



Análisis de los métodos de evaluación del confort térmico y el sobrecalentamiento

Modalidad: Monografía

Rodolfo Eliecer Castañeda Uribe
CC 1099368378

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de ciencias naturales e ingenierías
Tecnología en operación y mantenimiento electromecánico
Bucaramanga 09-12-2021



Análisis de los métodos de evaluación del confort térmico y el sobrecalentamiento

Modalidad: Monografía

Rodolfo Eliecer Castañeda Uribe
CC 1099368378

Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico

DIRECTOR

Javier Ascanio Villabona

CODIRECTOR

Karen Tatiana Jaimes Quintero

Grupo de investigación en sistemas de energía automatización y control (GISEAC)

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de ciencias naturales e ingenierías
Tecnología en operación y mantenimiento electromecánico
Bucaramanga 09-12-2021

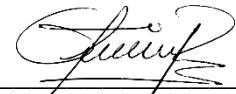
F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Nota de Aceptación

APROBADO _____



Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a Dios por haberme permitido culminar con esta etapa de mi vida. A mis padres por su paciencia y comprensión en todo momento siendo un gran apoyo en el proceso.

Rodolfo

AGRADECIMIENTOS

A las Unidades Tecnológicas de Santander, por su receptividad en el proceso académico, ayudando a mi formación integral.

Al ingeniero Javier Ascanio Villabona quien me orientó en el desarrollo del proyecto con sus mejores aportes académicos, su dedicación y entusiasmo, logrando la culminación de este estudio.

Rodolfo

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2. MARCO REFERENCIAL	17
2.1. EL CONFORT TÉRMICO EN EDIFICIOS.	17
2.1.1. MODELO DE CONFORT DE ESTADO ESTABLE	18
2.1.2. MODELO DE CONFORT ADAPTATIVO	19
2.2. ESTÁNDARES DE CONFORT	20
2.2.1. ISO 7730: 2005.....	20
2.2.2. 2. ESTÁNDAR 55 DE ASHRAE	20
2.3. DEFINICIÓN DE EVENTOS DE SOBRECALENTAMIENTO	22
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS EVENTOS DE SOBRECALENTAMIENTO.....	23
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	25
3.1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA	25
3.2. SELECCIÓN	26
3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	27
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	28
4.1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA	28
4.2. SELECCIÓN	34
4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
5. RESULTADOS	37
5.1. MODELOS DE CONFORT TÉRMICO.....	37

5.2. ÍNDICES Y CRITERIOS DE SOBRECALENTAMIENTO / MALESTARES INTEGRADOS EN EL TIEMPO	40
5.2.1. ESTÁNDARES INTERNACIONALES	40
5.3. LITERATURA CIENTÍFICA	42
5.4. ÍNDICE DE EXPOSICIÓN AL CALOR	43
5.5. DISCUSIÓN	44
<u>6. CONCLUSIONES</u>	<u>47</u>
<u>7. RECOMENDACIONES</u>	<u>49</u>
<u>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>50</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Rango de confort para edificios MV.	21
Figura 2. Estudio del Marco Conceptual (SCF).....	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de selección.	26
Tabla 2. Resumen de los estudios recopilados sobre modelos de confort térmico y métodos de evaluación de sobrecalentamiento.	29
Tabla 3. Los límites de comodidad estática de PMV / PPD en EN, ISO, ASHRAE y CIBSE. Los límites presentados se sugieren para edificios residenciales.	37
Tabla 4. Los límites máximos de temperatura fijos en los estándares EN, ISO, CIBSE y Passive House. Los límites presentados se sugieren para edificios residenciales.	39

RESUMEN EJECUTIVO

La exposición al sobrecalentamiento a lo largo del tiempo puede provocar incomodidad, reducción de la productividad y problemas de salud para los ocupantes de los edificios. Los métodos de evaluación de sobrecalentamiento integrados en el tiempo se introducen para describir, de forma sintética, la extensión del sobrecalentamiento durante un lapso de tiempo y predecir los incómodos fenómenos. Este documento revisa los métodos de evaluación del confort térmico y sobrecalentamiento que son aplicables a los edificios residenciales en climas templados. Se analizan críticamente los métodos que se encuentran en 11 normas internacionales, y estudios en la literatura científica. Para cada método, se presentan los modelos de confort térmico junto con los índices y criterios de sobrecalentamiento integrados en el tiempo. Los métodos se analizan de acuerdo con algunas medidas clave para identificar su alcance, fortaleza y limitaciones. Se descubre que la mayoría de las normas recomiendan los modelos de confort estático para edificios con aire acondicionado y los modelos de confort adaptativo para los que no tienen aire acondicionado. Por último, se proporcionan algunas orientaciones para la práctica y los desarrollos futuros.

PALABRAS CLAVE. Confort térmico, Estándares internacionales, sobrecalentamiento, Edificios residenciales, ola de calor.

INTRODUCCIÓN

El sobrecalentamiento que puede ocurrir en diferentes entornos construidos durante los eventos de calor extremo (EHE), y como ocurre en los diversos climas locales, es una preocupación creciente para la salud humana, particularmente para los ocupantes del edificio vulnerables a la exposición al calor (Hwang & Chen, 2010). El sobrecalentamiento indica las condiciones del ambiente interior que resultan en malestar térmico o efectos en la salud relacionados con el calor de los ocupantes del edificio cuando ocurren EHE (Haskell et al., 1981).

La exposición continua a altas temperaturas durante varios días sobrecarga el sistema fisiológico humano y puede provocar problemas de salud como deshidratación, insolación o incluso la muerte, especialmente para las personas vulnerables al calor, como las personas mayores, los enfermos y los niños (Kenny et al., 2018). Para proteger la salud de los ocupantes de los edificios, es necesario desarrollar métodos de evaluación sólidos para el riesgo de sobrecalentamiento en los edificios. Dichos métodos de evaluación son importantes para establecer los estándares de resiliencia térmica para diseñar, reacondicionar y operar edificios bajo EHE climáticas.

El sobrecalentamiento se puede encontrar en todo tipo de edificios residenciales, comerciales e institucionales, en particular edificios de funcionamiento libre (sin aire acondicionado), edificios con capacidad limitada o con uso intermitente de aire acondicionado y edificios que experimentan períodos prolongados de cortes de energía. o falla de HVAC (Dadoo & Gustavsson, 2016). En esos edificios, las condiciones interiores son una consecuencia directa de las condiciones exteriores en las proximidades del edificio (Loughnan et al., 2018).

Sin embargo, las condiciones interiores a las que los ocupantes están expuestos la mayor parte del tiempo y a las que pueden sufrir estrés por calor, pueden alterarse mediante la elección de la configuración de los elementos del edificio (por ejemplo, aislamiento de la envolvente y nivel de hermeticidad, ventanas, cortinas solares). ganancias de calor (de iluminación y equipos) y operación de sistemas HVAC (es decir, sistemas de aire acondicionado y ventilación) (van Loenhout et al., 2016).

Se introducen varios métodos para evaluar la respuesta térmica humana al entorno circundante en la literatura. [24]. Su objetivo es describir la percepción térmica humana desde un entorno en el que un individuo o un grupo de personas está expuesto. En los últimos veinte años, se propone un nuevo grupo de métodos para evaluar el confort en un lapso de tiempo en edificios, que se denominan métodos de evaluación de la comodidad a largo plazo [25,26], métodos de evaluación de sobrecalentamiento crónico [27], o métodos de evaluación de la comodidad integrados en el tiempo [28]. Su objetivo es evaluar las cualidades de confort de un edificio a lo largo del tiempo y considerar todas las zonas del edificio.[29]. La mayoría de estos métodos se desarrollaron para evaluar la incomodidad por sobrecalentamiento, y algunos de ellos tratan las molestias por sobrecalentamiento y sobreenfriamiento al mismo tiempo, y solo algunos de ellos tratan con la incomodidad por sobreenfriamiento. [29,30]. La mayoría de los métodos de evaluación del confort integrados en el tiempo tienen dos decisiones clave en común, la elección del modelo de confort térmico y la selección del índice de malestar integrado en el tiempo. La investigación previa existe mediante la revisión de los modelos de confort térmico existentes y los índices de malestar integrados en el tiempo

(Quinn et al., 2016). Por lo tanto, el objetivo de este documento es desarrollar un estado del arte sobre los métodos de evaluación del confort térmico y el

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

sobrecalentamiento por medio de la metodología de revisión con enfoque
sistemático

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sobrecalentamiento puede ocurrir en diferentes entornos construidos durante los EHE (extreme heat events, traducido al español eventos de calor extremo), y como ocurre en los diversos climas del país, es una preocupación creciente para la salud humana, particularmente para los ocupantes de edificios vulnerables a la exposición al calor (Hensen, 2017). El sobrecalentamiento indica las condiciones del ambiente interior que resultan un malestar térmico o efectos en la salud relacionados con el calor de los ocupantes del edificio cuando ocurren EHE (M. Eames, 2016).

La exposición continua a altas temperaturas durante varios días sobrecarga el sistema fisiológico humano y puede provocar problemas de salud como deshidratación, insolación o incluso la muerte, especialmente para las personas vulnerables al calor, como las personas mayores, los enfermos y los niños (Kenny et al., 2018). Para proteger la salud de los ocupantes de los edificios, es necesario desarrollar métodos de evaluación sólidos para el riesgo de sobrecalentamiento en los edificios. Dichos métodos de evaluación son importantes para establecer los estándares de resiliencia térmica para diseñar, reacondicionar y operar edificios bajo EHE climáticas (Quinn et al., 2016).

Con relación a lo anterior se plantea la siguiente pregunta: ¿Qué métodos existen actualmente para la evaluación del confort térmico y el sobrecalentamiento para edificios residenciales?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El sobrecalentamiento se puede encontrar en todo tipo de edificios residenciales, comerciales e institucionales, en particular edificios de funcionamiento libre (sin aire acondicionado), edificios con capacidad limitada o con uso intermitente de aire acondicionado y edificios que experimentan períodos prolongados de cortes de energía o falla de HVAC (es decir, sistemas de aire acondicionado y ventilación) (Dodoo & Gustavsson, 2016). En esos edificios, las condiciones interiores son una consecuencia directa de las condiciones exteriores en las proximidades del edificio (van Loenhout et al., 2016). Sin embargo, las condiciones interiores a las que los ocupantes están expuestos la mayor parte del tiempo y a las que pueden sufrir estrés por calor, pueden alterarse mediante la elección de la configuración de los elementos del edificio por ejemplo, aislamiento de la envolvente y nivel de hermeticidad, ventanas, cortinas solares, ganancias de calor (de iluminación y equipos) y operación de sistemas HVAC (Loughnan et al., 2018).

A pesar de los extensos estudios sobre el sobrecalentamiento, las revisiones publicadas han revelado que se necesita más trabajo para unificar la definición de sobrecalentamiento y los métodos para evaluar el confort en edificios residenciales (Guo et al., 2017).

Por lo tanto, analizar los métodos de evaluación del confort térmico y el sobrecalentamiento permitirá una visión general de las temperaturas umbral por encima de las cuales se evalúa el sobrecalentamiento y establecer los límites de superación para permitir declarar un posible sobrecalentamiento mediante la aplicación de diversas metodologías, con el fin de poder discernir claramente si existe la necesidad de mantener el confort térmico (como ocurre en los espacios con aire acondicionado), permitir un cierto nivel de malestar sin producir efectos en la salud o para prevenir resultados sobre la salud relacionados con el calor. Este proyecto será de gran

importancia para la investigación en la comunidad académica debido a que se considera como punto de partida para futuros trabajos del grupo de investigación en sistemas de energía automatización y control - GISEAC

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar los métodos de evaluación del confort térmico y el sobrecalentamiento en edificios por medio de la revisión bibliográfica en bases documentales, disponiendo de un punto de partida para la investigación académica.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las ideas previas de la temática mediante la revisión de la literatura a investigar con el fin de ir obteniendo las preguntas inéditas las cuales serán resueltas en el transcurso del desarrollo del proyecto.
- Recopilar información por medio de gestores bibliográficos como Science direct, Google académico, repositorios institucionales, entre otros. Y así contar con documentación base.
- Seleccionar los estudios relevantes con carácter científico evaluados por medio de criterios de selección con el fin de excluir información con baja calidad científica
- Organizar la información recopilada de manera que se analicen los métodos de evaluación del confort térmico y el sobrecalentamiento en edificios.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. El confort térmico en edificios.

La norma EN ISO 7730 (2005) define el confort térmico como "aquella condición mental que expresa satisfacción con el entorno térmico". Por tanto, se puede decir que el confort térmico resulta de una combinación de factores ambientales y factores personales.

Los factores ambientales son la temperatura del aire (temperatura de bulbo seco (DBT)), la velocidad del aire (m / s), la temperatura radiante del entorno (incluidas las superficies, los equipos generadores de calor, el sol y el cielo, generalmente expresados como radiantes medios). temperatura (MRT)) y la humedad relativa (HR, expresada como porcentaje).

Los factores personales son la ropa y el calor metabólico (el calor producido a través de la actividad física). Las normas y estándares regulan la temperatura de funcionamiento (T_o) que depende de la temperatura del aire interior (T_a) y de la temperatura media radiante (T_{rm}).

La T_{rm} es la temperatura radiante media de la superficie interior de la envolvente que delimita el recinto y "a" es un factor que depende de la velocidad del aire. La temperatura operativa se calcula de la siguiente manera (ANSI / ASHRAE, 2020)

$$T_o = aT_a + (1 - a)T_m$$

Para una velocidad del aire inferior a $0,2 \text{ m / s}$, como recomienda Passivhaus para nZEB, el factor "a" es 0,5. T_{rm} es muy similar a la temperatura del aire interior para nZEB debido a los bajos valores U requeridos para la envolvente.

Aunque la tolerancia humana a las variaciones de humedad es mucho mayor que la tolerancia a las variaciones de temperatura, el control de la humedad también es importante. La alta humedad puede causar problemas de condensación en superficies frías y retarda la pérdida de calor humana por enfriamiento por evaporación, mientras que la baja humedad tiende a provocar sequedad en la garganta y las fosas nasales.

Hoy en día, existen dos enfoques diferentes que definen el confort térmico, el modelo de equilibrio térmico o de estado estable y el modelo de confort térmico adaptativo.

2.1.1. Modelo de confort de estado estable

El modelo de confort de estado estacionario se basa en el trabajo de Fanger, que utilizó datos de cámaras climáticas para construir su teoría (Diego-Mas, 2015).

El modelo utiliza los cuatro factores relacionados con el medio ambiente y los dos factores personales: el índice de voto medio previsto (PMV) y el índice de porcentaje previsto de insatisfechos (PPD). El PMV predice el valor medio de los votos térmicos para un grupo grande de personas en las mismas condiciones ambientales y el PPD define cuántas personas se encontrarán fuera de los límites de comodidad determinando cuántas están térmicamente insatisfechas. Dependiendo de las gamas PPD y PMV, se definen tres tipos de zonas de confort.

Este enfoque empírico se ha ido desarrollando a lo largo de los años. Posteriormente, la ecuación de Fanger se convirtió en la base de las normas ISO 7730-1984 (ISO, 1984) y ASHRAE 55-1992 (ASHRAE, 1992) en las que los rangos de temperatura se basan en estudios de estado estacionario.

2.1.2. Modelo de confort adaptativo

El modelo adaptativo, incorporado en la norma ASHRAE 55 (Jiao et al., 2020), se basa en estudios de campo de personas en su entorno normal y asume que el sentido térmico es un elemento importante de comportamiento termorregulador.

El modelo de confort térmico adaptativo considera que las personas que tienen cierto control sobre su entorno térmico personal son más propensas a ajustar sus expectativas, lo que lleva a un rango de temperatura o nivel de humedad de confort más amplio y mayores condiciones de tolerancia.

Esta tolerancia se extiende a la estación y al clima. Esto conduciría a posibles ahorros de energía. El potencial de ahorro de energía indicado en la bibliografía (Vesely & Zeiler, 2014), varía del 4% al 60% utilizando ventilación personalizada con un punto de ajuste de refrigeración reducido. Además, extender el rango de temperatura a 18-30 C con control personalizado puede ahorrar un 40% del consumo de energía anual. En cuanto al control de la humedad relativa interior, aumentar el punto de ajuste de la humedad relativa en climas húmedos es la estrategia más eficaz y el confort térmico puede ser aceptable hasta 30 C y 80% de HR, sin molestias por la humedad (Zhai et al., 2013).

El modelo de confort térmico adaptativo define el confort térmico interior en función de las condiciones exteriores.

2.2. Estándares de confort

Los requisitos de confort térmico se prescriben en normas que establecen variaciones en los parámetros de confort entre edificios ventilados naturalmente, ventilados mecánicamente y de modo mixto. Las diferencias se encuentran en la respuesta de las personas en edificios sin calefacción ni refrigeración y aquellos con control mecánico.

Un sistema de ventilación mecánica que incluya un ventilador de recuperación de calor (HRV) o un ventilador de recuperación de energía (ERV) es un requisito de la norma Passivhaus para lograr los objetivos de demanda de energía para nZEB (Longo et al., 2019). Las normas internacionales más relevantes que deben tenerse en cuenta para el confort térmico son ISO 7730: 2005, ASHRAE Standard 55: 2013 y EN 15251: 2008.

2.2.1. ISO 7730: 2005

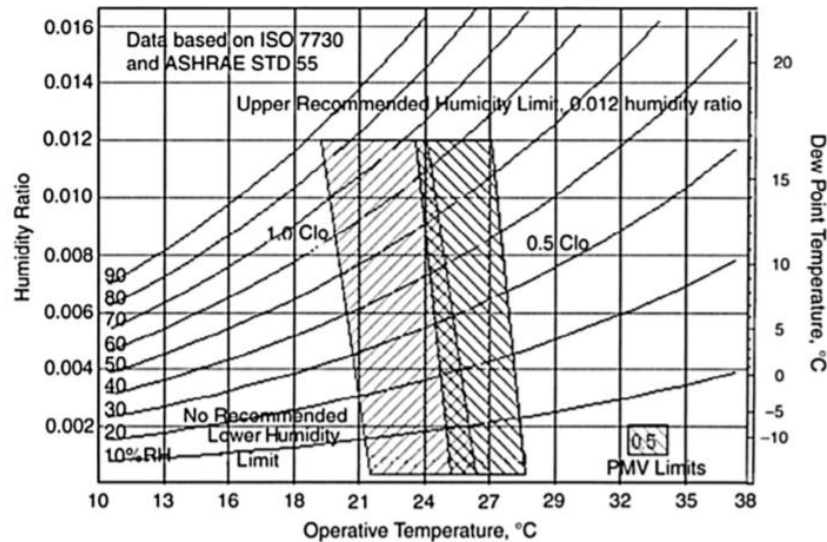
La norma internacional ISO 7730: 2005 proporciona métodos para predecir la sensación térmica y el grado de malestar de las personas mediante el uso de PMV y PPD. Humphreys (1996) concluye que la ISO PMV podría provocar un enfriamiento excesivo en climas más cálidos y un calentamiento innecesario en regiones más frías.

2.2.2. 2. Estándar 55 de ASHRAE

El primer estándar ASHRAE, 55-1992, que no era adaptativa, siguió la ISO 7730 diferenciando dos rangos de temperatura de confort, uno para verano y otro para invierno. El estándar ASHRAE 55-2004 (ASHRAE, 2004) introdujo las diferencias en los rangos de confort para edificios con ventilación natural (NV) y para edificios con aire acondicionado (AC) o edificios con ventilación mecánica (MV)). La norma propuso un método para determinar las condiciones térmicas aceptables para los

espacios NV, los anchos de banda de confort dependen de la temperatura media del aire exterior predominante. La Figura 1 muestra el rango de confort para edificios MV.

Figura 1. Rango de confort para edificios MV.



Fuente: (ASHRAE, 2004)

La relación de humedad máxima aceptada fue de 0.012 kg / kg de aire seco, independientemente de la temperatura y la estación. El estándar ASHRAE 55-2010 (ASHRAE, 2010) especifica la relación entre los parámetros ambientales y los parámetros personales para proporcionar condiciones térmicas aceptables para la mayoría de los ocupantes del edificio.

El estándar EN 15251 (European committee for Standardization, 2008) fue diseñado para establecer límites para las condiciones interiores para garantizar que la EPBD (European Parliament and of the Council, 2012) no comprometió la comodidad de los ocupantes en la búsqueda de la reducción de energía.

Los parámetros interiores para dimensionar los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación de los edificios europeos se definen en la norma para el cálculo de diseño y rendimiento energético. Esos valores son diferentes si el edificio es NV o AC. La norma proporciona una ecuación para calcular la temperatura de confort para edificios con ventilación natural en función de la media de la temperatura exterior diaria

2.3. Definición de eventos de sobrecalentamiento

Un evento de sobrecalentamiento se define como eventos de calor interior sucesivos y continuos que ocurren diariamente durante al menos un número prescrito de horas durante el día y desencadenan respuestas fisiológicas de sujetos humanos (en el contexto actual, ocupantes del edificio) bajo estas condiciones de exposición y acciones de sujetos para restaurar comodidad térmica. Se activa una respuesta fisiológica cuando las condiciones interiores están por encima de las condiciones neutrales y es posible restaurar el confort térmico cuando las condiciones interiores alcanzan algunos valores umbral en el rango de incomodidad (Dodoo & Gustavsson, 2016).

En este sentido, los eventos de sobrecalentamiento se definen como se relacionan con los ocupantes del edificio bajo su exposición directa, pero no con los dominios del espacio fijo del edificio que pueden estar desocupados durante ciertos períodos de tiempo (por ejemplo, los dormitorios están ocupados durante la noche frente a las salas de estar ocupadas durante el día; los espacios de oficina o escuela están ocupados solo durante el horario laboral; las habitaciones de los pacientes están ocupadas las 24 h). En otras palabras, los ocupantes pueden moverse de un espacio a otro espacio diferente en un edificio para adaptarse al calor durante el día (Dodoo & Gustavsson, 2016).

Por ejemplo, los planes de respuesta al calor en algunas jurisdicciones recomiendan que los ocupantes vivan durante algunas horas en salas de enfriamiento dedicadas en edificios residenciales de unidades múltiples durante las olas de calor del verano para aliviar el riesgo para la salud (Beizaee et al., 2013). En un año cálido o caluroso típico, puede haber más de un tipo de evento de ola de calor en el período de verano y, como resultado, pueden ocurrir más eventos de sobrecalentamiento con diferentes intensidades y duraciones en el interior.

Los espacios de construcción ocupados durante el día o la noche varían según el tipo de edificio. Para edificios residenciales, como viviendas y suites en edificios residenciales de unidades múltiples, se asume que los ocupantes habitan en las salas de estar (y salas de enfriamiento dedicadas si las hay) durante el día o en los dormitorios durante la noche. Esos espacios (salas de estar, salas de enfriamiento dedicadas, dormitorios) deben indicarse como zonas térmicas separadas en cualquier estudio de campo o simulación para aplicar ecuaciones (M. E. Eames, 2016).

Las condiciones interiores de los espacios de la sala de estar (o refrigeración dedicada) se asignan a la exposición diurna, y las de los dormitorios se asignan a la exposición nocturna para calcular los valores horarios de t-SET. (M. E. Eames, 2016).

2.4. Características de los eventos de sobrecalentamiento

Los eventos de sobrecalentamiento en interiores se caracterizan por tres características o atributos: duración (en días), intensidad (C) y severidad (C h). La duración se mide en términos del número de días de eventos de calefacción interior diarios sostenidos. La severidad (C h) es la magnitud del evento de

sobrecalentamiento. Finalmente, la intensidad (C) se calcula como la relación entre la gravedad y la duración (expresada en horas) (Parsons, 2007).

La intensidad indica la desviación promedio de t-SET de los valores de umbral durante toda la duración de un evento de sobrecalentamiento. Según esta definición, pueden ocurrir muchos tipos de eventos de sobrecalentamiento durante el verano. Se pueden distinguir tres tipos principales, a saber: largo, intenso y severo. Los eventos de sobrecalentamiento prolongados suelen ser leves, mientras que los eventos de sobrecalentamiento intensos suelen ocurrir en períodos cortos de tiempo. Los eventos de sobrecalentamiento severo oscilan entre eventos de sobrecalentamiento largos e intensos (Meinke et al., 2016).

También pueden ocurrir otros tipos de eventos de sobrecalentamiento, como largos e intensos, largos y severos, o intensos y severos. Estos tipos de eventos de sobrecalentamiento pueden tener diferentes efectos sobre la salud de los ocupantes del edificio. Por ejemplo, Los eventos de sobrecalentamiento prolongados o severos pueden resultar en la deshidratación del cuerpo (pérdida de agua corporal por sudoración), mientras que los eventos de sobrecalentamiento intenso pueden resultar en hipertermia (aumento rápido de la temperatura central del cuerpo por encima de 38 C) que puede conducir a problemas de salud graves como golpe de calor o incluso la muerte. Por lo tanto, es muy importante distinguir esos tipos de eventos de sobrecalentamiento en el verano cuando se realiza un análisis de riesgo de sobrecalentamiento (Meinke et al., 2016).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El sobrecalentamiento en entornos construidos durante los eventos climáticos de calor extremo es una preocupación importante para la salud humana, en particular para las personas vulnerables a la exposición prolongada al calor y la humedad. En este sentido, el desarrollo de esta investigación es descriptiva (García & Castro, 2017), debido que tiene como objetivo identificar y describir los modelos de confort térmico sugeridos para los edificios con y sin aire acondicionado; explorar los índices y criterios de sobrecalentamiento

Este estado del arte se caracteriza como cualitativo, ya que la investigación cualitativa consiste en una metodología de recopilación y evaluación de documentos no estandarizados o numéricos (Qualtrics., 2017). Por lo que se propone tres etapas:

3.1. Búsqueda bibliográfica

Para comenzar con el desarrollo de la investigación se realiza una búsqueda bibliográfica por medio de recursos de información a utilizar. En el caso puntual, estos son; bases de datos como Science, Dialnet, Redalyc, ScienceDirect, Mendeley y Scielo; Motores de búsqueda, como Google Académico. Los cuales permiten el acceso a estudios publicados por lo que se filtraran diversos tipos de literatura, como, artículos de revistas académicas, tesis, informes, conferencias, ponencias, artículos científicos de revistas, tesis de grado, libros, congresos, relacionados con el confort térmico en edificios y el sobrecalentamiento.

3.2. SELECCIÓN

La selección de los estudios para la investigación consiste en elaborar una lista de criterios de inclusión y exclusión que serán aplicados para evaluar cada documento recopilado y así contar con el desarrollo de una investigación asertiva y con información relevante y sobre todo con alta calidad científica. Adicionalmente, en la Tabla 1 se presentan criterios que se deben tener en cuenta para mantener la investigación con alta calidad científica, cabe mencionar que estos criterios están basados en la metodología usada por investigadores en la Universidad de Alicante (2019).

Tabla 1. Criterios de selección.

CRITERIOS	¿QUÉ ASPECTOS CONSIDERAMOS?
Actualización	La fecha de publicación del documento es de interés ya que representará principalmente si el contenido está puesto al día, por lo tanto, debe ser máximo 7 años menos que el año actual
Audiencia	Se refiere al público al cual va dirigido el documento ya que todos los documentos no tienen el mismo destinatario lo que ayuda a definir la severidad con la que el autor lo ha elaborado
Autoridad	la autoridad hace referencia al autor que ha escrito el documento por lo tanto es necesario saber quién es el autor, y revisar qué más ha escrito, si lo citan en otros documentos
Citas	es de carácter relevante conocer si el documento ha sido citado por otros autores, mínimo debe contar con 5 citas
Contenido	Evaluar el contenido del documento se considera una de las tareas más importantes ya que se debe conocer el cómo lo han escrito y qué han escrito y así entender si el documento es válido para la investigación.
Editor	el editor es otra fuente de fiabilidad ya que se revisa quién publica el documento y qué control de calidad hace cuando publica, es decir, si los documentos son revisados antes de ser publicados
Tipo de documento	este criterio hace referencia al tipo de artículo, es decir, si es de investigación, revisión, científico y en qué tipo de revista ha sido publicado. Los artículos de revisión o monografías no son documentos considerados al momento de seleccionar la información

Fuente: (Universidad de Alicante, 2019)

Una vez establecidos los criterios con los cuales se evaluarán la información recopilada se realiza una revisión exhaustiva de los resúmenes de cada estudio, con el fin de saber si el contenido corresponde y está relacionado con el tema de investigación para finalmente obtener el total de los documentos que serán tomados para la investigación.

3.3. Análisis de resultados

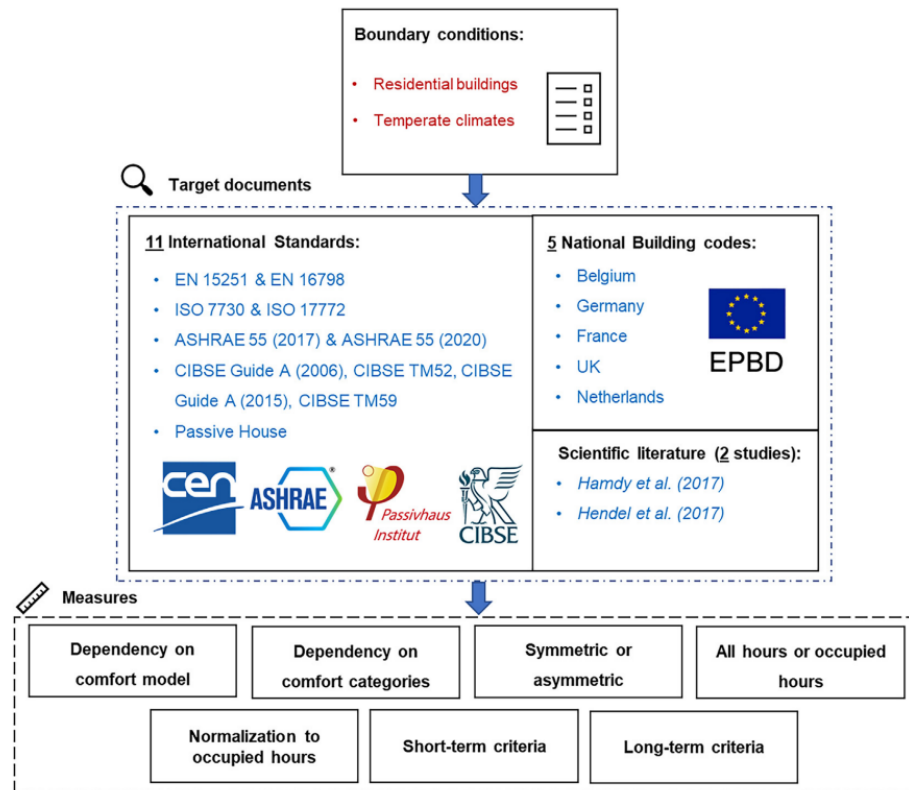
Por último, se organizan los estudios de manera que se pueda estructurar un texto descriptivo con los métodos de evaluación del confort térmico y el sobrecalentamiento obteniendo una visión general de la temática.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. Búsqueda bibliográfica

Este documento realiza una revisión de los métodos de evaluación de sobrecalentamiento integrados en el tiempo. Como se muestra en la Figura 2, para proporcionar una revisión completa y en profundidad, se reduce el alcance estableciendo condiciones límite en el tipo de edificio y el clima. En función de las condiciones de contorno, seleccionando los documentos de destino para ser revisado. Finalmente, la revisión se lleva a cabo aplicando algunas medidas de evaluación existentes y recientemente definidas.

Figura 2. Estudio del Marco Conceptual (SCF).



Fuente: (Hughes & Natarajan, 2019a)

Como primera condición de contorno, se restringe el enfoque en los métodos que se especifican para edificios residenciales. Es debido a que, (i) la mayor parte del parque de edificios heterogéneos está compuesto por edificios residenciales; (ii) las personas pasan la mayor parte del tiempo en sus hogares, en particular las personas mayores que son más vulnerables a exposición al sobrecalentamiento [42], y (iii) el sobrecalentamiento durante el tiempo de sueño en las casas fue reportado como un riesgo importante para la salud pública.

La Tabla 2 proporciona una lista de documentos (publicados después del 2016) sobre modelos de confort térmico y métodos de evaluación de sobrecalentamiento. En general, se recopilaron 35 documentos recientes, incluidas normas internacionales como; EN 15251, EN 16798, ISO 7730, ISO 17772, ASHRAE 55 (2017), ASHRAE 55 (2020), CIBSE Guide A (2006), CIBSE TM52, CIBSE Guide A (2015), CIBSE TM59, and Passive House

Tabla 2. Resumen de los estudios recopilados sobre modelos de confort térmico y métodos de evaluación de sobrecalentamiento.

	Autor	Año	Revista	Modelos de Confort térmico	Métodos de evaluación de sobrecalentamiento
1	Roaf, Sue Nicol, Fergus Humphreys, Michael Tuohy, Paul Boerstra, Atze	2017	Revisión de Ciencias arquitectónicas	✓	

	Autor	Año	Revista	Modelos de Confort térmico	Métodos de evaluación de sobrecalentamiento
2	Van Hoof, Joost Mazej, Mitja Hensen, Jan L.M.	2017	Frontiers in Bioscience	✓	
3	Carlucci, Salvatore Pagliano, Lorenzo	2018	Energy and Buildings	✓	✓
4	NHBC	2018	National House Building Council	✓	✓
5	Cheng, Yuanda Niu, Jianlei Gao, Naiping	2018	Building and Environment	✓	
6	Halawa, E. Van Hoof, J.	2018	Energy and Buildings	✓	
7	Taleghani, Mohammad Tenpierik, Martin Kurvers, Stanley Van Den Dobbelsteen, Andy	2018	Renewable and Sustainable Energy Reviews	✓	
8	Yang, Liu Yan, Haiyan Lam, Joseph C.	2019	Applied Energy	✓	
9	Zero Carbon Hub	2019	Zero Carbon Hub	✓	✓
10	Enescu, Diana	2017	Renewable and Sustainable Energy Reviews	✓	
11	Carlucci, S. Bai, L. de Dear, R. Yang, L.	2018	Building and Environment	✓	

	Autor	Año	Revista	Modelos de Confort térmico	Métodos de evaluación de sobrecalentamiento
12	Khovalyg, Dolaana Kazanci, Ogun B. Halvorsen, Hanne Gundlach, Ida Bahnfleth, William P. Toftum, Jørn Olesen, Bjarne W.	2020	Energy and Buildings	✓	
13	Zhao, Qiantao Lian, Zhiwei Lai, Dayi	2021	Energy and Built Environment	✓	
14	Rahif, R. Hamdy, M. Homaei, S. Zhang, C. Holzer, P. Attia, S.	2021	Building and Environment	✓	
15	Van Der Linden, A. C. Boerstra, A. C. Raue, A. K. Kurvers, S. R. De Dear, R. J.	2017	Energy and Buildings	✓	✓
16	Hendel, Martin Azos-Diaz, Karina Tremeac, Brice Rodríguez Algeciras, José Abel	2017	Energy and Buildings	✓	
17	Coch, Helena De la Paz Pérez, Guillermo Chaos Yeras, Mabel Matzarakis, Andreas	2019	International Journal of Biometeorology	✓	

	Autor	Año	Revista	Modelos de Confort térmico	Métodos de evaluación de sobrecalentamiento
18	Ole Fanger, P. Toftum, Jørn Andreasi, Wagner Augusto	2020	Energy and Buildings		
19	Lamberts, Roberto Cândido, Christhina	2020	Building and Environment	✓	
20	Humphreys, Michael A. Fergus Nicol, J.	2018	Energy and Buildings	✓	✓
21	Parkinson, Thomas de Dear, Richard Brager, Gail	2020	Energy and Buildings	✓	
22	Basu, Rupa Samet, Jonathan M.	2020	Epidemiologic Reviews	✓	
23	Hughes, Caroline Natarajan, Sukumar Krone, Uta	2019	Investigación y Tecnología en Ingeniería de Servicios de Construcción	✓	
24	Ascione, Fabrizio Bianco, Nicola Tschirner, Thomas Böttcher, Olaf De Vecchi, Renata	2017	Energy Procedia	✓	
25	Sorgato, Márcio José Pacheco, Miguel Cândido, Christhina Lamberts, Roberto	2017	Revisión de Ciencias arquitectónicas	✓	

	Autor	Año	Revista	Modelos de Confort térmico	Métodos de evaluación de sobrecalentamiento
26	Mulville, Mark Stravoravdis, Spyridon	2016	Investigación e información sobre edificios	✓	✓
27	Pathan, A. Mavrogianni, A. Summerfield, A. Oreszczyn, T. Davies, M.	2017	Energy and Buildings	✓	
28	Fletcher, M. J. Johnston, D. K. Glew, D. W. Parker, J. M.	2017	Building and Environment	✓	✓
29	Yannas, Simos Rodríguez-Álvarez, Jorge	2020	Sustainable Cities and Society	✓	
30	Elsharkawy, Heba Zahiri, Sahar Mavrogianni, Anna	2020	Building and Environment	✓	✓
31	Pathan, Ayub Oikonomou, Eleni Biddulph, Phill Symonds, Phil Davies, Mike Santamouris, Mat Haddad, Shamila Fiorito,	2016	Investigación e información sobre edificios	✓	✓
32	Francesco Osmond, Paul Ding, Lan Prasad, Deo Zhai, Xiaoqiang Wang, Ruzhu	2017	Sustainability	✓	

	Autor	Año	Revista	Modelos de Confort térmico	Métodos de evaluación de sobrecalentamiento
33	Rahif, R. Hamdy, M. Homaei, S. Zhang, C. Holzer, P. Attia, S. Baba, Fuad Mutasim Ge, Hua	2021	Building and Environment	✓	
34	Zmeureanu, Radu Wang, Liangzhu (Leon) Ji, Lili Laouadi, Abdelaziz Shu, Chang	2021	Building and Environment	✓	
35	Gaur, Abhishek Lacasse, Michael Wang, Liangzhu (Leon)	2021	Energy and Buildings	✓	✓

4.2. Selección

La revisión se lleva a cabo describiendo los modelos de confort térmico para edificios con y sin aire acondicionado junto con un análisis crítico de los índices y criterios de sobrecalentamiento integrados en el tiempo (es decir, valores de umbral). Un estudio previo de Carlucci & Pagliano (2012) definió algunas medidas como dependencia de un modelo de confort, dependencia de categorías de confort, simétrico / asimétrico e inclusión / exclusión de umbrales de confort.

Desarrollamos más esos términos y agregamos algunas medidas nuevas que incluyen todas las horas u horas ocupadas en un intervalo de tiempo, normalización a horas ocupadas, criterios a corto plazo y criterios a largo plazo. Por lo tanto, este

estudio analiza los métodos de evaluación de sobrecalentamiento integrados en el tiempo basados en las siguientes medidas,

- Dependencia del modelo de confort: esta medida muestra que si el método depende de un modelo de confort. En caso afirmativo, ¿cuáles de los modelos de confort estático y adaptativo se implementan?
- Dependencia de las categorías de comodidad: esta medida muestra si el modelo de confort térmico subyacente de un método se basa en categorías de confort. La dependencia de las categorías de confort genera discontinuidad en los límites de las categorías y da como resultado diferentes valores de sobrecalentamiento si la categoría cambia.
- Simétrico o asimétrico: los métodos simétricos combinan la incomodidad por sobrecalentamiento y sobreenfriamiento en un solo valor, mientras que los métodos asimétricos solo consideran la incomodidad por sobrecalentamiento. Los métodos simétricos no implican si el edificio es incapaz de suprimir las molestias por sobrecalentamiento o sobreenfriamiento.
- Todas las horas u horas ocupadas en un intervalo de tiempo: esta medida muestra si el método considera todas las horas o solo las horas ocupadas durante un período de tiempo específico. La inclusión de Las horas desocupadas en los cálculos aumenta la incertidumbre al incluir el efecto innecesario de las condiciones de confort cuando no hay nadie en el edificio.
- Normalización a horas ocupadas: evaluamos si el índice de un método se normaliza a las horas ocupadas. Los índices normalizados permiten comparar los edificios con diferentes perfiles de ocupación. - Criterios a corto plazo: Los criterios a corto plazo son valores de umbral por hora, por día o por semana para limitar el sobrecalentamiento durante las olas de calor.

- **Criterios a largo plazo:** Los criterios a largo plazo son valores de umbral para limitar el sobrecalentamiento extenso durante períodos mensuales, estacionales o anuales.

Una vez definidos dichos criterios de exclusión y teniendo en cuenta los criterios de selección mencionados en la Tabla 1, se selecciona un total de 30 estudios

4.3. Análisis de resultados

Dentro de la información recopilada se encontraron 35 documentos en referencia con los métodos de evaluación del confort térmico y el sobrecalentamiento los cuales se tabularon en la Tabla 1, donde se evaluaron tanto con los criterios de selección como con los criterios de inclusión y exclusión. Por lo tanto, en el análisis de resultados se presenta un texto en general descriptivo de los estudios de manera organizada.

5. RESULTADOS

5.1. Modelos de confort térmico

La evaluación de los riesgos de sobrecalentamiento en los edificios requiere la determinación de un modelo de confort térmico adecuado. El confort térmico en los edificios se puede dividir en dos modelos principales: (a) estático y (b) adaptativo (Roaf et al., 2017).

Los modelos de confort estático en los estándares de confort se basan principalmente en los ampliamente aceptados de Fanger. PMV / PPD modelo PMV = Voto medio previsto y PPD = Porcentaje pronosticado insatisfecho) desarrollado en la década de 1970 donde intervienen seis parámetros principales (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad relativa, tasa metabólica, velocidad del aire y factor de vestimenta). Estos parámetros se estimaron o midieron para evaluar la sensación térmica del cuerpo humano en un entorno térmicamente simétrico mientras se calculaba el índice de PMV (Van Hoof et al., 2017).

Los modelos de confort estático sugeridos en el PMV / PPD Los rangos de las normas EN, ISO, ASHRAE y CIBSE se enumeran en Tabla 3. Las normas EN e ISO proporcionan la PMV / PPD rangos en diferentes categorías que reflejan el nivel de expectativa de los ocupantes y la calidad ambiental interior (consulte el Apéndice B), mientras que las normas ASHRAE (para el modelo estático) y CIBSE no clasifican los entornos térmicos o como CIBSE TM52 se refieren a una sola categoría.

Tabla 3. Los límites de comodidad estática de PMV / PPD en EN, ISO, ASHRAE y CIBSE. Los límites presentados se sugieren para edificios residenciales.

Estándar	Tipo de operación*	Categoría	PPD [%] y PMV [-]
EN 15,251 (2007)	Calentado y enfriado mecánicamente	I	PPD% < 6; 0: 2 < PMV < β 0: 2
		II	PPD% < 10; 0: 5 < PMV < β 0: 5 0:
		III	PPD% < 15; 7 < PMV < β 0: 7
		IV	PPD% > 15; PMV 0: 7 or PMV > β 0: 7
EN 16798 (2019) e ISO 17772 (2017)	Calentado y enfriado mecánicamente	I	<PPD% < 6; 0: 2 < PMV < β 0: 2
		II	PPD% < 10; 0: 5 < PMV < β 0: 5 0:
		III	PPD% < 15; 7 < PMV < β 0: 7 1: 0
		IV	PPD% < 25; < PMV < β 1: 0 0: 2 <
ISO 7730 (2005)	todas	I	PPD% < 6; PMV < β 0: 2
		II	PPD% < 10; 0: 5 < PMV < β 0: 5 0: 7 < PMV
		III	PPD% < 15; < β 0: 7 0: 5 < PMV < β 0: 5
ASHRAE 55 (2017) y ASHRAE 55 (2020) Guía CIBSE A (2006)	todas Con aire acondicionado	-	PPD% < 10; 0:25 < PMV < β 0:25 PPD%
		-	PPD% < 10;
CIBSE TM52	Acondicionado mecánicamente y acondicionado naturalmente	II (EN 15251)	< 10; 0: 5 < PMV < β 0: 5 (si es aceptable) PPD% < 10; 0: 5 < PMV < β 0: 5
Guía CIBSE A (2015)	Con aire acondicionado	-	PPD% < 10; 0: 5 < PMV < β 0: 5

Nota: La terminología de cada estándar se utiliza para nombrar el tipo de operación.

Fuente: (Salvatore Carlucci & Pagliano, 2018)

Dado que es difícil medir la PMV Precisamente debido a la alta incertidumbre en la medición y predicción de todos los parámetros de comodidad, en particular el factor de vestimenta y la tasa metabólica, algunos estándares traducen el PMV / PPD rangos en las escalas de temperatura operativa con algunas suposiciones.

Como se indica en la Tabla 4, EN 15251, EN 16798, ISO 17772 y CIBSE TM52 (siguiendo EN 15251) traducen el PMV / PPD rangos en las escalas de temperatura operativa con supuestos de humedad relativa (= 50% para EN 15251, = 40% y = 60% para temporadas de calefacción y refrigeración en EN 16.798 e ISO 17772, respectivamente), velocidad del aire (< 0; 25) considerando el factor de vestimenta entre 0.25 y 1.2 clo, tasa metabólica entre 0.9 y 1.8 met, humedad relativa (= 50%) y velocidad del aire (< 0; 5 en las escalas de temperatura operativa por supuestos de factor de ropa entre 0,5 y 1,2 clo, tasa metabólica entre 0,9 y 1,5 met, humedad relativa (= 50%) y velocidad del aire (<0.15m/s) en diferentes zonas (NHBC, 2018).

También permite fluctuaciones de hasta 1 °C en los límites. Los umbrales de temperatura operativa traducidos están asociados con condiciones de contorno, por

lo tanto, no son aplicables a los espacios donde: (i) el umbral de velocidad del aire es violado por el funcionamiento del ventilador de techo, etc., (ii) la humedad relativa excede el valor umbral al humidificar actividades como cocinar en la cocina o secar la ropa en el interior, y (iii) los ocupantes tienen actividades o ropa que están fuera de rango considerando los supuestos sobre la tasa metabólica y el factor de vestimenta

Tabla 4. Los límites máximos de temperatura fijos en los estándares EN, ISO, CIBSE y Passive House. Los límites presentados se sugieren para edificios residenciales.

Estándar	Tipo de operación*	Zona / categoría	Máximo operativo temperatura [-C]
EN 15251 (2007)	Calentado y enfriado mecánicamente	Espacios habitables (dormitorios, salones, cocinas, etc.) / I	25,5
		Espacios habitables (dormitorios, salones, cocinas, etc.) / II	26
		Espacios habitables (dormitorios, salones, cocinas, etc.) / III	27
EN 16798 (2019) y ISO 17772 (2017)	Calentado y enfriado mecánicamente	Espacios habitables (dormitorios, salones, cocinas, etc.) / I	25,5
		Espacios habitables (dormitorios, salones, cocinas, etc.) / II	26
		Espacios habitables (dormitorios, salones, cocinas, etc.) / III	27
		Espacios habitables (dormitorios, salones, cocinas, etc.) / IV Salas de estar, dormitorios, pasillos, escaleras, descansillos	28
Guía CIBSE A (2006)	Con aire acondicionado	Cocina, baños	25 (+ 1-C si PMV = 0.5 es aceptable) 23 (+ 1-C si PMV = 0.5 es aceptable)
	De funcionamiento libre	Sala de estar	28
CIBSE TM52	Acondicionado mecánicamente y acondicionado naturalmente	Dormitorios	26
Guía CIBSE A (2015)	Con aire acondicionado	Todos / II (EN 15251)	26
	De funcionamiento libre	Baños, dormitorios, pasillos, escaleras, descansillos, cocina, aseo / II (EN 15251)	26 (+ 1-C)
CIBSE TM59	Ventilado mecánicamente	Dormitorios	26
	Ventilado naturalmente	Todos	26
Casa pasiva	Sin enfriamiento activo o con enfriamiento pasivo	Dormitorios	26
		Todas las zonas	25

Nota: la terminología de cada estándar se utiliza para nombrar el tipo de operación.

Fuente: (NHBC, 2018)

El modelo de confort adaptativo se ha desarrollado durante los últimos veinte años basándose en un grupo de estudios de campo realizados en edificios reales para representar las condiciones reales. La teoría del confort adaptativo acepta que los ocupantes pueden adaptarse al entorno térmico circundante debido a las acciones conductuales, fisiológicas y psicológicas. Por lo tanto, sugiere alcanzar una temperatura que se correlacione positivamente con una temperatura del aire exterior de referencia. Y ya no, una temperatura única e ideal. Para obtener la

temperatura del aire exterior de referencia, las normas EN e ISO recomiendan la "temperatura exterior media ponderada exponencialmente "(Trmo) (Cheng et al., 2018).

5.2. Índices y criterios de sobrecalentamiento / malestares integrados en el tiempo

5.2.1. Estándares internacionales

EN 15251 y EN 16798. Los índices de incomodidad integrados en el tiempo idénticos se establecen en EN 15251 (anexo F) y EN 16798. (Anexo D de la Parte 2). Se definen tres índices, a saber, porcentaje de horas ocupadas fuera del rango ($\%POhOR_{EN}$), grados horas ($\%DH_{EN}$) y PPD ponderado (PPDw) (Halawa & Van Hoof, 2018)

El índice $\%POhOR_{EN}$ muestra el porcentaje de horas ocupadas cuando la PMV o la temperatura operativa interior está fuera de los rangos de confort relacionados con la categoría de confort seleccionada. Por lo tanto, es aplicable a modelos de confort tanto estáticos como adaptativos.

El $\%POhOR_{EN}$ se puede calcular usando un factor de ponderación binario (wfi) que es cero durante el tiempo dentro de los rangos de comodidad y es uno durante las condiciones fuera de rango (Khovalyg et al., 2020). Es un índice sencillo que muestra la frecuencia del malestar, sin embargo, (i) no cuantifica la intensidad del malestar, (ii) se basa en categorías, introduce discontinuidades en los límites de las categorías que no se correlacionan con la física y fisiología, y (iii) es simétrico sin diferenciar (Halawa & Van Hoof, 2018)

Se toman disposiciones para restringir el sobrecalentamiento a corto y largo plazo mediante la definición de umbrales de desviación aceptables para el $\%POhOR_{EN}$

durante períodos semanales, mensuales y anuales. EN 15251 recomienda la desviación aceptable del 3% (5%) basada en horas de trabajo (horas totales) durante períodos diarios, semanales, mensuales y anuales (S. Carlucci et al., 2018). Mientras que EN 16798-2 sugiere 20% (50% como criterio estricto) semanalmente, 12% (25% como criterio estricto) mensual y 3% (6% como criterio estricto) anual de desviaciones aceptables durante las horas ocupadas. Este último establece criterios sobre cómo se pueden aceptar períodos consecutivos a corto y largo plazo de temperaturas fuera de rango (Taleghani et al., 2018).

El índice que debe calcularse para el período de sobrecalentamiento y el período de sobreenfriamiento debe ser por separado (Enescu, 2017). El límite de este índice es que, (i) está basado en categorías, (ii) carece de la normalización al número de horas ocupadas, esto dificulta la comparación de edificios con diferentes perfiles de ocupación, (iii) solo se basa en sobre la temperatura operativa y descuida los efectos de factores personales (tasa metabólica y factor de vestimenta) y parámetros ambientales (humedad relativa y velocidad del aire) en la determinación del confort térmico, y (iv) no se prescriben umbrales máximos para limitar el corto plazo y sobrecalentamiento a largo plazo (Taleghani et al., 2018).

El índice PPD se propone solo para el PMV / PPD modelo. Asume el tiempo (horas ocupadas) en el que el PMV excede los límites de comodidad se pondera con un factor de ponderación (wfi). El wfi es un módulo que cuantifica lo medido o simulado PPD sobre el correspondiente PPD límite (Zero Carbon Hub, 2019). Similar al índice, la valoración del malestar por sobrecalentamiento y sobreenfriamiento se separa, haciéndolo asimétrico. Los PPDw permite considerar el porcentaje horario de acumulación de insatisfacción a lo largo del tiempo. Sin embargo, la limitación de este índice es que (i) solo se basa en PMV / PPD modelo, (ii) no está normalizado al número de horas ocupadas, (iii) no se prescriben umbrales máximos, y (iv) se basa en categorías (Yang et al., 2019).

5.3. Literatura científica

Grado de sobrecalentamiento interior (IOD), grado de calor ambiental (AWD) y factor de aumento de sobrecalentamiento (IOD = AWD). Hamdy y col. [14] propuso un método de evaluación de sobrecalentamiento sensible al cambio climático basado en tres índices llamados Grado de sobrecalentamiento interior (IOD), Grado de calidez ambiental (AWD), y factor de aumento de sobrecalentamiento (Rahif et al., 2021). El grado de sobrecalentamiento interior (IOD) El índice es la suma de la diferencia de temperatura entre la temperatura operativa interior y una temperatura de confort preferida promediada sobre el número total de horas zonales ocupadas. Es decir, incorpora la frecuencia integrando la intensidad sobre las horas ocupadas en diferentes zonas de edificación. Los IOD [°C] se puede calcular mediante la siguiente ecuación (Van Der Linden et al., 2017).

$$IOD = \frac{\sum_{z=1}^Z \sum_{i=1}^{N_{occ}(z)} \left[(T_{op,i,z} - T_{op,i,z,upper})^+ \times h_{i,z} \right]}{\sum_{z=1}^Z \sum_{i=1}^{N_{occ}(z)} h_{i,z}}$$

Donde z es el contador de zona, i es el contador de horas ocupadas, Z es el total de zonas de construcción, $N_{occ}(z)$ es el número total de horas ocupadas zonales, $T_{op,i,z}$ es la temperatura operativa interior en la zona z en el paso de tiempo i [°C], $T_{op,i,z,upper}$ superior es el umbral de confort máximo en la zona z en el intervalo de tiempo i [°C], y h es el intervalo de tiempo [1 h]. Solo valores positivos de la diferencia Superior; $T_{op,i,z} - T_{op,i,z,upper}$ se consideran (Van Der Linden et al., 2017). Los límites de temperatura tanto estáticos como adaptativos se pueden utilizar como umbrales de confort. Los autores recomendaron dos tipos de modelos de confort, (i) el modelo de confort estático de CIBSE Guide A, y (ii) los modelos de confort adaptativo por (Van Der Linden et al., 2017)

Los IOD es un índice asimétrico y multi zona que permite considerar los perfiles de ocupación de cada zona por separado. Este enfoque facilita el uso de modelos de confort específicos de la zona para reflejar el comportamiento de los ocupantes y las oportunidades de adaptación dentro de una zona (Hendel et al., 2017). Sin embargo, solo se basa en la temperatura operativa y, por lo tanto, ignora los factores personales influyentes (es decir, el factor de vestimenta y la tasa metabólica) y los parámetros ambientales (es decir, la humedad relativa y la velocidad del aire) en la determinación del confort térmico. Otro inconveniente es que no hay valores de umbral recomendados para limitar el sobrecalentamiento a corto y largo plazo (Rodríguez Algeciras et al., 2019).

El segundo índice es el grado de calidez ambiental (AWD_B) que muestra la gravedad de las condiciones térmicas exteriores. Los AWD_B [°C] consiste en promediar los grados horas de enfriamiento sobre el número total de horas ocupadas por el edificio (Ole Fanger & Toftum, 2020).

5.4. Índice de exposición al calor

Hendel et al. (2017) sugirió el índice de exposición al calor (HEI), que es un índice acumulativo que se centra en la incomodidad por sobrecalentamiento durante la hora de dormir (Andreasi et al., 2020). El índice HEI se obtiene al integrar la diferencia entre la temperatura del aire interior $T_{a,i}$ [°C] y un punto de ajuste de temperatura $T_{set-point}$ [°C] durante el tiempo de sueño (11 pm-7 am). Solo se consideran los valores positivos de la diferencia entre ($T_{a,i} - T_{set-point}$). El HEI se calcula por

$$HEI = \int_{11pm}^{7am} (T_{a,i} - T_{set-point})^+_{T_{a,i} \geq T_{set-point}} dt$$

Los autores sugieren una temperatura de referencia de 26 °C basándose en el trabajo de Andreasi et al. (2020). Los HEI es un índice asimétrico que se centra en el sobrecalentamiento durante la hora de dormir. Incorpora la intensidad y el período de tiempo en el que la temperatura del aire interior excede la temperatura del punto de ajuste. El método de cálculo no es un índice específico, y otros índices como el Índice Universal de Clima Térmico (UTCI) se puede utilizar en lugar de la temperatura del aire (Michael A. Humphreys & Fergus Nicol, 2018).

El índice HEI tiene algunas limitaciones tales como: (i) hace una estimación aproximada con respecto al tiempo de sueño y la duración, (ii) la selección del umbral es controvertida considerando el umbral de 24 -C sugerido por la OMS para los dormitorios, (iii) descuida el día -períodos de sobrecalentamiento de tiempo (iv) no considera otros parámetros ambientales influyentes (es decir, temperatura radiante, humedad relativa, velocidad del aire) y factores personales (es decir, tasa metabólica y factor de vestimenta) en la determinación del confort térmico, (v) no está normalizado a las horas ocupadas y (vi) es específico para la evaluación de sobrecalentamiento a corto plazo y no se prescribe ningún valor umbral (Parkinson et al., 2020).

5.5. Discusión

Este artículo revisa inicialmente los modelos de confort estático y adaptativo sugeridos por diferentes estándares para derivar los valores de umbral en PMV/PPD o escalas de temperatura operativa a implementar en los cálculos de sobrecalentamiento / malestar (Basu & Samet, 2020; Hughes & Natarajan, 2019b). Numerosos estudios discutieron la aplicabilidad de los modelos de confort estático y adaptativo en edificios con diferentes modos de enfriamiento (aire acondicionado, sin aire acondicionado y modo mixto) (Krone et al., 2017; Vecchi et al., 2019). Fue reportado en que los modelos de confort estático funcionan bien en espacios con aire acondicionado (Mulville & Stravoravdis, 2016; Pathan et al., 2017). Sin

embargo, estos modelos sobrestiman la incomodidad y técnicamente predicen más cargas de calefacción o refrigeración para proporcionar un ambiente térmicamente confortable (Fletcher et al., 2017).

Por otro lado, los modelos de confort adaptativo son sugerido para aquellos con ventilación natural donde los ocupantes tienen más conexión con el ambiente exterior (Yannas & Rodríguez-Álvarez, 2020). Aunque todavía no hay consenso sobre la elección del modelo de confort en edificios de modo mixto, Parkinson et al. (2020) que estos edificios están más estrechamente alineados con los edificios con ventilación natural para determinar las temperaturas neutras y, por lo tanto, es preferible el modelo de confort adaptativo.

Cabe mencionar que el concepto de adaptación del ocupante está más elaborado en ambientes térmicamente asimétricos a través de los modelos termorreguladores del cuerpo humano. Cheng et al. (2020) revisó dichos modelos y los agrupó en modelos fisiológicos y psicológicos. Los modelos termorreguladores se ocupan de la interacción total o segmentada del cuerpo humano con la parte adyacente del entorno térmico. Por lo tanto, requieren un modelado detallado (a través de métodos numéricos como la dinámica de fluidos computacional) o mediciones extensas de un punto en el espacio para revelar con precisión la distribución de los parámetros ambientales (por ejemplo, humedad relativa, temperatura, etc.) a través del espacio (Elsharkawy & Zahiri, 2020).

Dos factores principales están impidiendo su generalización, (i) existe una complejidad asociada con el análisis detallado del ambiente térmico y la segmentación del cuerpo humano, y (ii) son específicos del ambiente (es decir, sensibles a ambientes fríos o calientes) y por lo tanto no es lo suficientemente completo (Ji et al., 2022).

A pesar de toda la investigación sobre el confort térmico, todavía existen dudas sobre la conveniencia de utilizarlo como marco para evaluar cuestiones como la morbilidad y la mortalidad (Ji et al., 2022). Los hallazgos de Mavrogianni et al. (2016) resumen la falta de evidencia epidemiológica directa y suficiente sobre los efectos adversos para la salud debido a la exposición a altas temperaturas. Mientras que la tasa de mortalidad aumenta durante los eventos extremos (por ejemplo, olas de calor), se asocian positivamente con la mortalidad.

Además, existe una falta de comprensión real de los modelos de confort térmico existentes cuando se trata de la población más vulnerable como las personas mayores (Ji et al., 2022; Rodríguez Algeciras et al., 2019). Como resultado, se requiere más investigación sobre el confort térmico y su efecto en la tasa de morbilidad y mortalidad para solidificar nuestra comprensión e instigar los cambios de política.

6. CONCLUSIONES

En este proyecto, se ha revisado exhaustivamente los métodos de evaluación de confort térmico/ sobrecalentamiento integrados en el tiempo propuestos para edificios residenciales en climas templados en términos de modelos, índices y criterios de confort térmico. Se exploraron las normas EN 15251, EN 16798, ISO 7730, ISO 17772, ASHRAE 55 (2017), ASHRAE 55 (2020), CIBSE Guide A (2006), CIBSE TM52, CIBSE Guide A (2015), CIBSE TM59 y Passive House. Así como estudios encontrados en la literatura científica.

De acuerdo con la mayoría de los estándares, sugerimos los modelos de confort estático para edificios con aire acondicionado (Tabla 3, Tabla 4) y los modelos de confort adaptativo para edificios sin aire acondicionado tanto en zonas de estar. Se requiere que las disposiciones en los dormitorios no excedan el umbral máximo de 24 -C sugerido por la OMS.

Se encontró que algunos índices como el porcentaje de horas ocupadas fuera del rango, PPD Tiempo extraordinario (PPDOT), Horas de excedencia (EH), y horas de excedencia ponderada (WEH) son simétricos. Significa que sintetizan tanto la incomodidad por sobrecalentamiento como la incomodidad por sobreenfriamiento en un solo valor. Aunque estos índices proporcionan información útil sobre las condiciones generales de confort en los edificios, combinan dos aspectos muy diferentes del confort térmico. Por tanto, el uso exclusivo de estos índices no implica si el edificio puede superar el malestar por sobrecalentamiento o el malestar por sobreenfriamiento.

A través de esta revisión, se intenta distinguir entre los criterios prescritos para limitar el sobrecalentamiento o el malestar a corto plazo (por hora, diario y semanal)

y a largo plazo (mensual, estacional y anual). Para garantizar un entorno térmico aceptable durante todo el año, es necesario considerar criterios de sobrecalentamiento tanto a corto como a largo plazo en el diseño de edificios y las estrategias de modernización.

Un edificio que solo cumpla con los criterios de sobrecalentamiento a corto plazo podrá suprimir los eventos de ola de calor a corto plazo, pero es posible que no pueda mantener un ambiente térmico aceptable a largo plazo (es decir, diseño para la ola de calor). De manera diferente, un edificio que cumpla solo con los criterios de sobrecalentamiento a largo plazo podrá mantener un ambiente térmico aceptable a largo plazo, pero es posible que no pueda resistir eventos de ola de calor a corto plazo (es decir, Sorprendentemente, ninguno de los estudios anteriores, así como las normas ASHRAE 55 e ISO 7730, prescribieron valores de umbral. Las normas EN 15251 y Passive House proporcionan un valor único para limitar solo la incomodidad y el sobrecalentamiento anuales a largo plazo, respectivamente.

Mientras que las normas más recientes, como EN 16798 e ISO 17772, prescriben valores para limitar las molestias a corto plazo (solo semanalmente) y a largo plazo (mensual y anual) en los edificios. El CIBSE TM52 proporciona criterios para limitar el sobrecalentamiento estacional, así como el sobrecalentamiento diario e instantáneo en edificios con ventilación natural.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar los índices asimétricos para detectar las deficiencias del diseño térmico del edificio en materia de sobrecalentamiento y malestar por sobreenfriamiento, de forma individual.

Así mismo se debe considerar todos los criterios de sobrecalentamiento (es decir, a corto y largo plazo) en los diseños de edificios. Esto evita el sobrecalentamiento no solo durante un período específico (por ejemplo, eventos de olas de calor), sino también una cálida incomodidad durante todo el año.

Finalmente se recomienda seguir explorando y validando el método sensible al cambio climático basado en tres índices IOD, AWD, y $aIOD = AWD$ aplicándolos en edificios multizona reales. La investigación futura también puede ir en la dirección de desarrollar métodos de evaluación de sobrecalentamiento sensibles al cambio climático.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreasi, W. A., Lamberts, R., & Cândido, C. (2020). Thermal acceptability assessment in buildings located in hot and humid regions in Brazil. *Building and Environment*, 45(5), 1225–1232. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2009.11.005>
- ANSI / ASHRAE. (2020). *STANDARD 55 – THERMAL ENVIRONMENTAL CONDITIONS FOR HUMAN OCCUPANCY*. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>
- ASHRAE. (2021). *Estándar ASHRAE 55*.
- Basu, R., & Samet, J. M. (2020). Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence. *Epidemiologic Reviews*, 24(2), 190–202. <https://doi.org/10.1093/EPIREV/MXF007>
- Beizaee, A., Lomas, K. J., & Firth, S. K. (2013). National survey of summertime temperatures and overheating risk in English homes. *Building and Environment*, 65, 1–17. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2013.03.011>
- Carlucci, S., Bai, L., de Dear, R., & Yang, L. (2018). Review of adaptive thermal comfort models in built environmental regulatory documents. *Building and Environment*, 137, 73–89. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2018.03.053>
- Carlucci, Salvatore, & Pagliano, L. (2018). A review of indices for the long-term evaluation of the general thermal comfort conditions in buildings. *Energy and Buildings*, 53, 194–205. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2012.06.015>
- Cheng, Y., Niu, J., & Gao, N. (2018). Thermal comfort models: A review and numerical investigation. *Building and Environment*, 47(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2011.05.011>
- Chengqin, R., Nianping, L., & Guangfa, T. (2020). Principles of exergy analysis in

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

HVAC and evaluation of evaporative cooling schemes. *Building and Environment*, 37(11), 1045–1055. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(01\)00104-4](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(01)00104-4)

Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación Del Confort Térmico Con El Método De Fanger*. Universidad Politécnica de Valencia.

Dodoo, A., & Gustavsson, L. (2016). Energy use and overheating risk of Swedish multi-storey residential buildings under different climate scenarios. *Energy*, 97, 534–548. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2015.12.086>

Eames, M. (2016). An update of the UK's design summer years: Probabilistic design summer years for enhanced overheating risk analysis in building design: *Building Services Engineering Research and Technology*, 37(5), 503–522. <https://doi.org/10.1177/0143624416631131>

Eames, M. E. (2016). An update of the UK's design summer years: Probabilistic design summer years for enhanced overheating risk analysis in building design: <Http://Dx.Doi.Org/10.1177/0143624416631131>, 37(5), 503–522. <https://doi.org/10.1177/0143624416631131>

Elsharkawy, H., & Zahiri, S. (2020). The significance of occupancy profiles in determining post retrofit indoor thermal comfort, overheating risk and building energy performance. *Building and Environment*, 172, 106676. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2020.106676>

Enescu, D. (2017). A review of thermal comfort models and indicators for indoor environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1353–1379. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.05.175>

European committee for Standardization. (2008). *Indoor Environmental Input Parameters For Design And Assessment Of Energy Performance Of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting And Acoustics*. <https://webstore.ansi.org/Standards/DS/DSEN152512007>

European Parliament and of the Council. (2012). European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings (EPBD).

Off. J. Eur. Union. L 1/46.

Fletcher, M. J., Johnston, D. K., Glew, D. W., & Parker, J. M. (2017). An empirical evaluation of temporal overheating in an assisted living Passivhaus dwelling in the UK. *Building and Environment*, 121, 106–118. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2017.05.024>

García, M., & Castro, A. (2017). La investigación en educación. *MORORÓ, L. P., COUTO, M. E. S., and ASSIS, R. A. M., Orgs*, 13–40. <https://doi.org/10.7476/9788574554938.001>

Guo, Y., Gasparini, A., Armstrong, B. G., Tawatsupa, B., Tobias, A., Lavigne, E., De Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Pan, X., Kim, H., Hashizume, M., Honda, Y., Leon Guo, Y. L., Wu, C. F., Zanobetti, A., Schwartz, J. D., Bell, M. L., Scortichini, M., Michelozzi, P., Punnasiri, K., ... Tong, S. (2017). Heat wave and mortality: A multicountry, multicomunity study. *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 27. <https://doi.org/10.1289/EHP1026>

Halawa, E., & Van Hoof, J. (2018). The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. *Energy and Buildings*, 51, 101–110. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2012.04.011>

Haskell, E. H., Palca, J. W., Walker, J. M., Berger, R. J., & Heller, H. C. (1981). The effects of high and low ambient temperatures on human sleep stages. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 51(5), 494–501. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(81\)90226-1](https://doi.org/10.1016/0013-4694(81)90226-1)

Hendel, M., Azos-Diaz, K., & Tremeac, B. (2017). Behavioral adaptation to heat-related health risks in cities. *Energy and Buildings*, 152, 823–829. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2016.11.063>

Hensen, M. L. M. (2017). Ranking of dwelling types in terms of overheating risk and sensitivity to climate change. *Building Simulation*, 1–8. www.tue.nl/taverne

Hughes, C., & Natarajan, S. (2019a). Summer thermal comfort and overheating in the elderly: <https://doi.org/10.1177/0143624419844518>, 40(4), 426–445. <https://doi.org/10.1177/0143624419844518>

- Hughes, C., & Natarajan, S. (2019b). Summer thermal comfort and overheating in the elderly: *Investigación y Tecnología En Ingeniería de Servicios de Construcción*, 40(4), 426–445. <https://doi.org/10.1177/0143624419844518>
- Humphreys, M. A. (1996). Thermal comfort temperatures world-wide - the current position. *Renewable Energy*, 8(1–4), 139–144. [https://doi.org/10.1016/0960-1481\(96\)88833-1](https://doi.org/10.1016/0960-1481(96)88833-1)
- Humphreys, Michael A., & Fergus Nicol, J. (2018). The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. *Energy and Buildings*, 34(6), 667–684. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00018-X](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00018-X)
- Hwang, R. L., & Chen, C. P. (2010). Field study on behaviors and adaptation of elderly people and their thermal comfort requirements in residential environments. *Indoor Air*, 20(3), 235–245. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0668.2010.00649.X>
- ISO. (2005). - *ISO 7730:2005 - Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. <https://www.iso.org/standard/39155.html>
- Ji, L., Laouadi, A., Shu, C., Gaur, A., Lacasse, M., & Wang, L. (Leon). (2022). Evaluating approaches of selecting extreme hot years for assessing building overheating conditions during heatwaves. *Energy and Buildings*, 254, 111610. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2021.111610>
- Jiao, Y., Yu, H., Yu, Y., Wang, Z., & Wei, Q. (2020). Adaptive thermal comfort models for homes for older people in Shanghai, China. *Energy and Buildings*, 215, 109918. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109918>
- Kenny, G. P., Flouris, A. D., Yagouti, A., & Notley, S. R. (2018). Towards establishing evidence-based guidelines on maximum indoor temperatures during hot weather in temperate continental climates. *https://doi.org/10.1080/23328940.2018.1456257*, 6(1), 11–36. <https://doi.org/10.1080/23328940.2018.1456257>

- Khovalyg, D., Kazanci, O. B., Halvorsen, H., Gundlach, I., Bahnfleth, W. P., Toftum, J., & Olesen, B. W. (2020). Critical review of standards for indoor thermal environment and air quality. *Energy and Buildings*, 213, 109819. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2020.109819>
- Krone, U., Ascione, F., Bianco, N., Tschirner, T., & Böttcher, O. (2017). Prescriptive- and Performance-based Approaches of the Present and Previous German DIN 4108-2. Hourly Energy Simulation for Comparing the Effectiveness of the Methods. *Energy Procedia*, 75, 1315–1324. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2015.07.197>
- Longo, S., Montana, F., & Riva Sanseverino, E. (2019). A review on optimization and cost-optimal methodologies in low-energy buildings design and environmental considerations. *Sustainable Cities and Society*, 45, 87–104. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.11.027>
- Loughnan, M., Carroll, M., & Tapper, N. J. (2018). The relationship between housing and heat wave resilience in older people. *International Journal of Biometeorology* 2014 59:9, 59(9), 1291–1298. <https://doi.org/10.1007/S00484-014-0939-9>
- Mavrogianni, A., Pathan, A., Oikonomou, E., Biddulph, P., Symonds, P., & Davies, M. (2016). Inhabitant actions and summer overheating risk in London dwellings. *Investigación e Información Sobre Edificios*, 45(1–2), 119–142. <https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1208431>
- Meinke, A., Hawighorst, M., Wagner, A., Trojan, J., & Schweiker, M. (2016). Comfort-related feedforward information: occupants' choice of cooling strategy and perceived comfort. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1233774>, 45(1–2), 222–238. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1233774>
- Mulville, M., & Stravoravdis, S. (2016). The impact of regulations on overheating risk in dwellings. *Investigación e Información Sobre Edificios*, 44(5–6), 520–534. <https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1153355>

NHBC. (2018). Sobrecalentamiento en casas nuevas: una revisión de la evidencia -

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

- NHBC Foundation. *National House_Building Council*.
<https://www.nhbcfoundation.org/publication/overheating-in-new-homes/>
- Ole Fanger, P., & Toftum, J. (2020). Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. *Energy and Buildings*, 34(6), 533–536.
[https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00003-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00003-8)
- Parkinson, T., de Dear, R., & Brager, G. (2020). Nudging the adaptive thermal comfort model. *Energy and Buildings*, 206, 109559.
<https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2019.109559>
- Parsons, K. (2007). Human Thermal Environments : The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort and Performance, Second Edition. *Human Thermal Environments*.
<https://doi.org/10.1201/9781420025248>
- Pathan, A., Mavrogianni, A., Summerfield, A., Oreszczyn, T., & Davies, M. (2017). Monitoring summer indoor overheating in the London housing stock. *Energy and Buildings*, 141, 361–378. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2017.02.049>
- Qualtrics. (2017). *Investigación cualitativa: definición y procedimiento* | Qualtrics.
<https://www.qualtrics.com/es/gestion-de-la-experiencia/investigacion/investigacion-cualitativa/>
- Quinn, A., Tamerius, J. D., Perzanowski, M., Jacobson, J. S., Goldstein, I., Acosta, L., & Shaman, J. (2016). Predicting indoor heat exposure risk during extreme heat events. *Science of The Total Environment*, 490, 686–693.
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2014.05.039>
- Rahif, R., Hamdy, M., Homaei, S., Zhang, C., Holzer, P., & Attia, S. (2021). Simulation-based framework to evaluate resistivity of cooling strategies in buildings against overheating impact of climate change. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2021.108599>
- Roaf, S., Nicol, F., Humphreys, M., Tuohy, P., & Boerstra, A. (2017). Twentieth century standards for thermal comfort: promoting high energy buildings. *Revisión de Ciencias Arquitectónicas*, 53(1), 65–77.

<https://doi.org/10.3763/ASRE.2009.0111>

- Rodríguez Algeciras, J. A., Coch, H., De la Paz Pérez, G., Chaos Yeras, M., & Matzarakis, A. (2019). Human thermal comfort conditions and urban planning in hot-humid climates—The case of Cuba. *International Journal of Biometeorology*, *60*(8), 1151–1164. <https://doi.org/10.1007/S00484-015-1109-4>
- Taleghani, M., Tenpierik, M., Kurvers, S., & Van Den Dobbelen, A. (2018). A review into thermal comfort in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *26*, 201–215. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2013.05.050>
- Universidad de Alicante. (2019). *Cómo evaluar la información encontrada*. 0–21.
- Van Der Linden, A. C., Boerstra, A. C., Raue, A. K., Kurvers, S. R., & De Dear, R. J. (2017). Adaptive temperature limits: A new guideline in The Netherlands: A new approach for the assessment of building performance with respect to thermal indoor climate☆. *Energía y Edificios*, *38*(1), 8–17. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2005.02.008>
- Van Hoof, J., Mazej, M., & Hensen, J. L. M. (2017). Thermal comfort: Research and practice. *Frontiers in Bioscience*, *15*(2), 765–788. <https://doi.org/10.2741/3645>
- van Loenhout, J. A. F., le Grand, A., Duijm, F., Greven, F., Vink, N. M., Hoek, G., & Zuurbier, M. (2016). The effect of high indoor temperatures on self-perceived health of elderly persons. *Environmental Research*, *146*, 27–34. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2015.12.012>
- Vecchi, R. De, Sorgato, M. J., Pacheco, M., Cândido, C., & Lamberts, R. (2019). ASHRAE 55 adaptive model application in hot and humid climates: the Brazilian case. <Http://Dx.Doi.Org/10.1080/00038628.2014.981145>, *58*(1), 93–101. <https://doi.org/10.1080/00038628.2014.981145>
- Vesely, M., & Zeiler, W. (2014). Personalized conditioning and its impact on thermal comfort and energy performance – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *34*, 401–408. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.03.024>

- Yang, L., Yan, H., & Lam, J. C. (2019). Thermal comfort and building energy consumption implications – A review. *Applied Energy*, 115, 164–173. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2013.10.062>
- Yannas, S., & Rodríguez-Álvarez, J. (2020). Domestic overheating in a temperate climate: Feedback from London Residential Schemes. *Sustainable Cities and Society*, 59, 102189. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2020.102189>
- Zero Carbon Hub. (2019). Impacts of Overheating: Evidence Review. *Zero Carbon Hub*. www.zerocarbonhub.org
- Zhai, Y., Zhang, H., Zhang, Y., Pasut, W., Arens, E., & Meng, Q. (2013). Comfort under personally controlled air movement in warm and humid environments. *Building and Environment*, 65, 109–117. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2013.03.022>