y las condiciones de ocupación del local. Estos métodos de mediciones in situ conocidos tienen el inconveniente de ser largos y de hacer intervenir un material pesado y costoso.

40 Son estos inconvenientes los que trata de remediar de una manera más particular el invento proponiendo un procedimiento y un dispositivo que permiten determinar de manera rápida el coeficiente de pérdida térmica de un local, con un coste moderado y una precisión razonable.

45 A estos efectos, el invento tiene por objeto un procedimiento de determinación del coeficiente de pérdida térmica K de un local, caracterizado porque comprende unas etapas en las cuales:

- 55 - se procede, en un local no ocupado, a una campaña de mediciones de al menos una temperatura en el interior del local T_{ik} a intervalos de tiempo próximos, en al menos dos periodos de tiempo D_k sucesivos correspondientes a unas potencias P_{totk} distintas de calentamiento del local;
- se determina la temperatura del aire exterior T_{ek} en los citados mismos tiempos próximos;
- para cada periodo de tiempo D_k a partir de la evolución $T_{ik}(t)$ de la magnitud T_{ik} en función del tiempo, se analiza cuantitativamente esta evolución a través del modelo matemático sencillo:

60 o bien, si existe un intervalo de tiempo Δt_k para el cual la evolución $T_{ik}(t)$ es sensiblemente lineal, se determina en este intervalo de tiempo Δt_k la pendiente α_k de la tangente a la curva $T_{ik}(t)$ y se deduce el valor del coeficiente de pérdida térmica K del local a partir de las pendientes α_k ;

65 o bien, si no existe un intervalo de tiempo para el cual la evolución $T_{ik}(t)$ es sensiblemente lineal, se selecciona un intervalo de tiempo Δt_k en el cual la evolución $T_k(t)$ sea sensiblemente exponencial del

tipo exp $(-t/\tau)$ con τ la constante de tiempo térmico del local, y se deduce el valor del coeficiente de pérdida térmica K del local, que es un valor tal que la curva

$$\text{Ln} \left[\frac{\theta_k(t) - \frac{P_{\text{totk}}}{K}}{\theta_k(0) - \frac{P_{\text{totk}}}{K}} \right]$$
 es una recta, en la que $\alpha_k(t) = T_{\text{ik}}(t) - T_{\text{ekm}}$, con T_{ekm} la media de las mediciones de temperatura del aire exterior T_{ek} en el intervalo de tiempo Δt_k :

5 El principio de base del invento es el de utilizar las variaciones transitorias de la temperatura interior del local sometido a sollicitaciones internas controladas y en un entorno externo medido. El análisis cuantitativo de la variación de la temperatura interior del local permite determinar cuantitativamente la calidad energética del local en un periodo corto, extendiéndose a algunas horas, limitando el número de parámetros susceptibles de influir en el comportamiento energético del local. En particular, la brevedad de las mediciones permite soslayar la influencia de las condiciones de utilización del local y de las variaciones de las condiciones climáticas exteriores.

10 Por supuesto que, el procedimiento según el invento no requiere necesariamente la utilización de una representación gráfica de la evolución $T_{\text{ik}}(t)$.

15 En particular, en el caso en el que exista un intervalo de tiempo Δt_k para el cual la evolución $T_{\text{ik}}(t)$ sea sensiblemente lineal, la pendiente α_k de la tangente a la curva $T_{\text{ik}}(t)$ en el intervalo de tiempo Δt_k es igual a la derivada de la evolución $T_{\text{ik}}(t)$ en este intervalo Δt_k . A partir de aquí, la etapa de determinación de la pendiente α_k de la tangente a la curva $T_{\text{ik}}(t)$ en el intervalo de tiempo Δt_k puede realizarse, en el marco del invento, calculando la derivada de la evolución $T_{\text{ik}}(t)$ en el intervalo de tiempo Δt_k sin recurrir a una representación gráfica de la evolución $T_{\text{ik}}(t)$.

20 De la misma manera, en el caso en el que no exista ningún intervalo de tiempo en el que la evolución $T_{\text{ik}}(t)$ sea sensiblemente lineal, la determinación del valor del coeficiente de pérdida térmica K del local tal que la curva

$$\text{Ln} \left[\frac{\theta_k(t) - \frac{P_{\text{totk}}}{K}}{\theta_k(0) - \frac{P_{\text{totk}}}{K}} \right]$$
 sea una recta no pone en juego forzosamente una representación gráfica de esta curva, y puede pasar por una linealización matemática de la evolución
$$\text{Ln} \left[\frac{\theta_k(t) - \frac{P_{\text{totk}}}{K}}{\theta_k(0) - \frac{P_{\text{totk}}}{K}} \right]$$
.

25 Las etapas de cálculo del procedimiento, en particular para la determinación de las pendientes α_k o para la

30 linealización de la evolución
$$\text{Ln} \left[\frac{\theta_k(t) - \frac{P_{\text{totk}}}{K}}{\theta_k(0) - \frac{P_{\text{totk}}}{K}} \right]$$
, pueden ser utilizadas con la ayuda de cualquier método de cálculo apropiado. Puede tratarse especialmente de una unidad de cálculo electrónico que comprende a la vez unos medios para adquirir las mediciones de temperatura en el interior del local T_{ik} y unos medios para calcular el coeficiente de pérdida térmica K del local a partir de estas mediciones.

35 Según el invento, se entiende por "potencia de calentamiento del local" a cualquier condición operativa que genere una variación de la temperatura interior del local para unas condiciones de temperatura exteriores dadas. Se entiende que la potencia de calentamiento P_{totk} puede ser positiva, nula o negativa. Una potencia de calentamiento positiva se corresponde con un aporte de calor en el local, mientras que una potencia de calentamiento negativa se corresponde con un aporte de frío en el local. En el caso de una potencia de calentamiento nula, la variación de la temperatura interior del local puede resultar de una diferencia entre la temperatura interior del local y la temperatura exterior, o incluso de una variación de la temperatura exterior. Según el invento, está previsto que al menos una de las potencias de calentamiento P_{totk} sea no nula.

40 De manera ventajosa, para cada periodo de tiempo D_k , la potencia P_{totk} de calentamiento del local comprende una potencia de calentamiento P_{impk} impuesta por medio de una fuente de potencia controlada. Si alguna fuente de potencia distinta de la utilizada para aplicar la potencia de calentamiento impuesta P_{impk} no está activa en el local en el transcurso del periodo de tiempo D_k , la potencia total P_{totk} de calentamiento del local es igual a la potencia de calentamiento impuesta P_{impk} . Si por el contrario existe, en el transcurso del periodo D_k , una potencia suplementaria P_{supk} en el local además de la potencia P_{impk} , la potencia total de calentamiento del local es igual a $P_{\text{impk}} + P_{\text{supk}}$. En particular, en el caso en el que la radiación solar en el periodo de tiempo D_k sea importante, la contribución de la radiación solar al calentamiento del local forma parte de la potencia suplementaria P_{supk} .

45 En la práctica, las condiciones de puesta en marcha del procedimiento están adaptadas para limitar los aportes de potencia suplementarios P_{supk} distintos a la potencia de calentamiento P_{impk} , especialmente vigilando que el local esté desocupado.

De manera ventajosa, el procedimiento se utiliza para periodos de tiempo D_k para los cuales la radiación solar es pequeña, preferentemente nula. De manera preferida, el procedimiento se utiliza para periodos de tiempo D_k elegidos durante la noche, o eventualmente en jornadas de mañana o de tarde, de esta manera es posible reducir la contribución de la radiación solar y limitar las fluctuaciones de la temperatura del aire exterior.

5 Los periodos de tiempo D_k pueden estar o bien separados o bien ser inmediatamente sucesivos unos de otros. En este último caso, se puede considerar que el procedimiento se realiza en su globalidad en un periodo de tiempo continuo, formado por la sucesión de periodos de tiempo D_k . De manera preferida, con vistas a limitar el tiempo de utilización del procedimiento reduciendo al mismo tiempo la contribución de la radiación solar, el procedimiento se realiza en su globalidad en continuo en un único periodo nocturno.

10 Preferentemente, en cada periodo de tiempo D_k , cualquier sistema de ventilación fijo que equipe el local está desactivado y cualquier toma de ventilación está cerrada o taponada, de tal manera que se limitan los intercambios de aire con el exterior.

15 Como variante, los sistemas de ventilación fijos del local pueden funcionar en el transcurso del procedimiento en cada periodo de tiempo D_k . Esto introduce sin embargo un término suplementario de renovación de aire en la expresión del coeficiente de pérdida térmica K :

$$20 \quad K = H_v + m'_1 \cdot C_p + m'_2 \cdot C_p,$$

en donde m'_1 es el caudal de renovación del aire por infiltración y m'_2 es el caudal de renovación del aire debido a que los sistemas de ventilación fijos son correlativos, dependiendo de uno el valor del otro.

25 El procedimiento según el invento se basa en una modelización del local bajo la forma de una caja isoterma caracterizada, por una parte, por su coeficiente de pérdida térmica K y, por otra parte, por su inercia o su capacidad térmica efectiva C . La capacidad térmica efectiva C de un local, que se corresponde con la capacidad térmica de los materiales situados en el revestimiento aislante del local, se define como la energía necesaria para aumentar la temperatura ambiente del local 1 K con la temperatura exterior constante.

30 De una manera general, para cada periodo de tiempo D_k el balance energético del local se escribe:

$$30 \quad K(T_{ik} - T_{ek}) + C \frac{d(T_{ik} - T_{ek})}{dt} = P_{totk} \quad (1)$$

35 con:

- K coeficiente de pérdida térmica del local,
- $T_{ik}(t)$ temperatura interior del local,
- $T_{ek}(t)$ temperatura del aire exterior,
- 40 C capacidad térmica efectiva del local,
- P_{totk} potencia total de calentamiento del local.

La ecuación (1) admite como solución:

$$45 \quad T_{ik}(t) - T_{ek}(t) = \frac{P_{totk}}{K} + \left[(T_{ik}(0) - T_{ek}(0)) - \frac{P_{totk}}{K} \right] e^{-\frac{Kt}{C}}$$

Esta solución puede ser linealizada para tiempos cortos:

$$50 \quad T_{ik}(t) - T_{ek}(t) = \frac{P_{totk}}{K} + \left[(T_{ik}(0) - T_{ek}(0)) - \frac{P_{totk}}{K} \right] \left[\frac{-Kt}{C} \right]$$

La pendiente α_k la tangente a la curva representativa de la evolución de la magnitud $T_{ik} - T_{ek}$ en función del tiempo es entonces:

$$\alpha_k = \frac{P_{totk}}{C} - (T_{ik}(0) - T_{ek}(0)) \frac{K}{C}$$

5 En la práctica, en el marco del procedimiento del invento, se busca en el periodo de tiempo D_k un intervalo de tiempo Δt_k para el cual la evolución $T_k(t)$ es sensiblemente lineal. En este intervalo de tiempo Δt_k , se puede considerar que la temperatura del aire exterior T_{ek} es sensiblemente constante e igual a la temperatura media en el intervalo de tiempo Δt_k llamada T_{ekm} . Además, como se selecciona un intervalo de tiempo Δt_k en el periodo de calentamiento D_k , el posicionamiento exacto del tiempo $t = 0$ con respecto al periodo de calentamiento es arbitrario y es preferible considerar un valor medio T_{km} de $T_{km}(t)$ en el intervalo de tiempo Δt_k en la expresión de la pendiente α_k . A partir de aquí, la pendiente α_t de la curva $\theta(t) = T_{ik}(t) - T_{ekm}$ en el intervalo de tiempo Δt_k que es igual a la pendiente de la curva $T_{ik}(t)$ en el intervalo de tiempo Δt_k es, en esta aproximación lineal:

$$\alpha_k = \frac{P_{totk}}{C} - \theta_{km} \frac{K}{C}, \text{ avec } \theta_{km} = T_{ikm} - T_{ekm}$$

15 Si el valor de la capacidad térmica efectiva del local C es conocido, se accede así directamente al valor del coeficiente de pérdida térmica K del local.

20 Si el valor de la capacidad térmica efectiva del local C no es conocido, es posible acceder al valor del coeficiente de pérdida térmica K del local aplicando en dos periodos de tiempo sucesivos, dos potencias de calentamiento P_{imp1} y P_{imp2} de valores diferentes, y midiendo al mismo tiempo la evolución de al menos una temperatura en el interior del local $T_{i1}(t)$ ó $T_{i2}(t)$ en cada uno de estos dos periodos de tiempo. El valor del coeficiente K puede obtenerse entonces seleccionando un intervalo de tiempo Δt_1 ó Δt_2 para el cual la evolución $T_{i1}(t)$ ó $T_{i2}(t)$ es sensiblemente lineal, y determinando, en este intervalo de tiempo Δt_1 ó Δt_2 la pendiente α_1 ó α_2 de la tangente de la curva $(T_{ik}(t))_{k=1}$ ó 2 . La relación de las pendientes α_1/α_2 conduce al valor del coeficiente de pérdida térmica K del local haciendo desaparecer la dependencia con respecto a la capacidad térmica efectiva del local C :

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{P_{tot1} - \theta_{1m} \cdot K}{P_{tot2} - \theta_{2m} \cdot K} \quad (2)$$

30 De una manera más precisa, el procedimiento de determinación del coeficiente de pérdida térmica K del local comprende entonces unas etapas en las cuales:

- se procede, en el local desocupado y en dos periodos de tiempo D_1 y D_2 sucesivos:

- 35 i. en el primer periodo de tiempo D_1 a la aplicación de una primera potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} del local por medio de una fuente de potencia controlada, y a una campaña de mediciones de al menos una temperatura interior del local T_{i1} a intervalos de tiempo próximos, así como a la determinación de la temperatura del aire exterior T_{e1} en los citados tiempos próximos, a continuación
- 40 ii. en el segundo periodo de tiempo D_2 a la aplicación de una segunda potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} del local por medio de una fuente de potencia controlada, en la que la segunda potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} es diferente de la primera potencia P_{imp1} , y a una campaña de mediciones de al menos una temperatura en el interior del local T_{i2} a intervalos de tiempo próximos, así como a la determinación de la temperatura del aire exterior T_{e2} en los citados mismos tiempos próximos.

45 - para cada uno de los citados primero y segundo periodos de tiempo D_1 y D_2 , se selecciona un intervalo de tiempo Δt_1 ó Δt_2 , la pendiente α_1 ó α_2 de la tangente a la curva $(T_{ik}(t))_{k=1}$ ó 2 .

- se deduce el valor del coeficiente de pérdida térmica K del local a partir de la relación de las pendientes α_1/α_2 .

50 Según una característica del invento, la diferencia entre las potencias de calentamiento impuestas P_{imp1} y P_{imp2} está maximizada. De manera ventajosa, una entre las potencias P_{imp1} y P_{imp2} es una potencia nula, mientras que la otra potencia es una potencia estrictamente positiva permitiendo obtener una variación de la temperatura interior T_{ik} de al menos 1° C en un intervalo de tiempo Δt_k para el cual la evolución $T_{ik}(t)$ es sensiblemente lineal. En el periodo de tiempo correspondiente a la aplicación de la potencia de calentamiento no nula, se mide el aumento de la temperatura del local en función del tiempo. En el periodo de tiempo correspondiente a la aplicación de la potencia de calentamiento impuesta nula, lo que corresponde a una ausencia de calentamiento del local, se mide el descenso de temperatura del local en función del tiempo. El coeficiente de pérdida térmica K del local es determinado

entonces a partir de la relación de las pendientes de las curvas de aumento y disminución de la temperatura del local.

5 Preferentemente, para cada periodo de tiempo D_k la campaña de mediciones de la temperatura interior del local T_{ik} se realiza en un periodo de tiempo suficiente cómo para obtener una variación de la temperatura interior T_{ik} de al menos 1°C , preferentemente comprendida entre 1°C y 10°C .

10 A título de ejemplo, se puede proceder sucesivamente a la aplicación de la primera potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} nula, correspondiente a una ausencia de calentamiento en el local, y a continuación a la aplicación de la segunda potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} no nula.

15 Como variante, la potencia de calentamiento impuesta no nula, que genera un aumento de la temperatura, puede ser aplicada previamente a la potencia de calentamiento impuesta nula, es decir al cese del calentamiento en el local, que genera un descenso de la temperatura.

20 Según una característica ventajosa, la fuente de potencia controlada para el calentamiento del local puede ser un equipo fijo del local, es decir un medio de calentamiento instalado en el local independientemente de la puesta en marcha del procedimiento, con la reserva de que este medio de calentamiento sea lo suficientemente potente como para asegurar un calentamiento rápido del local y que la potencia suministrada pueda ser medida de manera precisa.

25 Puede tratarse especialmente de una bomba de calor cuyo coeficiente de prestaciones (COP) es conocido. El COP, que es la relación entre la potencia térmica producida y la potencia eléctrica consumida, es habitualmente del orden de 3 a 5. El COP varía con las temperaturas de las fuentes fría y caliente. Sin embargo, si la fuente caliente está regulada y presenta una temperatura sensiblemente constante, la fuente fría está tomada generalmente del exterior y por lo tanto no es controlable. La determinación de la temperatura de la fuente fría exterior en un periodo de tiempo que enmarca el periodo de puesta en marcha del procedimiento del invento permite ajustar el valor del COP de manera más precisa.

30 Como variante, la fuente de potencia controlada para el calentamiento del local puede ser una fuente añadida en el local específicamente para la puesta en marcha del procedimiento.

35 Los elementos de calentamiento del local pueden ser de tipo convectivo, conductivo o radiactivo, o combinar varias de estas tecnologías. Preferentemente, los elementos de calentamiento son aparatos eléctricos, lo que permite determinar la potencia de calentamiento de manera directa y precisa. Ejemplos de aparatos de calentamiento eléctricos comprenden especialmente aparatos de tipo convectivo que utilizan el soplado de aire caliente por medio de resistencias eléctricas; mantas calientes o películas calientes, depositadas en particular contra las paredes del local; parasoles radiantes. Como variante, los elementos de calentamiento pueden ser aparatos que funcionan con gas o con fuel, por lo que los rendimientos de los quemadores y los consumos de combustible pueden ser estimados de manera suficientemente precisa como para acceder a la potencia de calentamiento.

45 De manera ventajosa, cuando los elementos de calentamiento del local son de tipo convectivo, se pueden combinar estos elementos de calentamiento, que aseguran la disipación del calor, con al menos un ventilador, que asegura un buen reparto espacial del calor. Tal conjunto de calentamiento que combina elementos de calentamiento de tipo convectivo y ventiladores permite garantizar un calentamiento homogéneo del local.

50 Preferentemente, la fuente para el calentamiento del local se elige para permitir un calentamiento que asegure que la temperatura media de las paredes del interior del local es sensiblemente igual que la temperatura del aire ambiente en el interior del local. En la práctica, esta condición se cumple cuando los elementos de calentamiento, fijos o añadidos en el local específicamente para el procedimiento, calientan directamente la masa del local, es decir la capacidad térmica del local, y no solamente el aire del interior del local. Un calentamiento directo de la masa del local, que puede obtenerse, por ejemplo, por medio de un sistema fijo de calentamiento por el suelo del local, o incluso por medio de películas calientes añadidas al suelo del local, es generalmente preferible por lo tanto a un calentamiento de tipo convectivo que caliente prioritariamente el aire del interior del local.

55 Las figuras 1 y 2 en el anexo ilustran las ventajas, para obtener un calentamiento homogéneo de un local, de la utilización de un sistema de calentamiento que caliente directamente la masa del local, mejor que un sistema de calentamiento de tipo convectivo. Estas figuras muestran las curvas de subida de la temperatura del aire en las diferentes piezas de una casa de un piso de tipo T5, respectivamente en el caso de un calentamiento por medio de convectores eléctricos para la figura 1 y en el caso de un calentamiento por medio de películas calientes eléctricas para la figura 2.

60 En el caso de la figura 1, un convector eléctrico está situado en el centro de cada pieza medida de la casa, con una consigna en la temperatura de 31°C . En el caso de la figura 2, el suelo de cada pieza medida de la casa está recubierto de unas películas calientes de potencia 150 W/m^2 , comercializadas por la sociedad DOMOTECK en la

65

gama "Aluminium Mat", con una consigna en la temperatura de 31° C. Los resultados de las figuras 1 y 2 corresponden a una misma potencia total de calentamiento disipado en la casa, respectivamente por los convectores eléctricos para la figura 1 y por las películas calientes para la figura 2. Para las figuras 1 y 2, las mediciones de la temperatura se realizan, en cada pieza medida de la casa, con la ayuda de un termopar posicionado en el aire ambiente en el centro de la pieza a 160 cm de altura.

Como resulta de una comparación de las figuras 1 y 2, el calentamiento por películas calientes permite alcanzar una mejor homogeneidad en la temperatura en el conjunto de las piezas de la casa que el calentamiento convectivo. En particular, con el calentamiento por películas calientes, se observan menos disparidades entre las temperaturas de las piezas a ras de suelo, por una parte, y las temperaturas de las piezas del piso, por otra parte. Se observa igualmente que las pendientes de las curvas de subida de la temperatura son más homogéneas de una pieza a otra con el calentamiento con películas calientes, lo que se busca de una manera particular en el marco del procedimiento según el invento. Estas dos ventajas, que son la mayor homogeneidad de la temperatura y la mayor homogeneidad de las pendientes de subida de la temperatura, provienen del hecho de que la masa de la casa se calienta directamente en el caso del calentamiento con películas calientes.

Según una característica ventajosa, cada campaña de mediciones de la temperatura en el interior del local comprende unas mediciones de la temperatura ambiente en el interior del local, mediciones de la temperatura de las paredes del local y/o mediciones de la temperatura media radiante en el interior del local. En la práctica, cualquier método de medición de las temperaturas conocido puede utilizarse para acceder a estas temperaturas, en particular los métodos de mediciones descritos en la norma NF EN ISO 7726. A título de ejemplo, las mediciones de la temperatura ambiente en el interior del local y de la temperatura de las paredes del local pueden realizarse con la ayuda de termopares o, preferentemente, de sodas Pt100. Para las mediciones de la temperatura media radiante en el interior del local, puede utilizarse ventajosamente un termómetro de globo negro.

Preferentemente, se mide al menos la temperatura de una pared en el interior del local. Cuando el calentamiento del local asegura que la temperatura ambiente es suficientemente próxima a la temperatura de las paredes del interior del local, lo que puede obtenerse especialmente con un calentamiento que caliente prioritariamente la masa del local, puede sustituirse la medición de la temperatura ambiente del interior del local con la medición de la temperatura de la pared del interior del local.

Si el calentamiento del local es muy homogéneo, de tal manera que la temperatura interior sea la misma en todo el local, o en todas las piezas del local si éste comprende tabiques internos, entonces las mediciones de la temperatura en el interior del local pueden limitarse a mediciones en el interior de una sola pieza del local.

Si el procedimiento del invento se pone en marcha en un local para el cual el calentamiento es menos homogéneo, se puede contemplar medir la temperatura en varias piezas del local y considerar que la temperatura en el interior del local en cada tiempo t es la media de las mediciones obtenidas en el tiempo t en las diferentes piezas del local, con la condición de que no sean demasiado diferentes, lo que indicaría una falta de ventilación del local. Es posible igualmente prever varias mediciones de temperatura diferentes en cada pieza del local. De esta manera, se puede prever realizar en cada pieza una medición a la vez de la temperatura ambiente y/o una medición de la temperatura de una pared del revestimiento del local y/o una medición de la temperatura media radiante.

Según una característica ventajosa, la determinación de la temperatura del aire exterior T_{ek} se opera, en el marco del procedimiento del invento, por el sesgo de una campaña de mediciones simultáneas a las mediciones de la temperatura interior del local T_{ik} , es decir en los mismos tiempos próximos.

Como variante, la determinación de la temperatura del aire exterior T_{ek} en estos tiempos próximos puede obtenerse por interpolación de los datos meteorológicos del lugar del local.

Preferentemente, el procedimiento según el invento se pone en marcha en un periodo de tiempo para el cual la temperatura del aire exterior T_{ek} es estable.

Cuando la variación de la temperatura del aire exterior $T_{ek}(t)$ es importante durante la puesta en marcha del procedimiento, es posible tener en cuenta esta variación asimilándola a una evolución lineal, lo que se traduce en una no linealidad en la evolución de la temperatura interior del local $T_{ik}(t)$. Se puede entonces modelizar la curva $\theta_k(t) = T_{ik}(t) - T_{ek}(t)$ como un polinomio de segundo grado cuyos coeficientes hacen intervenir las características K y C del local. En este caso, es posible determinar K y C aplicando una sola potencia impuesta P_{impk} de calentamiento del local, con una sola campaña de mediciones de la temperatura del interior del local T_{ik} por lo tanto, desarrollando la solución de la ecuación (1) de segundo orden, se obtiene una igualdad entre dos polinomios de segundo grado, con una igualdad para el término en t y una igualdad para el término en t^2 . Tal opción es, sin embargo, menos preferida, debido a su gran complejidad.

Como se ha explicado anteriormente, el coeficiente de pérdida térmica K determinado según el invento integra las contribuciones de las pérdidas térmicas por transmisión y por las infiltraciones de aire, es decir:

ES 2 625 495 T3

$$K = H_T + m \cdot C_P = UA_T + m \cdot C_P$$

5 Si se desea acceder al coeficiente de transmisión térmica U del local, es posible desacoplar la contribución de unas pérdidas térmicas por transmisión, por una parte, y la de las infiltraciones de aire, por otra parte, evaluando el caudal de renovación de aire m en el local.

10 Cuando ningún sistema de ventilación del local está activo en el transcurso del procedimiento de determinación del coeficiente K , el caudal m es igual al caudal de renovación de aire por infiltración. Este caudal m puede ser determinado por cualquier método apropiado, especialmente por un método de detección por gas trazador o por un test de infiltrometría con puerta soplante.

15 De manera ventajosa, el método de detección por gas trazador proporciona un valor instantáneo del caudal m . Este método por gas trazador permite igualmente tener en cuenta de manera precisa la contribución de la ventilación en el balance energético del local, lo que es ventajoso en el caso en el que el procedimiento se pone en marcha mientras que está activo un sistema de ventilación que equipa el local, en particular en el caso en el que es posible desactivar, previamente a la puesta en marcha del procedimiento, los sistemas de ventilación que equipan el local.

20 Si se opta por un test con puerta soplante, es posible calcular un valor medio del caudal m a partir del valor medido del caudal de fuga.

25 A título de ejemplo, si se realiza un test con puerta soplante en el cual se mide el indicador $n50$ tal como está definido en la norma NF EN 13829, es decir el caudal de fuga bajo 50 Pa dividido por el volumen calentado del local, se sabe deducir el valor del caudal de renovación de aire m a partir del valor medido del $n50$, utilizando la regla establecida por Drubul: $m = n50 \cdot V / 20$ (3), donde V es el volumen calentado del local.

30 Como variante, el valor medio del caudal de renovación de aire m puede obtenerse a partir de la medida de indicadores distintos del indicador $n50$, o incluso con la ayuda de métodos de cálculo reglamentarios distintos del que utiliza la relación (3) anterior. En particular, una aproximación relativa a la regla de Drubul para determinar el valor del caudal de renovación de aire m a partir del valor medido de $n50$ consiste en estimar la tasa de infiltración de aire basada en el modelo empírico propuesto en la norma NF EN 13790, anexo G.

35 Cuando un sistema de ventilación fijo del local está activo en el transcurso del procedimiento de determinación del coeficiente K , el caudal m no incorpora la contribución de la renovación del aire debida a este sistema de ventilación, que conviene tener en cuenta además de la renovación de aire por infiltración. El caudal de renovación de aire debido al sistema de ventilación fijo puede determinarse por la medición del caudal de aire al nivel de cada boquilla de ventilación.

40 Cuando los ensayos se realizan calentando preferentemente la masa mejor que el aire interior del local, o cuando el coeficiente de pérdida térmica se calcula con la ayuda de las temperaturas de pared mejor que de las temperaturas del aire ambiente, el coeficiente de pérdidas calculado K_{calc} no es perfectamente representativo de las pérdidas reales, pues no tiene en cuenta el intercambio de calor entre la pared y el aire ambiente. Esto puede ser corregido parcialmente determinando el coeficiente de intercambio convectivo- radiativo h_i . El coeficiente h_i puede estimarse por el conocimiento de las temperaturas interiores ambiente y de globo negro del local, así como la velocidad del aire, a partir de la siguiente relación, definida en la RT 2005: $h_i = 2,5 + 4 \cdot \sigma \cdot \epsilon_i \cdot T_{mi}^3$, en donde T_{mi} es la temperatura media radiante que, de acuerdo con la norma NF EN ISO 7726, está relacionada, para un globo estándar de diámetro 85 mm y una emisión de 0,95, con la temperatura de globo T_g , la temperatura ambiente T_a y la velocidad del aire v_a :

$$50 \quad T_{mi} = [(T_g + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times v_a^{0,6} (T_g - T_a)]^{1/4} - 273.$$

Como variante, si la temperatura media radiante T_{mi} no está disponible, el coeficiente de intercambio convectivo h_i puede ser supuesto conocido. En particular, el coeficiente de intercambio convectivo h_i puede estimarse como siendo del orden de $8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, que es del orden de magnitud dado por la RT 2005 en las reglas Th-U.

55 En coeficiente de pérdida corregido K_{corr} vale entonces:

$$1/K_{corr} = 1/K_{calc} + 1/h_i A_T \quad (4)$$

60 El invento tiene como objetivo igualmente un dispositivo para la puesta en marcha de un procedimiento tal como el descrito anteriormente, que comprende al menos un captador de temperatura que mide una temperatura en el interior del local T_{ik} y un dispositivo de calentamiento homogéneo del local que comprende una fuente de potencia controlada.

5 Según una característica ventajosa de tal dispositivo, el dispositivo de calentamiento calienta directamente la masa del local, es decir la capacidad térmica del local y no solamente el aire del interior del local, y el captador de temperatura mide la temperatura en el aire del interior del local. Como se ha mencionado anteriormente, ejemplos de dispositivos de calentamiento que calientan directamente la masa del local comprenden películas calientes añadidas sobre el suelo del local o incluso sistemas fijos de calentamiento por el suelo del local.

10 La selección de un dispositivo que combine un calentamiento directo de la masa del local y una medición de la temperatura en el aire del interior del local es particularmente ventajosa para la puesta en marcha del procedimiento según el invento. En efecto, si se elige realizar mediciones de la temperatura de la pared, es necesario, para obtener una buena estimación de la temperatura media en una pieza, realizar mediciones de temperatura sobre varias paredes de la pieza, y a continuación determinar una media de estas temperaturas de las paredes, y cualquiera que sea la homogeneidad del calentamiento. Por el contrario, si se elige realizar mediciones de la temperatura del aire, una sola medida en el volumen de aire sensiblemente en el centro de la pieza basta para obtener un valor representativo de la temperatura media de la pieza, con la condición de que el calentamiento sea lo suficientemente homogéneo. La medición de la temperatura en el aire permite por lo tanto reducir el número de mediciones a realizar en el marco del procedimiento según el invento, en la medida en que se ha realizado en una pieza calentada de manera globalmente homogénea. Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, un calentamiento homogéneo se obtiene más fácilmente y más rápidamente con un dispositivo de calentamiento que caliente directamente la masa del local, mejor que con un dispositivo de calentamiento convectivo que caliente prioritariamente el aire del interior del local. A partir de aquí, gracias a la combinación de un calentamiento directo de la masa del local y una medición de la temperatura del aire en el interior del local, la puesta en marcha del procedimiento según el invento se simplifica y se limita su duración.

25 Según otra característica ventajosa, el dispositivo comprende además una unidad central electrónica que comprende unos medios para adquirir las mediciones de temperatura en el interior del local, unos medios para calcular el coeficiente de pérdida térmica K del local a partir de las mediciones de temperatura adquiridas y unos medios de control automático de la fuente de potencia en función de las mediciones de temperatura adquiridas.

30 Tal dispositivo de control automático utiliza las señales de temperatura adquiridas, no solamente para calcular el coeficiente de pérdida térmica K del local, sino igualmente para pilotar de manera automática la fuente de potencia asegurando el calentamiento del local. De manera ventajosa, el tratamiento de las informaciones de la temperatura está asegurado por la unidad central electrónica, la cual está asociada a una lógica de control interno del dispositivo que está parametrada de tal manera que cualquier evolución de la temperatura corresponde a criterios definidos del procedimiento según el invento, especialmente a criterios que describen la linealidad de la evolución $T_{ik}(t)$ en un intervalo de tiempo, la estabilidad de la temperatura del aire exterior T_{ek} , etc., permite controlar la intensidad de la potencia de calentamiento en el local.

40 A título de ejemplo, un test susceptible de ser lanzado de manera autónoma por tal dispositivo de control automático comprende la secuencia siguiente de etapas:

- lanzamiento del procedimiento;
- puesta en funcionamiento del dispositivo de calentamiento;
- cuando la evolución $T_{i1}(t)$ de la temperatura medida en el interior del local en el transcurso del calentamiento del local es sensiblemente lineal y la temperatura del aire exterior T_{e1} es estable con respecto a criterio predefinidos, calcula y almacena el valor de la pendiente α_1 de la tangente a la curva de calentamiento $T_{i1}(t)$ y detiene el dispositivo de calentamiento;
- cuando la evolución $T_{i2}(t)$ de la temperatura medida en el interior del local en el transcurso del enfriamiento del local sensiblemente lineal y la temperatura del aire exterior T_{e2} es estable con respecto a criterios predefinidos, calcula y almacena el valor de la pendiente α_2 de la tangente a la curva de enfriamiento $F_{i2}(t)$;
- a partir de los valores almacenados de las pendientes α_1 y α_2 , calcula el coeficiente de pérdida térmica k del local.

55 El dispositivo de calentamiento del dispositivo de control automático puede ser un dispositivo de calentamiento ligado al local testado o un dispositivo de calentamiento adjunto específicamente para la realización de los ensayos. Incluso, los captadores de las mediciones de la temperatura del dispositivo de control automático pueden estar ligadas al local o ser adicionales. Como se ha explicado anteriormente, los captadores de las mediciones de la temperatura son preferentemente captadores de las mediciones de la temperatura del aire en el interior del local, mejor que captadores de las mediciones de la temperatura de las paredes del interior del local.

60 Según una característica ventajosa, la lógica de control interno del dispositivo está concebida de tal manera que cada test lanzado de manera autónoma por el dispositivo de control automático se lanza preferentemente por la noche, y, si las mediciones precedentes se han realizado ya, el dispositivo de control automático optimiza el ciclo de cada test de tal manera que minimiza su duración y maximiza la precisión de caracterización.

Preferentemente, los criterios del procedimiento utilizados por el dispositivo de control automático tienen en cuenta la precisión de la medición de la temperatura, es decir la precisión de determinación de la pendiente de evolución de la temperatura. Cuanto más pequeña es la precisión de la medición, más largo debe ser el tiempo de medición para asegurar una correcta determinación de la pendiente. Durante las fases de enfriamiento, el criterio debe estar definido de tal manera que la pendiente en valor absoluto tenga un valor máximo, estando prohibida cualquier pendiente de valor casi nulo.

De manera ventajosa, en el caso de un dispositivo que utiliza unos sistemas de calentamiento y unos captadores internos del local puede considerarse optimizar el pilotaje del calentamiento por el dispositivo de control automático en función de la ocupación del local y de sus características térmicas K y C.

El invento tiene igualmente como objetivo un soporte del registro de informaciones, que comprende unas instrucciones para la puesta en marcha, en el marco de un procedimiento tal como el descrito anteriormente:

- unas etapas de cálculo del coeficiente de pérdida térmica K del local a partir de las mediciones de la temperatura adquiridas, y
- unas etapas de control automático de la fuente de potencia en función de unas mediciones de la temperatura adquiridas, cuando estas instrucciones son ejecutadas por una unidad de cálculo electrónica.

Las características y ventajas del invento aparecerán con la descripción que viene a continuación de varios modos de realización de un procedimiento y de un dispositivo según el invento, dados únicamente a título de ejemplo y hechos refiriéndonos a las figuras 3 a 8 anexas en las cuales:

- la figura 3 es una vista esquemática de una casa individual en la que se desea determinar el coeficiente de pérdida térmica K de acuerdo con el invento, estando equipada esta casa con una bomba de calor como fuente de potencia controlada que alimenta el sistema de calentamiento por el suelo;
- la figura 4 es una curva representativa de la evolución de la temperatura T_{ik} en el interior de la casa de la figura 3 en función del tiempo, en el transcurso de la puesta en marcha del procedimiento según el invento;
- la figura 5 es una curva representativa de la evolución de la temperatura T_{i1} en el interior de la casa de la figura 3 en función del tiempo, para un primer periodo de tiempo D_1 en el transcurso del cual una potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} nula se aplica en la casa, es decir que este primer periodo de tiempo se corresponde con una ausencia de calentamiento en la casa;
- la figura 6 es una curva representativa de la evolución de la temperatura T_{i2} en el interior de la casa de la figura 3 en función del tiempo, para un segundo periodo de tiempo D_2 en el transcurso del cual se aplica en la casa una potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} no nula;
- la figura 7 es una vista esquemática de un bungalow en el que se desea determinar el coeficiente de pérdida térmica K de acuerdo con el invento, estando asegurado el calentamiento por convectores eléctricos; y
- la figura 8 es una curva representativa de la evolución de la temperatura T_{ik} en el interior bungalow de la figura 7 en función del tiempo en el transcurso de la puesta en marcha del procedimiento de acuerdo con el invento, mostrando un primer periodo de tiempo D_1 en el transcurso del cual se aplica en el bungalow una potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} , es decir que este primer periodo se corresponde con una ausencia de calentamiento en el bungalow, seguido de un segundo periodo de tiempo D_2 en el transcurso del cual se aplica en el bungalow una potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} no nula.

EJEMPLO 1

Con referencia a la figura 3, el procedimiento según el invento se pone en marcha para la determinación del coeficiente de pérdida térmica K de una casa individual 1 de construcción reciente, equipada con una bomba de calor 2. La bomba de calor 2 alimenta un sistema de calentamiento por el suelo 3 que permite un calentamiento homogéneo de la casa. En particular, el sistema 3 de calentamiento por el suelo asegura un calentamiento de la casa 1 tal que la temperatura de las paredes en el interior de la casa es sensiblemente igual a la temperatura del aire ambiente en el interior de la casa. El coeficiente de pérdida térmica K de la casa 1 puede hallarse en el marco de un diagnóstico de las características energéticas de la casa, por ejemplo, para verificar que la casa 1 satisface ciertos niveles de calidad en términos de aislamiento térmico, tales como el nivel BBC o el nivel Passivhaus.

La potencia de calentamiento suministrada por la bomba de calor 2 para el calentamiento de la casa es fácilmente determinable, especialmente a partir del COP de la bomba de calor como se ha explicado anteriormente. La bomba de calor 2 constituye por lo tanto una fuente de potencia controlada bien adaptada para generar los impulsos de calentamiento de la casa, es decir las potencias de calentamiento impuestas P_{impk} que se requieren por el procedimiento del invento. En este ejemplo, el valor del COP de la bomba de calor 2 es igual a 4,23.

El procedimiento para la determinación del coeficiente de pérdida térmica K de la casa 1 se pone en marcha mientras que la casa está desocupada. Por otra parte, la casa 1 está equipada con un sistema de ventilación fijo que comprende dos VMC de simple flujo higroregulables, que no están desactivados durante la puesta en marcha del procedimiento. Sin embargo, como la casa 1 está desocupada y los periodos de medición del procedimiento son relativamente cortos, se puede considerar que los VMC no se desconectan en el transcurso del procedimiento.

Como se ha mencionado anteriormente, el procedimiento según el invento se pone en marcha preferentemente en continuo en su globalidad en un solo periodo de tiempo. Este es el caso representado en las figuras 4 a 6 puesto que, como se puede ver bien en la figura 4, el segundo periodo de tiempo D_2 en el transcurso del cual se aplica en la casa una potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} no nula que es inmediatamente consecutivo al primer periodo de tiempo D_1 en el transcurso del cual se aplica en la casa una potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} nula.

En el ejemplo de las figuras 4 a 6, el procedimiento tiene lugar en un periodo de tiempo continuo que dura alrededor de 1500 minutos, y que comienza al principio de la noche y se extiende a la siguiente jornada. En este periodo de tiempo de 1500 minutos, la radiación solar registrada es pequeña pues el tiempo estaba nublado durante la puesta en marcha del procedimiento. Además, todos los postigos de la casa estaban cerrados durante la puesta en marcha del procedimiento. En estas condiciones, la contribución de la radiación solar al calentamiento de la casa 1 puede despreciarse.

Además, ninguna fuente de potencia distinta de la utilizada para la aplicación de los impulsos de calentamiento estaba activa en la casa 1 en el transcurso del procedimiento. De esta manera, para cada periodo de tiempo D_1 y D_2 la única potencia a considerar en el balance energético es la potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} o P_{imp2} .

En una primera etapa del procedimiento, que corresponde al primer periodo de tiempo D_1 , se aplica la primera potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} nula en la casa, a partir de una temperatura de partida $T_{i1d} = 17^\circ \text{C}$, es decir que el sistema de calentamiento 3 no funciona durante este periodo D_1 . La temperatura ambiente en el interior de la casa T_{i1} se mide entonces cada diez minutos en dos piezas diferentes de la casa, a saber una pieza principal y una habitación. A estos efectos, se instala un captador de temperatura en cada una de estas dos piezas, en el aire ambiente y a 180 cm de altura.

En este ejemplo, la evolución medida de la temperatura ambiente en el interior de la pieza principal y la evolución medida de la temperatura ambiente en el interior de la habitación son casi idénticas. En efecto, el calentamiento de la casa 1 es particularmente muy homogéneo, de tal manera que la temperatura ambiente es la misma en todas las piezas de la casa 1. En las figuras 4 a 6, se representa solamente la evolución de la temperatura ambiente en el interior de la pieza principal, quedando entendido que la evolución de la temperatura ambiente en el interior del dormitorio tiene un perfil similar.

La curva representativa de la evolución de la temperatura ambiente en el interior de la casa T_{i1} en función del tiempo durante el periodo D_1 se muestra en la figura 5. Como se ve en esta figura, la curva de descenso de la temperatura de la casa 1 presenta una parte sensiblemente lineal en el intervalo de tiempo Δt_1 . La introducción en la ecuación de esta parte lineal de la curva da: $T_{i1} = 16,5^\circ \text{C} - 0,003 (t-800)$, con t en minutos.

La figura 5 hace aparecer igualmente la evolución de la temperatura del aire exterior T_{e1} durante el periodo de tiempo D_1 . La temperatura del aire exterior T_{e1} en el intervalo de tiempo Δt_1 es lo suficientemente estable para que se la pueda considerar sensiblemente constante e igual a la temperatura media en el intervalo de tiempo Δt_1 , a saber, en este ejemplo $T_{e1m} = 5^\circ \text{C}$.

En una segunda etapa del procedimiento, que corresponde al segundo periodo de tiempo D_2 , se restablece el calentamiento en la casa 1 aplicando la segunda potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} en la casa 1, igual a la potencia máxima suministrada por la bomba de calor 2, o sea $P_{imp2} = \text{COP} \times 5000 \text{W} = 4,23 \times 5000 \text{W}$, a partir de una temperatura de partida $T_{i2d} = 15^\circ \text{C}$. Como en la primera etapa, la temperatura ambiente en el interior de la casa T_{i2} se mide entonces cada diez minutos, por medio de dos captadores de temperatura instalados respectivamente en la pieza principal y en el dormitorio de la casa, cada uno en el aire ambiente a 180 cm de altura. Aquí incluso, las mediciones muestran que la evolución de la temperatura ambiente en el interior de la pieza principal y la evolución de la temperatura ambiente en el interior de la habitación son casi idénticas.

La figura 6 muestra la curva representativa de la evolución de la temperatura ambiente en el interior de la casa T_{i2} en función del tiempo durante el periodo de tiempo D_2 . Como se ve en esta figura, la curva de la subida de la temperatura en la casa 1 presenta una parte sensiblemente lineal en el intervalo de tiempo Δt_2 . La introducción en la ecuación de esta parte lineal de la curva da: $T_{i2} = 16,2^\circ \text{C} + 0,014 (t-1730)$, con t en minutos.

La evolución de la temperatura del aire exterior T_{e2} durante el mismo periodo de tiempo D_2 se muestra igualmente en la figura 6. Como en la primera etapa, la temperatura del aire exterior T_{e2} en el intervalo de tiempo Δt_2 es lo suficientemente estable como para que se pueda considerar sensiblemente constante e igual a la temperatura media en el intervalo Δt_2 , a saber, en este ejemplo $T_{e2m} = 14^\circ \text{C}$.

La relación α_1/α_2 entre, por una parte, la pendiente α_1 de la recta representativa de la evolución de la magnitud $T_{i1}(t)$ y, por otra parte, la pendiente α_2 de la recta representativa de la evolución de la magnitud $T_{i2}(t)$ vale por lo tanto $\alpha_1/\alpha_2 = -0.003/0,014$.

Como la relación de las pendientes α_1/α_2 es igual a: $P_{tot1} - \theta_{1m}.K/P_{tot2} - \theta_{2m}.K$ según la ecuación (2) precedente, tomando $\theta_{1m} = 10,9^\circ \text{ C}$, $\theta_{2m} = 3,9^\circ \text{ C}$, $P_{imp1} = 0 \text{ W}$, $P_{imp2} = 4,23 \times 5000 \text{ W}$, se obtiene el valor del coeficiente de pérdida térmica K de la casa 1:

5
$$K_{calc} = 386 \text{ W/K}$$

En la práctica, las etapas de adquisición de las temperaturas interior T_{ik} y exterior T_{ek} y el cálculo del coeficiente de pérdida térmica K a partir de unas temperaturas adquiridas pueden realizarse por medio de un microprocesador o de cualquier otra unidad de cálculo electrónico apropiada.

10 Para el calentamiento que se ha aportado a la masa del edificio, la relación (4) es aplicable y, con $h_i = 8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $A_T = 736 \text{ m}^2$, se obtiene:

15
$$K_{corr} = 362 \text{ W/K.}$$

El valor del coeficiente de pérdida térmica K_{corr} de la casa 1 determinado por el procedimiento del invento puede compararse con un valor estático medio K_s del coeficiente de pérdida térmica. Este valor estático medio K_s se estima a partir del consumo energético de la bomba de calor 2, el cual se mide una vez por semana durante trece semanas invernales, en configuración de la casa ocupada y para una temperatura estática impuesta en el interior de la casa T_{is} de 20° C . Retrayendo la parte de consumo debido al agua caliente sanitaria, el valor estático medio K_s del coeficiente de pérdida térmica se estima en alrededor de 430 W/K . Este valor estático medio K_s es de largo del mismo orden de magnitud que el valor del coeficiente de pérdida térmica K_{corr} determinado por el procedimiento del invento.

25 La diferencia entre los dos valores K_s y K_{corr} puede provenir de las condiciones de ocupación diferentes de la casa 1 por, por una parte, la puesta en marcha del procedimiento de acuerdo con el invento y, por otra parte, la evaluación del valor estático medio K_s . En efecto, el procedimiento del invento ha sido puesto en marcha en la casa desocupada, mientras que el valor estático medio K_s ha sido evaluado con la casa ocupada por cuatro personas, lo que implica contribuciones energéticas suplementarias, especialmente en términos de caudal de renovación del aire debido a los VMC higroregulables, y en términos de la potencia debida a la radiación solar o al funcionamiento de aparatos electrodomésticos.

30 Se ha realizado igualmente un test de puerta soplante en la casa 1. Este test conduce a un valor del indicador n50 de 7,35 para un volumen calentado de la casa 1 de 688 m^3 . Con la ayuda de la relación 3, se puede deducir entonces el valor medio del caudal de renovación del aire $m^{\dot{}}$ en la casa 1:

35
$$m^{\dot{}} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$$

40 Resulta que la contribución de las infiltraciones de aire representa:

$$m^{\dot{}} \cdot C_p = 85 \text{ W/K}$$

Suponiendo que los dos VMC no están desconectados en el transcurso de los periodos de tiempo D_1 y D_2 , se puede deducir que la contribución de las pérdidas térmicas por transmisiones son:

45
$$H_T = UA_T = K_{corr} - m^{\dot{}} \cdot C_p = 277 \text{ W/K.}$$

Además, el procedimiento del invento permite acceder al valor de la inercia o capacidad térmica efectiva C de la casa 1 tal como se ha definido anteriormente, a saber, la energía necesaria para aumentar la temperatura ambiente de la casa 1K a temperatura exterior constante:

50
$$C = 80 \text{ MJ/K.}$$

EJEMPLO 2

55 Con referencia a las figuras 7 y 8, el procedimiento según el invento se pone en marcha para la determinación del coeficiente de pérdida térmica K de un bungalow 10 que tiene un volumen interior V_i de $5,8 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} \times 2,6 \text{ m}$ y que está provisto de dos ventanas con triple cristal. El revestimiento del bungalow 10 está constituido por paneles tipo sándwich aislantes ensamblados por una estructura metálica. Se ha añadido un aislante suplementario al revestimiento, bajo la forma de una lana de vidrio de 40 mm de espesor y una placa de yeso en el paramento interior del revestimiento. La permeabilidad al aire, medida con un gas trazador, es de $0,43 \text{ vol/h}$. El procedimiento se pone en marcha mientras que el bungalow está desocupado.

El calentamiento del bungalow está asegurado con unos convectores eléctricos 20 que tienen una potencia real medida de 1880 W . Los convectores permiten calentar el aire del bungalow y, debido al volumen reducido del bungalow, el calentamiento del bungalow es homogéneo. Los convectores 20 constituyen una fuente de potencia

controlada bien adaptada para generar unos impulsos de calentamiento del bungalow, es decir, las potencias de calentamiento impuestas P_{impk} que son requeridas por el procedimiento del invento. Durante los calentamientos, la consigna es de 32°C , medidos por un globo negro colocado en el centro del volumen de aire.

- 5
- El procedimiento según el invento se pone en marcha en continuo en su globalidad en un único periodo de tiempo nocturno, con el fin de franquear la contribución de la radiación solar al calentamiento del bungalow 10. A partir de una temperatura interior del bungalow $T_{i1d} = 32^{\circ}\text{C}$, se procede al enfriamiento del bungalow en un primer periodo de tiempo D_1 de 23h a 3 h, lo que corresponde a una potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} nula, y a continuación a un calentamiento del bungalow en un segundo periodo de tiempo D_2 de 3h a 8h con una potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} de 1880 W. El segundo periodo de tiempo D_2 es de esta manera inmediatamente consecutivo del primer periodo de tiempo D_1 .
- 10
- 15 Ninguna fuente de potencia distinta de la utilizada para la aplicación de los impulsos de calentamiento está activa en el bungalow 10 en el transcurso del procedimiento. De esta manera, para cada periodo de tiempo D_1 y D_2 , la única potencia a considerar en el balance energético es la potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} o P_{imp2} .
- 20 En una primera etapa del procedimiento, que se corresponde con el primer periodo de tiempo D_1 , se aplica la primera potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} nula en el bungalow 10, a partir de la temperatura de partida $T_{i1d} = 32^{\circ}\text{C}$, es decir, que los convectores 2 no funcionan durante este periodo D_1 . La temperatura ambiente en el interior del bungalow T_{i1} se mide entonces cada diez segundos. A estos efectos, el globo negro está situado en el centro del bungalow.
- 25 La curva representativa de la evolución de la temperatura interior del bungalow T_{i1} en función del tiempo durante el periodo de tiempo D_1 se muestra en la figura 8. Como se ve en esta figura, la curva de descenso de la temperatura del bungalow 10 presenta una parte sensiblemente lineal en el intervalo de tiempo Δt_1 . La introducción en la ecuación de esta parte lineal de la curva da: $T_{i1} = 26,5^{\circ}\text{C} - 0,00053 t$, con t en segundos.
- 30 La figura 8 hace aparecer igualmente la evolución de la temperatura del aire exterior T_{e1} durante el periodo de tiempo D_1 . La temperatura del aire exterior T_{e1} durante el intervalo de tiempo Δt_1 es lo suficientemente estable como para que se pueda considerar sensiblemente constante e igual a la temperatura media en el intervalo de tiempo Δt_1 , a saber, en este ejemplo $T_{e1m} = 13,4^{\circ}\text{C}$.
- 35 En una segunda etapa del procedimiento, que corresponde con el segundo periodo de tiempo D_2 , se restablece el calentamiento del bungalow 10 aplicando la segunda potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} en el bungalow, igual a 1880W, a partir de una temperatura de partida $T_{i2d} = 22^{\circ}\text{C}$. Como en la primera etapa, la temperatura ambiente en el interior de la casa T_{i2} se mide entonces cada diez segundos, por medio de un globo negro situado en el centro del bungalow.
- 40 La figura 8 muestra la curva representativa de la evolución de la temperatura interior del bungalow T_{i2} en función del tiempo durante el periodo de tiempo D_2 . Como se ve en esta figura, la curva de subida de la temperatura del bungalow 10 presenta una parte sensiblemente lineal en el intervalo de tiempo Δt_1 . La introducción en la ecuación de esta parte lineal da: $T_{i2} = 28,9^{\circ}\text{C} + 0,00179 t$, con t en segundos.
- 45 La evolución de la temperatura del aire exterior T_{e2} durante el mismo periodo de tiempo D_2 se muestra igualmente en la figura 8. Como en la primera etapa, la temperatura del aire exterior T_{e2} en el intervalo de tiempo Δt_2 es lo suficientemente estable como para que se pueda considerar sensiblemente constante e igual a la temperatura media en el intervalo de tiempo Δt_2 , a saber, en este ejemplo $T_{e2m} = 11,8^{\circ}\text{C}$.
- 50 La relación α_1/α_2 entre, por una parte, la pendiente α_1 de la recta representativa de la evolución de la magnitud $T_{i1}(t)$ y, por otra parte, la pendiente α_2 de la recta representativa de la evolución de la magnitud $T_{i2}(t)$ vale por lo tanto $\alpha_1/\alpha_2 = - 0,00053/0,00179$.
- 55 Como la relación de las pendientes α_1/α_2 es igual a $P_{tot1} - \theta_{1m} \cdot K / P_{tot2} - \theta_{2m} \cdot K$, según la ecuación (2) precedente, tomando $\theta_{1m} = 11,7^{\circ}\text{C}$, $\theta_{2m} = 18,1^{\circ}\text{C}$, $P_{imp1} = 0\text{ W}$, $P_{imp2} = 1880\text{ W}$, se obtiene el valor del coeficiente de pérdida térmica K_{calc} del bungalow 10:

$$K_{calc} = 32,6\text{ W/K.}$$

- 60 En la práctica, las etapas de adquisición de las temperaturas interior T_{ik} y exterior T_{ek} y de cálculo del coeficiente de pérdida térmica K a partir de unas temperaturas adquiridas, pueden realizarse por medio de un microprocesador o de cualquier unidad de cálculo electrónico apropiada.

ES 2 625 495 T3

En este ejemplo, se calienta el aire interior del bungalow 10 y se utiliza, para calcular el coeficiente de pérdida térmica, las temperaturas interiores del globo negro que están próximas a las temperaturas del aire ambiente en el interior del bungalow. A partir de aquí, no es necesario corregir el valor calculado del coeficiente de pérdida térmica K_{calc} con la relación (4).

El valor del coeficiente de pérdida térmica K_{calc} del bungalow 10 determinado por el procedimiento del invento puede ser comparado con un valor estático medio K_s del coeficiente de pérdida térmica. Este valor estático medio K_s se estima en régimen permanente. En la práctica, se considera que el régimen permanente se alcanza cuando la temperatura de los muros del bungalow es estable, y la temperatura del aire entonces también. La estimación de K_s se ha hecho durante un ensayo largo durante el cual se ha medido, durante un periodo de 8 horas, de 23h a 7h, la potencia media P_m necesaria para mantener la temperatura ambiente en el interior del bungalow T_i estable, siendo la temperatura del aire exterior T_e preferentemente igual de estable durante este periodo. El valor estático medio K_s del coeficiente de pérdida térmica se estima a continuación a partir de la relación:

$$P_m = K_s A_T (T_i - T_e)$$

El valor estático medio K_s del coeficiente de pérdida térmica así estimado es del orden de 32,7 W/K, el cual está próximo al valor del coeficiente de pérdida térmica K_{calc} determinado por el procedimiento del invento. Esto valida el modelo utilizado.

El valor medio del caudal de renovación del aire m^{\cdot} en el bungalow es:

$$m^{\cdot} = 0,43 \quad V_i = 13,62 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Resulta que la contribución de las infiltraciones de aire representa:

$$m^{\cdot} \cdot C_p = 4,6 \text{ W/K}.$$

Se puede deducir que la contribución de las pérdidas térmicas por transmisión es:

$$H_T = UA_T = K_{\text{calc}} - m^{\cdot} \cdot C_p = 28,0 \text{ W/K}.$$

Además, el procedimiento del invento permite acceder al valor de la inercia o capacidad térmica efectiva C del bungalow 10 tal como se definió precedentemente, a saber, la energía necesaria para aumentar la temperatura ambiente del bungalow 1 K a temperatura exterior constante:

$$C = 720 \text{ kJ/K}.$$

A título de ejemplo comparativo, el procedimiento según el invento ha sido puesto en marcha de nuevo en un bungalow 10, pero esta vez el bungalow 10 está provisto de dos planchas de yeso en el paramento interior del revestimiento del bungalow, en lugar de una sola plancha de yeso como anteriormente. Todos los demás parámetros son idénticos, en particular la permeabilidad del aire medida por un gas trazador es siempre de 0.43 vol/h y el procedimiento está puesto en marcha en continuo en su globalidad en un solo periodo de tiempo nocturno durante el cual el bungalow está desocupado. Los ciclos de calentamiento-enfriamiento son los mismos que anteriormente.

Se obtiene entonces el valor del coeficiente de pérdida térmica K_{calc} del bungalow 10:

$$K_{\text{calc}} = 30,1 \text{ W/K}.$$

Siendo siempre la contribución de las infiltraciones de aire $m^{\cdot} \cdot C_p = 4,6 \text{ W/K}$, se puede deducir que la contribución de las pérdidas térmicas por transmisión es:

$$H_T = UA_T = K_{\text{calc}} - m^{\cdot} \cdot C_p = 25,5 \text{ W/K}.$$

El valor de la inercia o capacidad térmica efectiva C del bungalow provisto de dos planchas de yeso en el paramento interior, a saber, la energía necesaria para aumentar la temperatura ambiente 1 K a temperatura exterior constante, es entonces:

$$C = 1071 \text{ kJ/K}.$$

lo que corresponde a un aumento del orden de 350 kJ/K de la capacidad térmica efectiva del bungalow con respecto al mismo bungalow provisto de una sola plancha de yeso en el paramento interior. Una estimación de la superficie de

yeso añadida al pasar de una plancha a dos planchas de yeso en el paramento interior del bungalow indica un aumento de la inercia de 400 kJ/K. De esta manera, se demuestra que el procedimiento según el invento es capaz de discriminar K y C.ç

5 EJEMPLO 3.

Con el fin de verificar la validez de las hipótesis sobre las cuales reposa el procedimiento del invento, se han realizado ensayos virtuales con la lógica TRNSYS en una casa ficticia que tiene una parte habitada de 12, 10 m x 9.90 m x 2,50 m y una superficie desperdiciada total $S = 350 \text{ m}^2$. De una manera más precisa, se han efectuado dos series de cálculos:

- 10
- una primera serie corresponde a un régimen permanente obtenido con un fichero meteorológico no realista, sin sol y fijando la temperatura exterior en 10° C y la potencia en 30 kW durante el tiempo necesario hasta la estabilización de las temperaturas (400 horas como máximo);
 - 15 - una segunda serie corresponde a un régimen transitorio obtenido con un fichero meteorológico realista, a saber, 3 días de marzo para un clima adaptado a la ciudad de Chambéry, aportando una potencia repartida de manera homogénea, ya sea por el suelo en la superficie (no en profundidad), ya sea por el aire, de 30 kW desde las 19h hasta la medianoche, y de 3 kW durante las 36 horas siguientes, y a continuación una regulación a 19° C durante unas jornadas.

20 Las dos series de ensayos han sido realizadas sin ocupación ni aporte de calor interno. Cada vez, las infiltraciones no han sido tenidas en cuentas en primer lugar, después sí lo han sido.

25 El caso permanente permite obtener el coeficiente de pérdida térmica K teórico de la casa. Considerando un calentamiento por el aire y ninguna infiltración, se obtiene $K_{\text{calc}} = 167 \text{ W/K}$. En las mismas condiciones con el caso transitorio, aplicando el procedimiento de acuerdo con el invento, se obtiene $K_{\text{calc}} = 164 \text{ W/K}$, o sea menos del 2% de diferencia con respecto al valor obtenido en el caso permanente. Esto demuestra que el procedimiento según el invento proporciona una buena estimación del coeficiente de pérdida térmica K.

30 Repitiendo las dos series de cálculo en las mismas condiciones, pero con un aporte de calor por el piso en lugar de por el aire, se obtiene respectivamente $K_{\text{calc}} = 177 \text{ W/K}$ en el caso permanente, y $K_{\text{calc}} = 181 \text{ W/K}$ en el caso transitorio aplicando el procedimiento de acuerdo con el invento. Considerando que el coeficiente de intercambio convectivo h entre las paredes y el aire ambiente es de $8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y utilizando la relación (4), se obtiene $K_{\text{corr}} = 166 \text{ W/K}$ en el caso permanente, y $K_{\text{corr}} = 170 \text{ W/K}$ en el caso transitorio. Esto demuestra el hecho de que el calentamiento directo de la masa del local puede utilizarse en ausencia de infiltraciones.

35 Finalmente, considerando un caso más realista, con un aporte de calor por el piso y unas infiltraciones de $0,4 \text{ vol/h}$, se obtiene $K_{\text{calc}} = 220 \text{ W/K}$ en el caso transitorio aplicando el procedimiento según el invento. Haciendo la hipótesis de que se puede aplicar la corrección de la relación (4) descrita anteriormente incluso en presencia de infiltraciones, para tener en cuenta el intercambio de calor entre las paredes y el aire ambiente con el coeficiente de intercambio convectivo h tomado por $8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, se obtiene $K_{\text{corr}} = 204 \text{ W/K}$ al nivel del aire. Teniendo en cuenta el valor de las infiltraciones de $0,4 \text{ vol/h} = 120 \text{ m}^3/\text{h}$, la pérdida por infiltraciones es de $120 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s} \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ kJ/kg/K} = 0,04 \text{ kJ/s.K} = 40 \text{ W/K}$. El coeficiente de pérdida térmica del revestimiento solo es entonces de $204 \text{ W/K} - 40 \text{ W/K} = 164 \text{ W/K}$, valor muy próximo al estimado en el régimen permanente. Esto demuestra la validez del hecho de que el calentamiento directo de la masa del local puede utilizarse incluso en presencia de infiltraciones, y que es posible midiendo estas infiltraciones separar las pérdidas térmicas por transmisión y las pérdidas térmicas por infiltraciones.

45 El invento no está limitado a los ejemplos descritos anteriormente. En particular, como ya se ha recordado, el procedimiento según el invento puede ser puesto en marcha indiferentemente con unos medios de calentamiento que equipan al local de manera fija o con unos medios de calentamiento que son añadidos al local específicamente para a puesta en marcha del procedimiento, siempre que la potencia suministrada por estos medios de calentamiento para los impulsos requeridos por el procedimiento pueda ser determinada de manera precisa. De esta manera, en el ejemplo de la casa 1, el procedimiento según el invento habría podido haber sido puesto en marcha desactivando el sistema de calentamiento que utiliza la bomba de calor 2 de la casa, y aplicando los impulsos de calentamiento por medio de un dispositivo de calentamiento añadido a la casa, tal como un dispositivo que comprenda películas calientes eléctricas o incluso un dispositivo que combine aparatos de calentamiento eléctricos de tipo convectivo y ventiladores.

50 Como se ha ilustrado anteriormente, cuando el valor de la capacidad térmica efectiva del local C no es conocido, el procedimiento según el invento hace intervenir al menos dos potencias impuestas diferentes P_{impk} de calentamiento del local. Preferentemente, la diferencia entre las dos potencias impuestas P_{impk} está maximizada. De esta manera, en los ejemplos precedentes, se seleccionan una potencia máxima y una potencia nula. Como variante, habría sido posible elegir dos potencias impuestas P_{impk} no nulas, especialmente una potencia de calentamiento relativamente pequeña y una potencia de calentamiento máxima.

Por otra parte, en el caso de un local de gran tamaño, tal como un inmueble de varios pisos, el procedimiento del invento puede ser utilizado o bien para la determinación del coeficiente de pérdida térmica K del local en su integridad en cuyo caso el calentamiento y la mezcla del aire deben estar asegurados en todo el local, o bien para la determinación del coeficiente de pérdida térmica K de una parte solamente del local. De esta manera, en el caso de un inmueble, se puede testar nada más que un solo apartamento del inmueble. Para ello, es necesario:

- o bien tener en cuenta las pérdidas térmicas para el cálculo, con la condición sin embargo de que las partes colindantes del apartamento medido estén en un estado térmico representativo de su estado de ocupación normal, en particular que las partes colindantes normalmente habitadas estén a una temperatura ambiente del orden de 20° C;

- o bien minimizar tanto como sea posible las pérdidas térmicas, por ejemplo, sobre-aislando las paredes colindantes por medio de un aislamiento añadido, o incluso acondicionando las partes colindantes de la misma manera que el apartamento medido de tal manera que se asegure una diferencia de temperatura a ambos lados de la pared medianera tan próxima a cero como sea posible.

Finalmente, como resultado de los ejemplos precedentes, el procedimiento según el invento está bien adaptado para la determinación del coeficiente de pérdida térmica K de locales que presenten un buen aislamiento térmico. En este caso, en efecto es fácil disipar una potencia térmica tal que la curva $T_{ik}(t)$ pueda ser considerada una recta. Para otras configuraciones de locales, especialmente para locales antiguos y menos aislados térmicamente, el tiempo de respuesta a los impulsos de calentamiento P_{impk} puede ser demasiado corto para que la evolución de la magnitud $T_{ik}(t)$ pueda ser considerada lineal. La evolución no lineal de $T_{ik}(t)$ puede ser modelizada entonces por una exponencial del tipo $(\theta_k(0) - P_{impk}/K) \exp(-t/\tau)$ en el menos un intervalo de tiempo Δt_k , donde $\tau = K/C$ es la constante de tiempo térmica del local. Es posible determinar el coeficiente K aplicando un solo impulso de calentamiento del local, con una potencia P_{impk} obligatoriamente no nula, consintiendo el método en determinar a continuación el valor

$$\ln \left[\frac{\theta_k(t) - \frac{P_{impk}}{K^*}}{\theta_k(0) - \frac{P_{impk}}{K^*}} \right]$$

K* del coeficiente K tal que la curva \dots es una recta, en la que $\theta_k(t) = T_{ik}(t) - T_{ekm}$ y T_{ekm} es la media de las mediciones de temperatura del aire exterior T_{ek} en el intervalo de tiempo Δt_k

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de determinación del coeficiente de pérdida térmica K de un local, caracterizado porque comprende unas etapas en las cuales:

- 5
- se procede, en el local desocupado, a una campaña de mediciones de al menos una temperatura en el interior del local T_{ik} en intervalos de tiempo próximos, en al menos dos periodos de tiempo D_k sucesivos correspondientes a unas potencias P_{totk} distintas de calentamiento del local;
 - se determina la temperatura del aire exterior T_{ek} en los mismos citados tiempos próximos;
 - en cada periodo de tiempo D_k a partir de la evolución $T_{ik}(t)$ de la magnitud T_{ik} en función del tiempo:
 - o bien, si existe un intervalo de tiempo Δt_k para el cual la evolución $T_{ik}(t)$ sea sensiblemente lineal, se determina en este intervalo de tiempo Δt_k la pendiente α_k de la tangente a la curva $T_{ik}(t)$ y se deduce el valor del coeficiente de pérdida térmica K del local a partir de las pendientes α_k ;
 - o bien, si no existe el intervalo de tiempo para el cual la evolución $T_{ik}(t)$ sea sensiblemente lineal, se selecciona un intervalo de tiempo Δt_k en el cual la evolución $T_{ik}(t)$ sea sensiblemente exponencial del tipo $\exp(-t/\tau)$, con τ la constante de tiempo térmica del local, y se deduce el valor del coeficiente de pérdida térmica K del local, que es el valor tal que la curva $\ln[(\theta_k(t) - P_{totk}/K) / (\theta_k(0) - P_{totk}/K)]$ es una recta, con $\theta_k(t) = T_{ik}(t) - T_{ekm}$ en donde T_{ekm} es la media de las mediciones de temperatura del aire exterior T_{ek} en el intervalo de tiempo Δt_k .

15

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque, para cada periodo de tiempo D_k la potencia P_{totk} de calentamiento del local comprende una potencia de calentamiento P_{impk} impuesta por medio de una fuente de potencia controlada.

25

3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende unas etapas en las cuales:

- 30
- se procede, en el local desocupado y en dos periodos de tiempo D_1 y D_2 sucesivos:
 - i. en el primer periodo de tiempo D_1 , a la aplicación de una primera potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} del local por medio de una fuente de potencia controlada, y a una campaña de mediciones de al menos una temperatura en el interior del local T_{i1} a intervalos de tiempo próximos, así como a la determinación de la temperatura del aire exterior T_{e1} en los citados tiempos próximos, y a continuación
 - ii. en el segundo periodo de tiempo D_2 , a la aplicación de una segunda potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} del local por medio de una fuente de potencia controlada, en el que la segunda potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} es diferente de la primera potencia P_{imp1} , y a una campaña de mediciones de al menos una temperatura en el interior del local T_{i2} en intervalos de tiempo próximos, así como a la determinación de la temperatura del aire exterior T_{e2} en los citados tiempos próximos;
 - para cada uno de los primero y segundo periodos de tiempo D_1 y D_2 , se selecciona un intervalo de tiempos Δt_1 ó Δt_2 para el cual la evolución $T_{i1}(t)$ o $T_{i2}(t)$ es sensiblemente lineal y se determina, en este intervalo de tiempo Δt_1 o Δt_2 , la pendiente α_1 o α_2 de la tangente a la curva $(T_{ik}(t))_{k=1 \text{ ó } 2}$;
 - se deduce el valor del coeficiente de pérdida térmica K del local a partir de la relación de las pendientes α_1/α_2 .

35

4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque una potencia entre la primera potencia de calentamiento impuesta P_{imp1} y la segunda potencia de calentamiento impuesta P_{imp2} es nula, mientras que la otra potencia es no nula.

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque la fuente de potencia controlada es un equipo fijo del local.

55

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque la fuente de potencia controlada es una fuente añadida al local específicamente para la puesta en marcha del procedimiento.

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en cada periodo de tiempo D_k la temperatura del aire exterior T_{ek} es estable.

60

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, en cada periodo de tiempo D_k , la radiación solar es pequeña, preferentemente nula.

65

9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque está realizado en su globalidad en un solo periodo de tiempo nocturno.

10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, en cada periodo de tiempo D_k cualquier sistema de ventilación fijo que equipa el local está desactivado.
- 5 11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la determinación de la temperatura del aire exterior T_{ek} en los citados periodos de tiempo próximos se obtiene por una campaña de mediciones.
- 10 12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque cada campaña de mediciones de la temperatura en el interior del local comprende unas mediciones de la temperatura ambiente, unas mediciones de la temperatura de las paredes y/o unas mediciones de la temperatura media radiante.
- 15 13. Dispositivo para la puesta en marcha de un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende al menos un captador de temperatura que mide una temperatura en el interior del local T_{ik} y un dispositivo de calentamiento homogéneo del local que comprende a su vez una fuente de potencia controladas, así como una unidad de cálculo electrónico que comprende unos medios para adquirir las mediciones de la temperaturas en el interior del local T_{ik} y unos medios de puesta en marcha de unas etapas de cálculo del procedimiento que consisten en la determinación de las pendientes α_k o la linealización de la evolución $\text{Ln}[(\theta_k(t) - P_{totk}/K)/(\theta_k(0) - P_{totk}/K)]$, y el cálculo del coeficiente de pérdida térmica K del local, a partir de las mediciones de las temperatura adquiridas.
- 20 14. Dispositivo según la reivindicación 13, caracterizado porque el dispositivo de calentamiento calienta directamente la capacidad térmica del local y el captador de temperatura mide la temperatura del aire en el interior del local.
- 25 15. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 13 y 14, caracterizado porque la unidad de cálculo electrónico comprende unos medios de control automático de la fuente de potencia en función de las mediciones de temperatura adquiridas.
- 30 16. Procedimiento de determinación del coeficiente de pérdida térmica K de un local cuya capacidad térmica efectiva C es conocida, en donde C es la energía necesaria para aumentar la temperatura ambiente en el interior del local 1 K mientras que la temperatura del aire exterior es constante, caracterizado porque comprende unas etapas en las cuales:
- 35 - se procede, en el local desocupado, a una campaña de mediciones de al menos una temperatura en el interior del local T_i en intervalos de tiempo próximos, en un solo periodo de tiempo correspondiente a una potencia P_{tot} no nula de calentamiento del local;
- se determina la temperatura del aire exterior T_e en los citados tiempos próximos;
- a partir de la evolución $T_i(t)$ de la magnitud T_i en función del tiempo:
- 40 • o bien, si existe un intervalo de tiempo Δt para el cual la evolución $T_i(t)$ es sensiblemente lineal, se determina en este intervalo de tiempo Δt la pendiente α de la tangente a la curva $T_i(t)$ y se deduce el valor del coeficiente de pérdida térmica K del local a partir de la pendiente α y de la capacidad térmica efectiva C del local;
- 45 • o bien, si no existe el intervalo de tiempo en el cual la evolución $T_i(t)$ es sensiblemente lineal, se selecciona un intervalo de tiempo $\Delta t'$ en el cual la evolución $T_i(t)$ es sensiblemente exponencial del tipo $\exp(-Kt/C)$ y se deduce el valor del coeficiente de pérdida térmica K del local, que es un valor tal que la curva $\text{Ln}[(\theta(t) - P_{tot}/K)/(\theta(0) - P_{tot}/K)]$ es una recta, con $\theta(t) = T_i(t) - T_{em}$ e donde T_{em} es la media de las mediciones de temperatura del aire exterior T_e en el intervalo de tiempo $\Delta t'$.

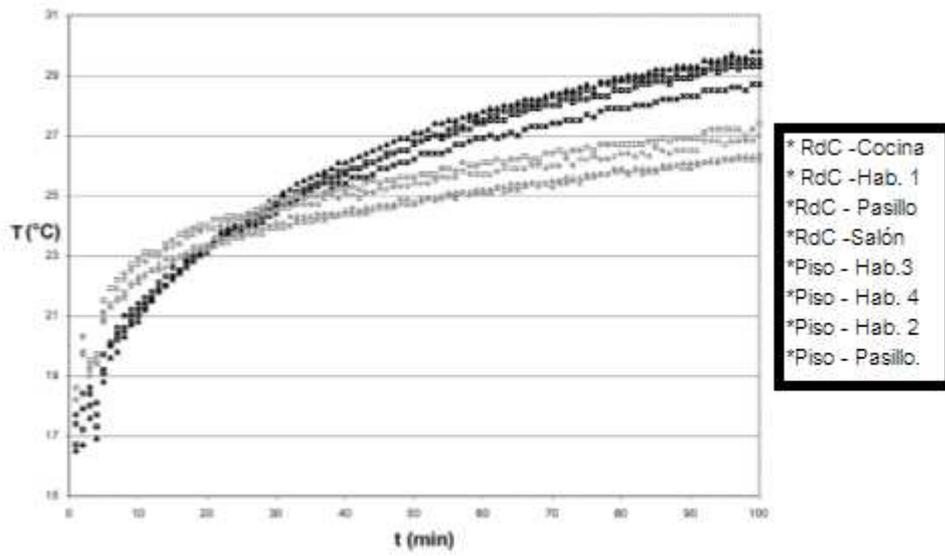


Fig. 1

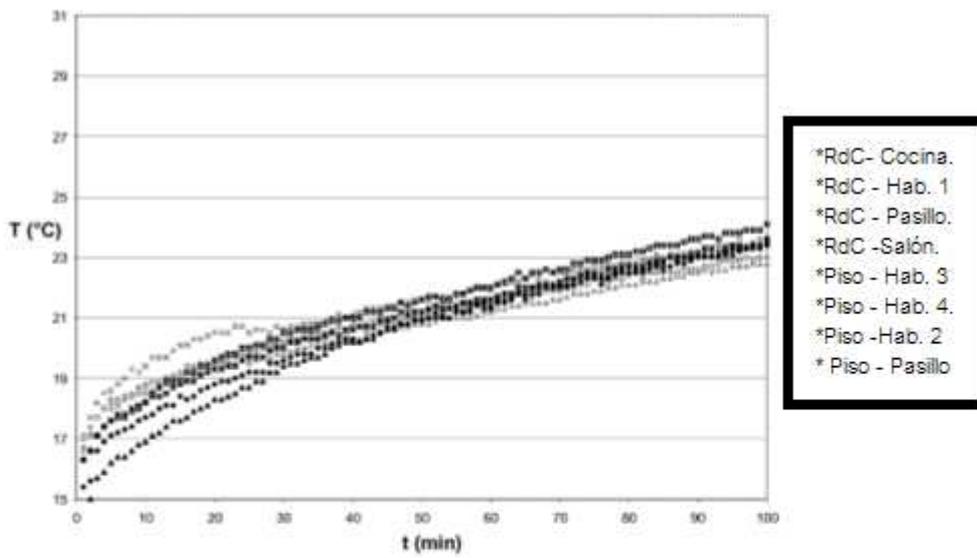


Fig. 2

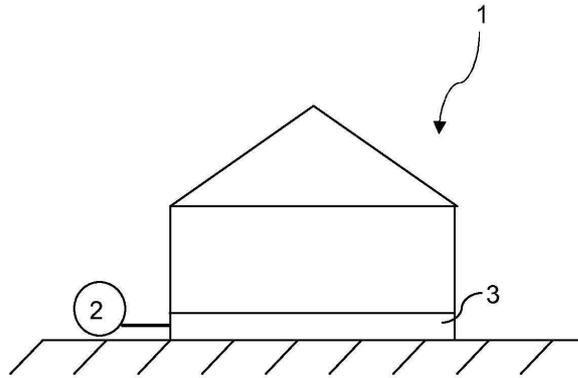


Fig. 3

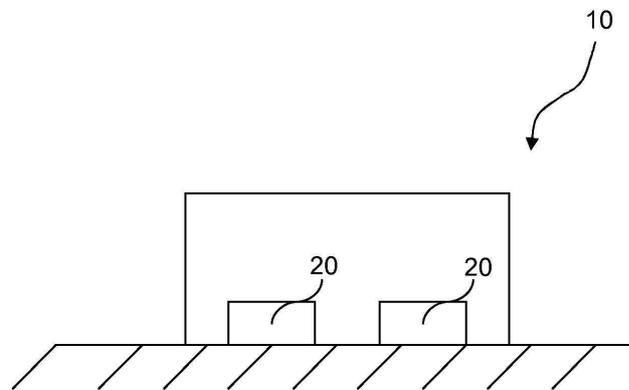


Fig. 7

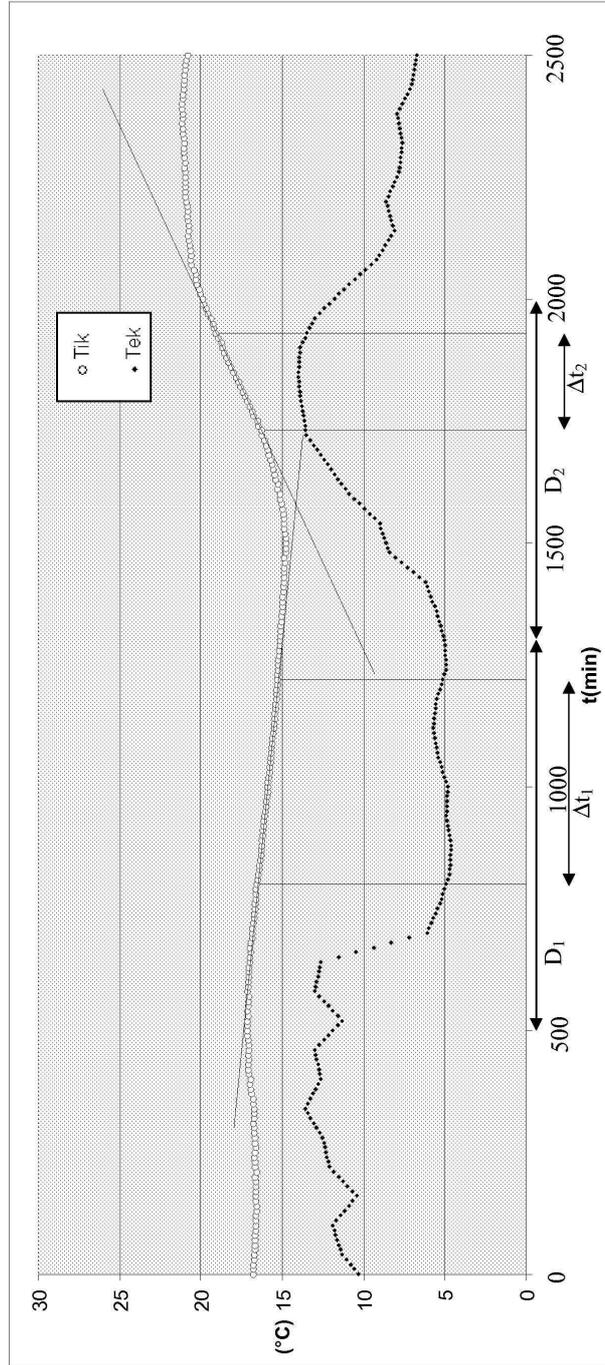


Fig. 4

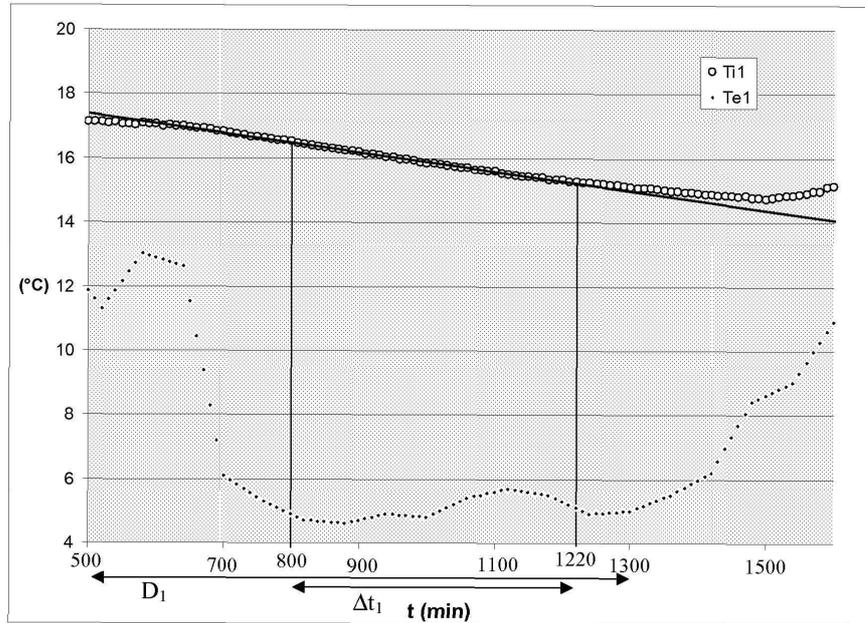


Fig. 5

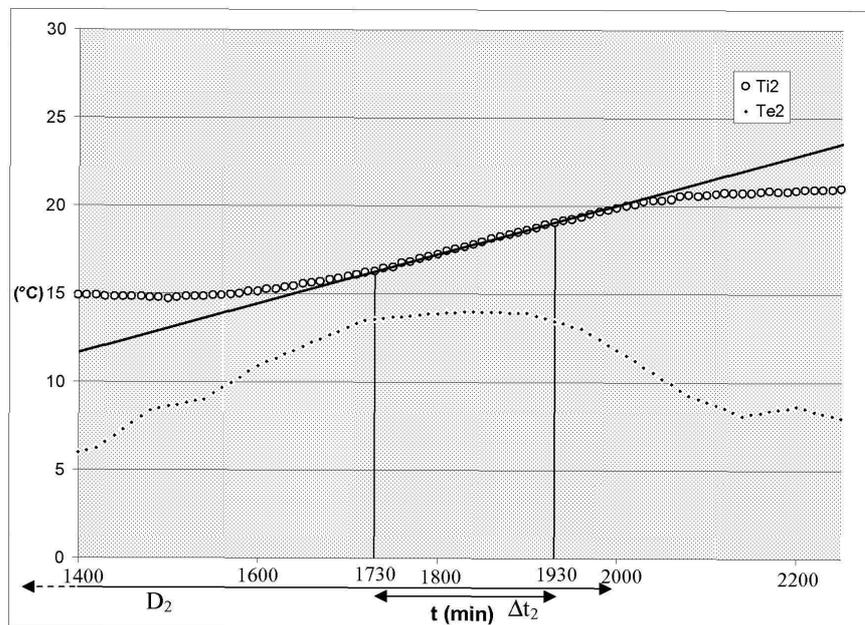


Fig. 6

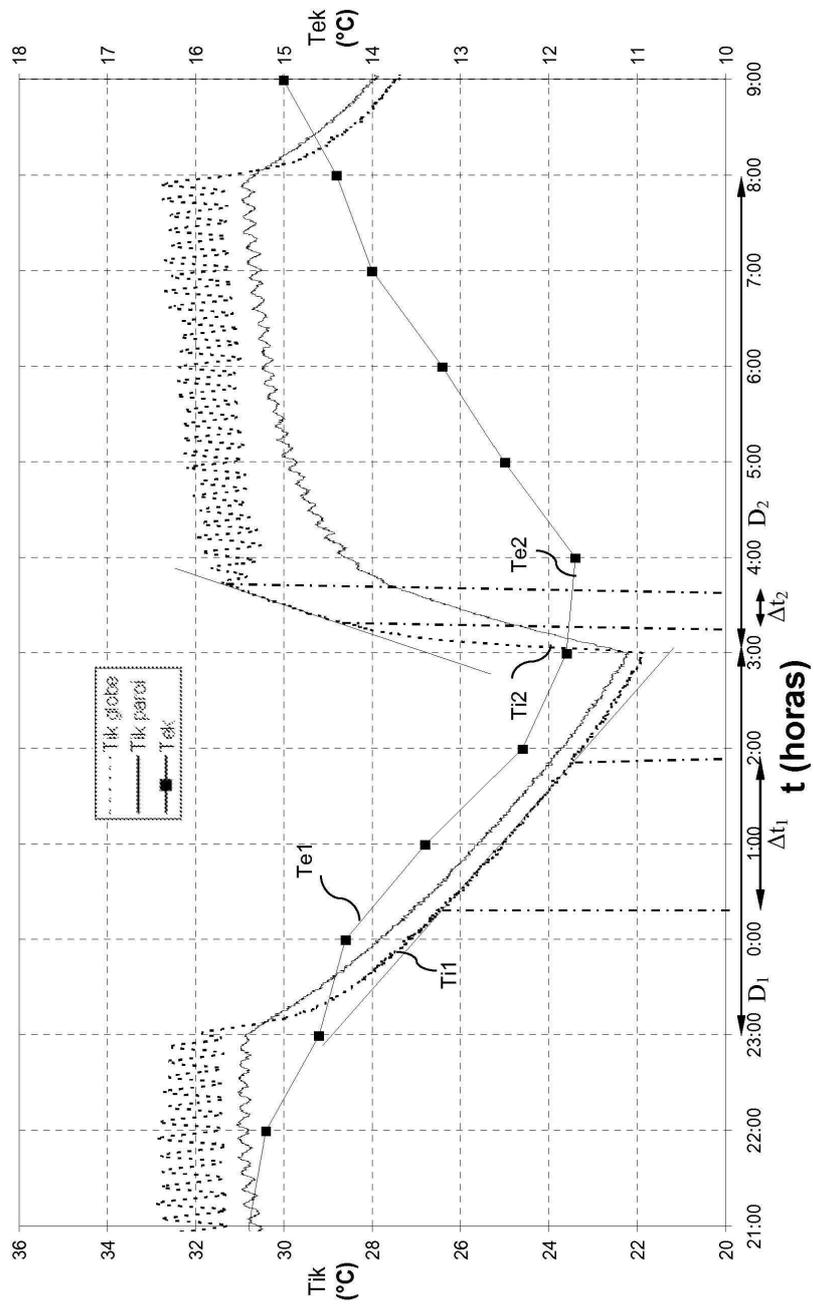


Fig. 8