

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF OCCUPANT THERMAL ENVIRONMENT SURVEYS IN DIFFERENT BUILDINGS WITH DIFFERENT USES

Martínez Molina, Antonio; Tort Ausina, Isabel; Vivancos Bono, José Luis
Universitat Politècnica de València

Thermal comfort is an important aspect of residential buildings other than the usual safety and security aspects. However, because of the recent rise of occupant's expectation for thermal comfort level, the operation cost due to energy consumption in the buildings has increased considerably. Typically more than 80% of total energy consumption occurs during the operation of the buildings and around 20% during construction of the buildings. The standards such as ISO 7730 and ASHRAE 55-2013, which primarily define human thermal comfort conditions, turn out to be a very important factor in deciding the building sustainability. According to ASHRAE 55-2013, thermal comfort is a subjective response and is defined as the 'state of mind that expresses satisfaction with existing environment'. This definition itself states that a specific value cannot be assigned to thermal comfort. So, the same thermal environment may be perceived differently by different occupants or different occupants may perceive the same thermal comfort level at different thermal environments. In this work, the application of the standards in several buildings with different uses has been analysed.

Keywords: Thermal comfort; sustainability; buildings

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LAS ENCUESTAS DE CONFORT TÉRMICO DE LOS OCUPANTES EN DISTINTOS EDIFICIOS CON DISTINTOS USOS

El confort térmico es un aspecto importante en los edificios residenciales distintos de los aspectos habituales de seguridad y protección. Sin embargo, debido al reciente aumento de la expectativa por parte de los ocupantes del nivel de confort térmico, el costo de operación debido al consumo de energía en los edificios ha aumentado considerablemente. Normalmente más del 80% del consumo total de energía se produce durante la operación y alrededor de 20% durante la construcción de los edificios. Las normas como la ISO 7730 y ASHRAE 55-2013, que principalmente definen las condiciones de confort térmico humanos, resultan ser un factor muy importante para decidir la sostenibilidad del edificio. De acuerdo con la ASHRAE 55-2013, el confort térmico es una respuesta subjetiva y se define como el "estado mental que expresa satisfacción con el ambiente existente". Esta definición por sí misma establece que un valor específico no se puede asignar al confort térmico. Por lo que, el mismo ambiente térmico puede ser percibido de manera diferente por diferentes ocupantes o diferentes ocupantes puedan percibir el mismo nivel de confort térmico en diferentes ambientes térmicos. En este trabajo, se analizan la aplicación de las normas en distintos edificios con distintos usos.

Palabras clave: confort térmico; sostenibilidad; edificación

1. Introducción

Es importante no olvidar que los edificios están diseñados para las personas, y estas personas tienen que sentirse confortables dentro de los mismos. El confort térmico está ligado al clima al cual el edificio está sometido. Estas condiciones meteorológicas afectan en gran medida al confort térmico de sus ocupantes. Resulta de una importancia máxima entender bajo qué condiciones los usuarios alcanzan altos niveles de confort térmico, esto ayudará a averiguar que estrategias de diseño serán las más eficaces para mantener y mejorar dicho confort (Li et al. 2012).

Los edificios energéticamente eficientes solamente son eficaces cuando los ocupantes de dichos edificios experimentan condiciones ambientales adecuadas. Si los usuarios no se encuentran confortables, entonces van a necesitar medios alternativos como calefactores o unidades de aire acondicionado portátiles que resultan ser sustancialmente menos eficientes que los sistemas centralizados de climatización. El confort térmico es difícil de medir, ya que es altamente subjetivo (Iso, 2006). Depende de la temperatura del aire, humedad, temperatura radiante, velocidad del aire, la actividad metabólica y los niveles de vestimenta, además, cada individuo experimenta estas sensaciones de manera distinta según su fisiología y estado. Según la norma la norma ASHRAE 55-2013 de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE, 2013), el confort térmico se define como "aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico y es evaluada subjetivamente". También conocido como el confort humano, el confort térmico es la satisfacción de los ocupantes con las condiciones térmicas de su alrededor y es esencial tenerlo en cuenta en el diseño o rehabilitación de un edificio (Kamaruzzaman et al., 2001).

Además, la temperatura de la piel no es uniforme en todas las áreas del cuerpo. Hay variaciones en diferentes partes del mismo que reflejan las variaciones en el flujo sanguíneo y la grasa subcutánea. La capacidad aislante de la ropa también tiene un importante efecto sobre el nivel y la distribución de temperatura de la piel. Por lo tanto, la sensación térmica en cualquier área de la piel dependerá de la hora, la ubicación y la vestimenta, así como la temperatura del entorno (Cao et al., 2014).

Los seis factores a tener en cuenta en el confort térmico a la hora de diseñar son los siguientes:

- La tasa metabólica (Met): Energía generada por el cuerpo humano.
- Aislamiento de la vestimenta (Clo): La cantidad de aislamiento térmico que la persona está llevando mediante su vestimenta.
- Temperatura del aire: Temperatura del aire que rodea al ocupante.
- Temperatura radiante: El promedio de todas las temperaturas de las superficies que rodean un ocupante.
- Velocidad del aire: Rango de movimiento de aire en función del tiempo.
- Humedad relativa: Porcentaje de vapor de agua en el aire.

Los factores ambientales incluyen la temperatura, la temperatura radiante, humedad relativa y velocidad del aire. Los factores personales son el nivel de actividad (tasa metabólica) y la vestimenta. El confort térmico se calcula como un balance de energía de transferencia de calor. La transferencia de calor por radiación, convección y conducción se equilibra con la tasa metabólica del ocupante. La transferencia de calor se produce entre el medio ambiente y el cuerpo humano (Deb & Ramachandraiah, 2010). Si el calor que pierde un individuo es

mayor que el calor que recibe, la percepción térmica es "frío". Si el calor que recibe el individuo es mayor que el calor que pierde, la percepción térmica es "calor".

Un método para describir el confort térmico fue desarrollado por Ole Fanger (1970), este método se conoce como opinión media pronosticada o Predicted Mean Vote (PMV) y el porcentaje estimado de disconformidad o Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD).

La opinión media pronosticada (PMV) se refiere a una escala térmica que va desde "mucho frío" (-3) a "mucho calor" (3), desarrollado originalmente por Fanger (1970) y posteriormente adoptado en el estándar ISO 7730 (Iso, 2006). Los datos originales se recogieron sometiendo un gran número de personas (varios miles de soldados israelíes) a diferentes condiciones ambientales dentro de una cámara climática y haciéndoles seleccionar una opción en la escala anteriormente citada para describir su sensación de confort. De esta manera, a partir de los resultados se desarrolló un modelo matemático de la relación entre todos los factores ambientales y fisiológicos considerados. En el resultado se muestra el tamaño de cada uno de los factores de confort térmico a través de los principios del balance térmico, y esto genera la escala de valores mostrada en la tabla 1.

El rango recomendable de la PMV para el confort térmico según la ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) está entre -0,5 y 0,5 para un espacio interior.

Por otro lado, el porcentaje estimado de disconformidad (PPD) predice el porcentaje de ocupantes que sufrirán disconfort bajo las condiciones térmicas correspondientes. El PPD está en función de la PMV, dado que a medida que la PMV se aleja del valor 0 o neutral, aumenta el PPD. El porcentaje máximo de personas insatisfechas con sus condiciones de confort es del 100% y, como nunca se puede contentar a todos los usuarios en todo momento, el rango del PPD aceptable para el confort térmico según la ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) es inferior al 10% de personas insatisfechas para un espacio interior.

La PMV es sin duda el índice de confort térmico más utilizado hoy en día. La norma ISO 7730 "Ambientes térmicos moderados - Determinación de la PMV y PPD Índices y Especificación de las Condiciones de confort térmico" (Iso, 2006), utiliza los límites de la PMV como definición explícita de la zona de confort.

La ecuación de la PMV sólo se aplica a los seres humanos expuestos, durante un largo periodo de tiempo, a condiciones ambientales constantes y con una tasa metabólica también constante.

Tabla 1. Escala de valores de la opinión de la sensación media prevista

Valor	Sensación
-3	Mucho frío
-2	Frío
-1	Fresco
0	Neutral
1	Templado
2	Calor
3	Mucho Calor

El modelo de confort térmico de Fanger utiliza para calcular la PMV la siguiente ecuación (Fanger, 1970):

$$PMV = [0,303e^{-0,036M} + 0,028] \{ (M-W) - 3,96E^{-8} f_{cl} [(t_{cl}+273)^4 - (t_r+273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) - 3,05 [5,73 - 0,007(M-W) - p_a] - 0,42 [(M-W) - 58,15] - 0,0173M(5,87 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) \} \quad (1)$$

Con

$$f_{cl} = \frac{1 + 0,2I_{cl}}{1,05 + 0,1I_{cl}} \quad (2)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,0275(M-W) - R_{cl} \{ (M-W) - 3,05 [5,73 - 0,007(M-W) - p_a] - 0,42 [(M-W) - 58,15] - 0,0173M(5,87 - p_a) - 0,0014M(34 - t_a) \} \quad (3)$$

$$R_{cl} = 0,155I_{cl} \quad (4)$$

$$h_c = 12,1(V)^{1/2} \quad (5)$$

Donde:

- e Número de Euler (2,718)
- fcl Factor de ropa
- hc Coeficiente de transferencia de calor por convección
- Icl Aislamiento de ropa [clo]
- M Rango metabólico [W/m²] 115 en cualquier caso
- pa Presión del vapor de aire [kPa]
- Rcl Aislamiento térmico de la ropa
- ta Temperatura del aire [°C]
- tcl Temperatura de superficie de la ropa [°C]
- tr Temperatura media radiante [°C]
- V Velocidad del aire [m/s]
- W Trabajo externo (asumido como =0)

Los modelos de confort adaptable añaden un componente más humano a la ecuación (Singh, Mahapatra & Atreya, 2011). Estos asumen que, si se producen cambios en el ambiente térmico que producen incomodidad, los individuos cambiarían su comportamiento de manera que consigan volver a los anteriores niveles de comodidad. Tales acciones podrían incluir aligerar la vestimenta, la reducción de los niveles de actividad o incluso abrir una ventana o puerta. El principal efecto de este tipo de modelos adaptables es aumentar el rango de las condiciones que los diseñadores pueden considerar como aceptables, especialmente en edificios con ventilación natural, donde los ocupantes tienen un mayor grado de control sobre su ambiente térmico.

Con el fin de tener en cuenta el confort adaptable, el espacio debe tener ventanas que se abran, no disponer de ningún sistema de refrigeración, y los ocupantes deben tener una actividad metabólica baja, entre 1,0 y 1,3 Met. Además, los ocupantes tienen la opción de añadir o quitarse ropa para adaptarse a las condiciones térmicas (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de los comportamientos adaptables en temperaturas de confort térmico óptimo (ASHRAE, 2013).

Comportamiento	Efecto
Ponerse o quitarse suéter o chaqueta	Cambios Clo $\pm 0,35$
Ropa ajustada/Ropa no ajustada	Cambios Clo $\pm 0,26$
Ponerse o quitarse collar o corbata	Cambios Clo $\pm 0,13$
Tipo de silla de oficina	Cambios Clo $\pm 0,05$
Sentado o caminando	Varía Met en $\pm 0,4$
Nivel de estrés	Varía Met en $\pm 0,3$
Intensidad de actividad	Varía Met en $\pm 0,1$
Diferentes posturas	Varía Met en $\pm 0,10\%$
Beber/comer alimento frío	Varía Met en $-0,12$
Beber/comer alimento caliente	Varía Met en $+0,12$
Ventilador de pie	Varía Vel en $+2,0\text{m/s}$
Ventilador de techo	Varía Vel en $+1,0\text{m/s}$
Ventana abierta	Varía Vel en $+0,5\text{m/s}$

Se ha realizado un estudio estadístico del grado de satisfacción del confort térmico en dos edificios con distintos usos uno un museo y el otro un centro escolar de primaria. En la creación de los tres cuestionarios preparados se ha tenido en cuenta tanto la norma ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013) como el método Fanger asumido por la norma ISO 7730 (Iso, 2006). Estas encuestas se han confeccionado para que la maqueta final ocupe una página y que sean lo más simple posible con el fin de garantizar el mayor número de respuestas y un elevado grado de certeza.

2. Estudio del Confort Térmico del Museo de Historia de Valencia

Se ha preparado un estudio estadístico de satisfacción subjetiva sobre el confort térmico a los visitantes del Museo de Historia de Valencia (MHV) mediante cuestionarios diseñados siguiendo las directrices de la norma ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013) para encuestas en adultos, traducida en 4 idiomas (Castellano, Valenciano, Inglés e Italiano). El cuestionario, como se observa en la figura 1, se compone de trece cuestiones que el visitante debe responder.

Figura 1. Cuestionario sobre el confort térmico interior en el MHV (Versión en Castellano)
(Fuente: Elaboración propia).

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

ESTUDIO DEL CONFORT TÉRMICO

Fecha ____ / ____ / ____
Hora: ____ : ____

¿Cómo has venido hasta el museo?

¿Dónde vives?

¿Eres...?

☐

☐

¿Qué edad tienes?

18

30

☐

31

40

☐

41

50

☐

51

60

☐

61

...

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

Valencia

☐

Otra ciudad: _____

¿Cómo vas vestido durante la visita?

Parte de arriba ☐ jersey fino
☐ jersey grueso
☐ americana

Ropa interior ☐ medias
☐ caniseta interior

Canisetas y blusas ☐ caniseta sin mangas
☐ vestidos y canisetas de manga corta
☐ vestidos y canisetas de manga larga
☐ sudadera

Calzado ☐ zapatos o zapatillas
☐ botas

Pantalones ☐ pantalones cortos
☐ pantalones largos
☐ faldas

1 ¿Qué sensación térmica has tenido hoy en el exterior?

mucho frío frío fresco neutral

☐☐☐☐

templado calor mucho calor

☐☐☐

2 ¿Tienes calefacción y/o Aire acondicionado en casa?

En caso afirmativo, ¿la has usado estos últimos días?

☐ NO ☒ SÍ

3 ¿Qué sensación térmica has tenido en el interior del museo?

mucho frío frío fresco neutral

☐☐☐☐

templado calor mucho calor

☐☐☐

4 ¿Qué esperabas de las condiciones térmicas del museo?

más frío

lo esperaba tal cual

más calor

☐☐☐

5 ¿Estás satisfecho con la calidad del aire en el museo?

☐☐☐☐☐

6 ¿Cómo te ha parecido el ambiente en el interior del museo?

muy seco seco normal húmedo muy húmedo

☐☐☐☐☐

¿Destacarías algún aspecto térmico en el museo? Si es así, indica cuál y dónde.

Las dos primeras preguntas son simplemente acerca de la fecha y la hora de la visita. Las siguientes cuestiones intentan colocar al individuo en un rango de edad, que junto al género, componen unos datos imprescindibles para conocer el metabolismo de los encuestados. Siguiendo con los valores metabólicos y siguiendo las directrices del estándar ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013), se ha considerado que la tasa metabólica de los visitantes durante la visita al museo coincide con el nivel más lento de la actividad “caminando” (velocidad de 0,9 m/s, 3,2 Km/h, 2,0 mph) por lo que da lugar a una escala de unidades metabólicas de 2.0 Met, 115 W/m² y 37 Btu/hft² (Tabla 3). Además, también se ha considerado oportuno conocer el origen del individuo, si posee calefacción o aire acondicionado en su hogar y su utilización en los días anteriores a su visita, para valorar su adaptabilidad a las condiciones meteorológicas del lugar.

En cuanto al aislamiento por la vestimenta, se pregunta a los usuarios por las prendas de ropa que han llevado puestas durante la visita al museo. En este caso también se sigue el estándar ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013) para formular la pregunta y dar los valores para la respuesta (Tabla 4). Con el objetivo de evitar que el cuestionario resultase demasiado extenso y poco atractivo para los visitantes, se han simplificado los valores de respuesta respecto a los valores aportados por el estándar anteriormente mencionado.

Ya profundizando en la opinión subjetiva de los usuarios, se ha preguntado por:

- Opinión sobre la sensación térmica o Thermal Sensation Vote (TSV) del ambiente térmico interior, basada de nuevo en la escala de sensación térmica de 7 puntos (mucho frío, frío, fresco, neutral, templado, calor y mucho calor) de la ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013).
- Opinión sobre la sensación térmica o Thermal Sensation Vote (TSV) del ambiente térmico exterior, basada otra vez en la escala de sensación térmica de 7 puntos (mucho frío, frío, fresco, neutral, templado, calor y mucho calor) de la ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013).
- Satisfacción de la calidad del ambiente interior o Interior Environment Quality (IEQ). Preguntando cuestiones acerca de la sensación de humedad, calidad del aire interior
- Expectativa del confort térmico en el interior del MHV, antes de la llegada al edificio.

Por último, se ha formulado una pregunta con respuesta abierta en caso de que el encuestado desee comentar o expresar algún aspecto del confort térmico del MHV y no haya podido hacerlo en las preguntas anteriores.

Respecto a los modelos de confort adaptable, no se han podido tener en cuenta en este estudio estadístico al no cumplir con las condiciones necesarias para su utilización (posibilidad de ventilación natural y no disponer de ningún sistema de refrigeración).

Tabla 3. Tasas metabólicas para las distintas velocidades de caminar (ASHRAE, 2013).

Actividad	Tasa metabólica		
	Unidades Met	W/m ²	Btu/h·ft ²
Caminar			
0,9 m/s, 3,2 km/h, 2,0 mph	2,0	115	37
1,2 m/s, 4,3 km/h, 2,7 mph	2,6	150	48
1,8 m/s, 6,8 km/h, 4,2 mph	3,8	220	70

Tabla 4. Valor de aislamiento de las diferentes prendas de ropa Icl0 (ASHRAE, 2013).

Descripción de la prenda	Iclu(clo)	Descripción de la prenda	Iclu(clo)
Partes de Arriba		Pantalones	
Jersey fino	0,25	Pantalones cortos	0,06
Jersey grueso	0,36	Pantalones largos	0,24
Americana	0,44	Falda	0,23
Ropa interior		Calzado	
Medias	0,03	Zapato/Zapatilla	0,02
Camiseta interior	0,08	Botas	0,10
Descripción de la prenda		Iclu(clo)	
Camisas y Blusas			
Camisetas sin mangas		0,12	
Vestidos y camisetas de manga corta		0,19	
Vestidos y camisetas de manga larga		0,25	
Sudadera		0,35	

3. Estudio Estadístico del Confort Térmico del C.E.I.P. Fabián y Fuero de Villar del Arzobispo

En el caso del C.E.I.P. Fabián y Fuero de Villar del Arzobispo se ha preparado una encuesta al personal docente mediante cuestionarios de satisfacción subjetiva del confort térmico interior, siguiendo el estándar ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013) (con el mismo formato de encuesta explicado en el apartado anterior).

Por otro lado, se ha preparado un estudio paralelo similar con los alumnos de 1º de primaria (6-7 años). Obviamente, se ha adaptado el cuestionario a la edad de los sujetos y se tuvieron en cuenta las opiniones de los maestros encargados de guiar a los alumnos durante la realización de la misma. En este caso, los cuestionarios se han preparado tan sólo en Castellano al no haber ningún Valenciano hablante entre los alumnos y maestros. En su totalidad el centro alberga a 120 alumnos de entre 3 y 6 años, y 13 maestros entre personal a tiempo parcial y completo (Teli, Jentsch & James, 2012).

La encuesta que realizan los maestros se muestra en la Figura 2, y consta de las mismas trece preguntas que el cuestionario del estudio estadístico del MHV (Figura 1).

Los estándares sobre el confort térmico como ISO 7730 (Iso, 2006), ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) y a nivel europeo la norma EN 15251 (Cen, 2007) están basados en adultos como sujetos de estudio. Estas normativas ofrecen valores de confort térmico para entornos docentes, asumiendo que los condicionantes del confort térmico son similares tanto para adultos como para niños. Sin embargo, factores como la tasa metabólica, la vestimenta o el nivel de actividad pueden resultar diferencias importantes a la hora de percibir las condiciones ambientales óptimas. Además, los alumnos de tan cortas edades tienen una limitada adaptación al entorno térmico interior durante las clases, ya que no se les permite abrir o cerrar ventanas, o ajustar su nivel de actividad. Por lo tanto, no se puede asegurar que los valores de confort térmico aplicables para adultos sean también los adecuados para el confort o el comportamiento de niños.

Con el objetivo de evaluar el confort térmico de los alumnos se ha diseñado un cuestionario de satisfacción térmica subjetiva. Por otro lado y como se ha comentado anteriormente, resulta obvio que los alumnos de 6 años no serían capaces de responder a la encuesta destinada a adultos, por lo que se ha creado una encuesta totalmente adaptada a los alumnos de estas edades (Figura 3). Para ello se ha contado con la opinión de los docentes-tutores para guiar a los alumnos durante la realización de los cuestionarios.

En dicha encuesta se encuentran preguntas acerca de:

- La opinión de la sensación térmica o Thermal Sensation Vote (TSV) de los encuestados acerca del ambiente térmico interior, basado en la escala de sensación térmica de 7 puntos de la ASHRAE (mucho frío, frío, fresco, neutral, templado, calor y mucho calor).
- La opinión de la preferencia térmica o Thermal Preference Vote (TPV) basado en la escala de sensación térmica de 7 puntos de la ASHRAE (mucho más frío, más frío, un poco más frío, sin cambio, un poco más de calor, más calor y mucho más calor).
- La sensación de confort.
- Información de la vestimenta (si los alumnos llevaban jersey o sudadera en el momento de responder la encuesta).
- La sensación de cansancio.
- La actividad que los alumnos han realizado antes del cuestionario.

Figura 2. Cuestionario sobre el confort térmico interior en el C.E.I.P. Fabián y Fuero versión maestros (Fuente: Elaboración propia).



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Fecha ____/____/____
Hora: ____:____

¿Cómo has venido hasta la escuela?


☐


☐


☐


☐

¿Cómo vas vestido/a durante tu jornada?

Ropa Interior
☐ Medias
☐ Camiseta interior
Camisetas y Blusas
☐ Camiseta o vestido sin mangas
☐ Camiseta o vestido de manga corta
☐ Camiseta o vestido de manga larga
☐ Sudadera

Parte de arriba
☐ Jersey fino
☐ Jersey grueso
☐ Americana
Pantalones
☐ Pantalones cortos
☐ Pantalones largos
☐ Falda

Calzado
☐ Zapatos
☐ Botas
¿Alguna prenda adicional?

¿Qué sensación térmica has tenido hoy en el exterior?


☐


☐


☐


☐


☐


☐

¿Qué sensación térmica has tenido en el interior de la escuela?


☐


☐


☐


☐


☐


☐

¿Qué esperabas hoy de las condiciones térmicas de la escuela?


☐
Más frío


☐
Lo esperaba tal cual


☐
Más calor

¿Cómo te ha parecido el ambiente en el interior de la escuela?


☐
Muy húmedo


☐
Húmedo


☐
Normal


☐
Seco


☐
Muy seco

¿Estás satisfecho/a con la calidad del aire en la escuela?


☐


☐


☐


☐


☐

¿Tienes calefacción y/o aire acondicionado en casa?


☐


☐

En caso afirmativo, ¿lo has utilizado estos últimos días?
☐ SÍ ☐ NO

¿Destacarías hoy algún aspecto térmico en la escuela? Si es así, indica cuál y dónde.

Figura 3. Cuestionario sobre el confort térmico interior en el C.E.I.P. Fabián y Fuero versión alumnos (Fuente: Elaboración propia).



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Fecha ____/____/____

Hora ____:____

1) Yo soy:


☐

☐

2) Tienes...

Mucho frío	Frío	Un poquito de frío	Ni frío ni calor	Un poquito de calor	Calor	Mucho calor
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3) Ahora mismo en la clase...

Me gustaría que hiciera mucho más frío..... ☐ 

Me gustaría que hiciera más frío..... ☐ 

Me gustaría que hiciera sólo un poquito más de frío..... ☐ 

Me gusta como está..... ☐

Me gustaría que hiciera sólo un poquito más de calor..... ☐ 

Me gustaría que hiciera más calor..... ☐ 

Me gustaría que hiciera mucho más calor..... ☐ 

4) ¿Estás a gusto ahora mismo?  ☐ SÍ ☐ NO ☐ 

5) ¿Llevas un jersey o sudadera ahora mismo? ☐ SÍ ☐ NO

6) ¿Estás cansado ahora mismo?


☐

Muy cansado


☐

Un poquito cansado


☐

No estoy cansado

7) ¿Qué hacías hace media hora?



Actividades en clase (leer, escribir, etc.....) ☐



Educación Física..... ☐



Jugar/correr en el recreo..... ☐



Descansar en el recreo..... ☐



Comer sentado..... ☐

Para la evaluación de la opinión de la sensación térmica (TSV) se continuó utilizando la escala del estándar 55 de la ASHRAE (ASHRAE, 2013) que se utilizó en los estudios con adultos, sin embargo, esta escala ha sido adaptada debido a las recomendaciones de los docentes. Las respuestas “Fresco” “Templado” y “Neutral” se han sustituido por “Un poquito más frío”, “Un poquito más de calor” y “Ni frío ni calor”, respectivamente. Como se puede apreciar en la tabla 5, para la evaluación de la opinión de la preferencia térmica (TPV) se ha utilizado también una escala de 7 puntos en lugar de la comúnmente utilizada de 3 puntos. La razón de esta modificación ha sido facilitar la comparación con la opinión de sensación térmica (TSV).

Los alumnos no son preguntados por la calidad del aire o la humedad como se hace en la mayoría de las encuestas en adultos, porque los maestros nos transmitieron que estas preguntas eran demasiado difíciles de entender para niños de 6 años. Además, las encuestas no han incluido cuestiones acerca de la vestimenta que los alumnos llevaban durante sus respuestas ya que se hubiera necesitado demasiado tiempo para realizar la encuesta y los niños no estarían concentrados durante tanto tiempo. Tras conversar con los maestros, se ha decidió incluir una pregunta de respuesta simple sobre si los alumnos llevaban jersey o sudadera. Este factor modifica en gran medida su aislamiento y es uno de las limitadas acciones que tienen para adaptarse al ambiente interior.

Tabla 5. Escalas de TSV y TPV utilizadas en el cuestionario.

Escala TSV	Escala TPV
(+3) Mucho calor	(+3) Mucho más calor
(+2) Calor	(+2) Más calor
(+1) Un poquito de calor	(+1) Un poquito más de calor
(0) Ni frío ni calor	(0) Sin cambio
(-1) Fresco	(-1) Un poco más de frío
(-2) Frío	(-2) Más frío
(-3) Mucho frío	(-3) Mucho más frío

4. Conclusiones

Se ha realizado un estudio estadístico del grado de satisfacción del confort térmico en dos edificios con distintos usos uno un museo y el otro un centro escolar de primaria. En la creación de los tres cuestionarios preparados se ha tenido en cuenta tanto la norma ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013) como el método Fanger asumido por la norma ISO 7730 (Iso, 2006). Estas encuestas se han confeccionado para que la maqueta final ocupe una página y que sean lo más simple posible con el fin de garantizar el mayor número de respuestas y un elevado grado de certeza.

Se ha preparado el estudio estadístico de satisfacción subjetiva sobre el confort térmico a los visitantes del Museo de Historia de Valencia (MHV) mediante cuestionarios diseñados siguiendo las directrices de la norma ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013) para encuestas en adultos, traducida en 4 idiomas (Castellano, Valenciano, Inglés e Italiano).

Por otro lado en el C.E.I.P. Fabián y Fuero de Villar del Arzobispo se ha preparado una encuesta al personal docente mediante cuestionarios de satisfacción subjetiva del confort térmico interior, siguiendo el estándar ASHRAE 55-2013 (ASHRAE, 2013).

Por último, se ha preparado un estudio paralelo similar con los alumnos de 1º de primaria (6-7 años), adaptándose el cuestionario a la edad de los sujetos y teniendo en cuenta las opiniones de los maestros encargados de guiar a los alumnos durante la realización de la misma. En este caso, los cuestionarios tan sólo se prepararon en castellano.

Referencias

- American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (2013). Thermal Environmental conditions for Human Occupancy (Standard 55-2013. ISSN 1041-2336). Atlanta, GE.
- Cen, E. N. (2007). 15251, Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. *European Committee for Standardization, Brussels, Belgium*.
- Cao, B., Zhu, Y., Li, M., & Ouyang, Q. (2014). Individual and district heating: A comparison of residential heating modes with an analysis of adaptive thermal comfort. *Energy and Buildings*, 78, 17-24.
- Deb, C., & Ramachandraiah, A. (2010). Evaluation of thermal comfort in a rail terminal location in India. *Building and Environment*, 45(11), 2571-2580.
- Fanger, P. O. (1970). Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. McGraw-Hill
- Iso, E. (2006). 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*.
- Kamaruzzaman, S. N., Egbu, C. O., Zawawi, E. M. A., Ali, A. S., & Che-Ani, A. I. (2011). The effect of indoor environmental quality on occupants' perception of performance: A case study of refurbished historic buildings in Malaysia. *Energy and Buildings*, 43(2), 407-413.
- Li, Q., Sun, X., Chen, C., & Yang, X. (2012). Characterizing the household energy consumption in heritage Nanjing Tulou buildings, China: a comparative field survey study. *Energy and Buildings*, 49, 317-326.
- Singh, M. K., Mahapatra, S., & Atreya, S. K. (2011). Adaptive thermal comfort model for different climatic zones of North-East India. *Applied Energy*, 88(7), 2420-2428.
- Teli, D., Jentsch, M. F., & James, P. A. (2012). Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. *Energy and Buildings*, 53, 166-182.