

# Revista de la Universidad del Zulia



Fundada en 1947  
Por el Dr. Jesús Enrique Lossada

Ciencias  
del Agro  
Ingeniería  
y Tecnología

**Año 4 N° 8**  
Enero – Abril 2013  
Tercera Época  
Maracaibo - Venezuela

## Adaptación del método de Diferencias de Temperatura Equivalente Total (DTET) para el cálculo de las cargas térmicas de envolventes opacas en Venezuela

*Carlos Araujo\*, Alejandro Colman\*, Juan González\*, Alejandro Osorio\*, Vanessa Pajares\*.*

### RESUMEN

---

Una dificultad común en la estimación de la carga térmica es que los procedimientos y estándares internacionales se desarrollan para configuraciones de paredes y techos que no se adecúan a la realidad constructiva de las edificaciones en Venezuela. El objetivo de este trabajo es adaptar a la realidad venezolana el método Diferencia de Temperatura Equivalente Total (DTET), empleado para la estimación de cargas térmicas en envolventes opacas exteriores. Para ello, se modela la carga térmica como un problema unidimensional de conducción periódica asumiendo un sólido semi-infinito, obteniéndose las ecuaciones para la atenuación y retardo térmico de la configuración estudiada. Luego, con las temperaturas sol-aire de la localidad a evaluar, se procede a calcular los DTET deseados según los lineamientos de la ASHRAE. De la comparación de los resultados con los obtenidos por otros autores, se concluye que la adaptación propuesta es un procedimiento válido para su aplicación en Venezuela.

**PALABRAS CLAVE:** Carga térmica, DTET, Retraso térmico, Atenuación térmica.

\* Laboratorio de Simulación Computacional, Departamento de Energía, Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo 4001-A, Venezuela. Telefax (0261) 4128794. cdaraujo@fing.luz.edu.ve

# Adaptation of Total Equivalent Temperature Differences Method (TETD) to Calculate Thermal Loads of Opaque Coverings in Venezuela

## ABSTRACT

---

It is quite common to find a difficulty while estimating thermal load: procedures and international standards are developed for walls and roofs which are not adequate to building reality in Venezuela. Hence, adapting the Total equivalent temperature difference method employed to estimate thermal loads in outdoor opaque coverings to Venezuelan reality constitutes the main purpose of this work. To achieve this goal, thermal load is modeled as a one-dimensional problem of periodic conduction assuming a semi-infinite solid, so equations for attenuation and thermal delay of the studied configuration are obtained. Then, TETD are calculated according to ASHRAE guidelines along with sun – air temperatures of the site to be tested. Once results are compared to those obtained by other authors, it is concluded that the proposed adaptation is a valid procedure to be applied in Venezuela.

Keywords: thermal load, TETD, thermal delay, thermal attenuation.

## Introducción

La ubicación geográfica de Venezuela hace que el clima del país sea tropical. De hecho, según Rosales (2007) en muchas de sus principales ciudades, donde se concentra la mayor parte de la población, existe un predominio de la región climática cálida húmeda durante todo el año. Debido a estos efectos climáticos es común que las edificaciones venezolanas estén dotadas de equipos de acondicionamiento ambiental, razón por la cual, el estudio de carga térmica de estos recintos constituye un aspecto primordial para evitar el derroche de energía por sobre dimensionamiento de los sistemas a instalar.

Ahora bien, producto de la ausencia de normativas venezolanas para el cálculo de la carga térmica, lo usual es emplear los procedimientos y metodologías establecidos por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE). La desventaja de

emplear estos procedimientos, según Colman et al (2012) es que no están adaptados a la realidad de los sistemas constructivos comúnmente empleados en nuestro país, teniéndose que emplear algún tipo de equivalencia que introduce incertidumbres en las estimaciones obtenidas.

Este trabajo se focaliza en el método de “Diferencia de Temperatura Equivalente Total” (DTET) o sus siglas en inglés (TETD), presentado por primera vez en el manual de la ASHRAE en 1967. Según afirma Tousif Ahmed (2012), este método es uno de los preferidos para cálculos hecho a mano conjuntamente con el método CLTD / CLF, siendo este último de aparición más reciente. El método DTET considera los efectos de la radiación solar, radiación térmica, convección, conducción, así como el color de la superficie, orientación, sitio de estudio, para la estimación de carga térmica en superficies opacas en contacto con el ambiente exterior.

A fin de adaptar el método DTET a la realidad venezolana, Almao et al (1998) propusieron un procedimiento mediante el cual, empleando un modelo de simulación basado en técnicas de dinámica de fluidos computacional, se reproduce la onda de calor con un rango diario que ingresa en una pared de una configuración predeterminada, para una condición exterior típica de la ciudad de Maracaibo-Venezuela. Mediante el modelo, se derivan el factor de atenuación y el retraso térmico que caracteriza a la envolvente estudiada y, posteriormente, con los datos promedio de temperatura sol aire mensual se obtiene los valores de DTET, los cuales se tabulan para aplicarse en un procedimiento de un solo paso.

Los resultados obtenidos por Almao et al (1998), dieron lugar a una extensa base de datos con configuraciones de paredes y techos de uso común en Venezuela. Estos datos fueron incorporados por Andrade y Marín (2004) a un programa interactivo para el diseño de sistemas de acondicionamiento ambiental en oficinas de atención al público, pero en principio, dicho programa sólo era aplicable a la ciudad de Maracaibo. Posteriormente, una revisión cuidadosa del programa realizado por Farías y Rincón (2007) demostró que la aplicación del mismo era extensible a ciudades venezolanas de características climáticas similares a Maracaibo.

No obstante, la desventaja del procedimiento empleado por Almao et al (1998) es que, si se requiere el estudio de una nueva configuración, o cambiar la localización o ciudad en estudio, entonces debe ejecutarse un modelo de simulación computacional complejo con el fin de obtener la atenuación y

el retraso térmico. Lo anterior no resulta práctico y requiere que el usuario tenga un alto nivel de experticia en el área de dinámica de fluidos computacional para poder abordar una situación no tabulada.

Por tal motivo, el presente trabajo plantea la estimación del factor de atenuación y el retraso térmico mediante un modelo matemático unidimensional sencillo, que posea solución analítica, con el fin de derivar las ecuaciones matemáticas exactas de estas propiedades en las configuraciones estudiadas.

Para la validación del procedimiento, se compara los valores de carga térmica obtenidos en este trabajo con los alcanzados por Farías y Rincón (2007) usando el método Serie de Tiempo de Radiación (STR). Pese a ser una comparación entre modelos, la razón por la cual se toma como referencia el método STR, es que este resulta de una simplificación del método de balance de calor (MBC), considerado como el procedimiento más exacto para la estimación de carga térmica. Además, como señala Chantrasrisalai et al (2003) el MBC y STR ajusta muy bien en un amplio rango de casos cuando se compara con mediciones de campo. Finalmente, el mismo procedimiento de validación se aplica a los resultados obtenidos por Almao et al (1998).

## 1. Consideraciones generales

### 1.1. Estimación de la atenuación y retardo térmico

Para la estimación de la atenuación y retardo térmico, inicialmente se modela el fenómeno de transferencia de calor a través de una superficie opaca, como un caso unidimensional de conducción periódica considerando un sólido semi-infinito.

Suponga que dicho sólido tiene una cara expuesta a un ambiente exterior que impone una temperatura superficial periódica  $T(0,t)$ , la cual se supondrá sinusoidal por simplicidad, con una amplitud  $T_0$  y frecuencia  $n$  determinada. Si el extremo opuesto o interior se encuentra a gran profundidad y a una temperatura uniforme y constante  $T(\infty,t)$ , entonces la diferencia de temperatura es:

$$\Delta T = T(x,t) - T(\infty,t) = \Delta T_0 e^{-x\sqrt{\frac{n}{\alpha}}} \text{sen} \left( 2\pi n t - x\sqrt{\frac{n}{\alpha}} \right) \quad (1)$$

Donde

$$\Delta T_0 = T(0,t) - T(\infty,t) = T_0 \text{sen}(2\pi n t) \quad (2)$$

La diferencia de temperatura da lugar un flujo de calor, sin embargo, el paso de energía a través del sólido no es instantánea, más bien, tardará cierto tiempo dando lugar a un retraso cuya magnitud depende de las propiedades termo físicas del material. El problema planteado tiene solución analítica. Según Monroy (1995), la ecuación exacta para el retraso térmico ( $\delta$ ) y la atenuación ( $\lambda$ ) puede ser escrita respectivamente como:

$$\delta = 1,382 b \sqrt{\frac{1}{D}} \quad (3)$$

$$= e^{-b \sqrt{\frac{\pi \cdot n}{D}}} \quad (4)$$

Donde

$$D = \frac{k}{ce \cdot \rho} \quad (5)$$

Siendo D la difusividad térmica (m<sup>2</sup>/h); b el espesor del material (m); k la conductividad térmica (W/m.K); ce el calor específico (J/kg.K);  $\rho$  la densidad (kg/m<sup>3</sup>) y n la frecuencia típica de ciclos diarios de temperatura (1/86400 [s<sup>-1</sup>]).

En estas ecuaciones, si la pared a evaluar está compuesta por varios tipos de materiales, se establece el valor de la propiedad equivalente  $P_{eq}$  mediante un promedio ponderado por la masa (Suleiman, 2012). De esta forma, la propiedad equivalente dada por la ecuación (6) representa un comportamiento similar al que arrojaría una pared conformada por un solo material que posea esta misma propiedad.

$$P_{eq} = \frac{P_1 \cdot m_1 + P_2 \cdot m_2 + \dots + P_n \cdot m_n}{m_T} \quad (6)$$

Donde  $i=1\dots n$ , representa tipos de materiales,  $P_i$  la propiedad a ponderar, que puede ser: densidad, calor específico o conductividad térmica,  $m_i$  la masa por tipo de material,  $m_T$  la masa total.

A fin de emplear las relaciones antes descritas en el análisis de una envolvente cualquiera, se debe suponer que los valores de atenuación y retraso térmico son mayormente influenciados por la frecuencia de la onda de calor que por la forma que esta exhiba. La experiencia indica que la forma de la onda de calor estará distorsionada en relación a la sinusoide supuesta en el análisis del modelo unidimensional. Esto es especialmente cierto en el

casos de las paredes, aunque para techos, la ganancia de calor se aproxima mejor al comportamiento supuesto, debido a la interacción por radiación de la envolvente solamente con la bóveda celeste. Por tal motivo, el análisis de los resultados se concentrará en las paredes.

## 1.2. Estimación de la Diferencia de Temperatura Equivalente Total (DTET)

Para la estimación de la Diferencias de Temperaturas Equivalentes Total, se requiere además de la atenuación y del retardo térmico, las características del ambiente exterior en la localidad a estudiar. Según Ortiz (2005) dichas características vienen dadas por la temperatura sol-aire que puede calcularse como:

$$T_{sa} = T_e + \frac{\alpha + E_T}{h_o} - \frac{\varepsilon * \Delta R}{h_o} \quad (7)$$

Dónde  $T_{sa}$  es la temperatura sol-aire;  $T_e$  es la temperatura exterior que puede obtenerse como dato para la zona en consideración;  $\alpha$  es el coeficiente de absorción;  $h_o$  es el coeficiente superficial;  $E_T$  es la irradiación solar total que incluye la suma de la radiación solar directa, la radiación difusa y la radiación solar reflejada desde las superficies circundantes;  $(\alpha/h_o)$  el factor de color de la superficie (0.15 para color claro y 0.30 para color oscuro) y  $(\varepsilon * \Delta R/h_o)$  el factor de radiación de onda larga que vale  $-3.9^\circ\text{C}$  para una superficie horizontal y  $0^\circ\text{C}$  para una superficie vertical.

Luego, según ASHRAE (1997) el valor del diferencial de temperatura total equivalente se obtiene como:

$$DTET = t_{sa} - t_i + \lambda(t_{e\delta} - t_{sa}) \quad (8)$$

Donde  $t_{sa}$  es el promedio diario de temperatura sol-aire, incluyendo la consideración del color de superficie;  $t_i$  es la temperatura del aire interior;  $\lambda$  el factor de decremento efectivo o atenuación y  $t_{e\delta}$  es la temperatura sol-aire  $\delta$  horas antes de la hora de cálculo para la cual se requiere el TETD.

## 1.3. Cálculo de la carga térmica a través de una superficie opaca exterior

El cálculo de la carga térmica se efectúa a partir del valor de DTET usando una expresión que tiene la forma de la Ley de Enfriamiento de Newton. Para ello, es necesario estimar el coeficiente global de transferencia de calor

U de la pared. Según Ortiz (2005), el cálculo se efectúa mediante el método de los planos isotérmicos, donde las resistencias de componentes adyacentes se combinan en paralelo, resultando en resistencias efectivas que luego se disponen en serie. Finalmente, el coeficiente global de transferencia de calor se obtiene como el recíproco de la suma de las resistencias efectivas.

De este modo, la carga térmica a través de la estructura se estima como:

$$Q_s = UA(DTET) \quad (9)$$

Donde A es el área de transferencia.

#### 1.4. Metodología de la investigación

En esta investigación se analizan en detalle dos casos de estudio que corresponden a envolventes típicas de las edificaciones venezolanas. El primer caso consiste en una pared de concreto armado de 10 cm y el segundo consiste en una pared de bloque de arcilla de 10 cm de espesor, tres cavidades, frisado 1,5 cm. En ambos casos, se estima la carga térmica para las orientaciones cardinales principales (Norte, Sur Este y Oeste) y las intermedias (Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste).

Para la estimación de la carga térmica, se calculan los coeficientes globales de transferencia de calor U mediante el método de planos isotérmicos, descrito por Cengel y Ghajar (2012), los cuales se validan al ser comparados con los resultados obtenidos por el programa Carrier HAP45 para las configuraciones de envolventes estudiadas en este trabajo.

En ausencia de valores experimentales para la validación del procedimiento propuesto, se toma como patrón de comparación los resultados obtenidos por Farías y Rincón (2012) para las configuraciones y localidades estudiadas en este trabajo. Estos autores emplearon el método Serie de Tiempo de Radiación (STR) considerado por la ASHRAE como uno de los procedimientos más exactos para la estimación de la carga térmica.

La técnica de análisis empleada en esta investigación es la regresión por mínimos cuadrados (Chapra y Canale, 2007). En el análisis se considera como datos para el ajuste, los resultados de carga térmica (Q) hora a hora a través del método de series de tiempo para radiación. Luego se impone como curvas de tendencias los resultados de carga térmica obtenidos mediante el método DTET, según la metodología de Almaso et al (1998) y la metodología

propuesta en este trabajo.

Finalmente, la bondad del ajuste dada por el coeficiente de determinación  $r^2$  se emplea como criterio de aceptación de los resultados ya que es un indicador de la equivalencia entre los procedimientos estudiados.

## 2. Resultados

En la Figura 1, se muestra el comportamiento de la carga térmica para una pared de concreto armado de 10 cm orientada al norte en la ciudad de Maracaibo, comparándose los resultados obtenidos por Farías y Rincón (2012) usando el método STR y el método DTET mediante el procedimiento de estimación de atenuación y retardo térmico propuesto en este trabajo.

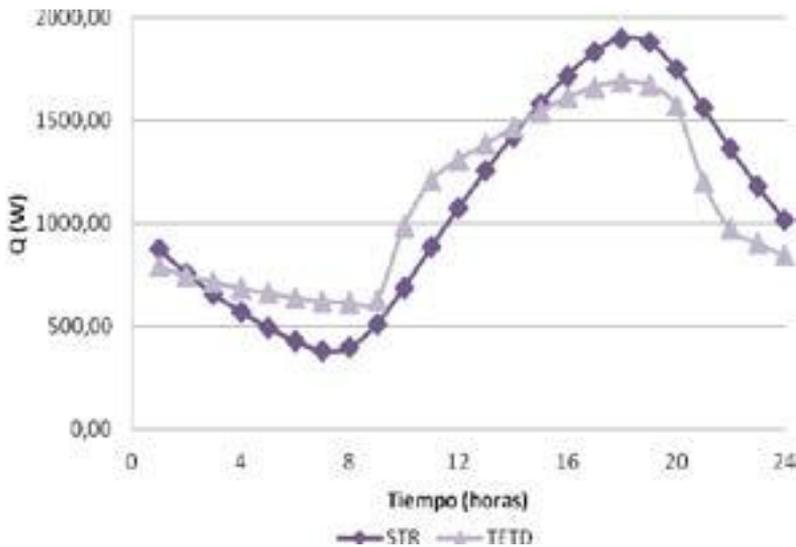


Figura1: Comparación entre la carga térmica obtenida por el método STR y el método DTET bajo el procedimiento propuesto en este trabajo.

Adicionalmente, en la Figura 2 se compara los resultados obtenidos por Farías y Rincón (2012) usando el método STR y el método DTET mediante el procedimiento de estimación de atenuación y retardo térmico propuesto por Almaso et al (1998).

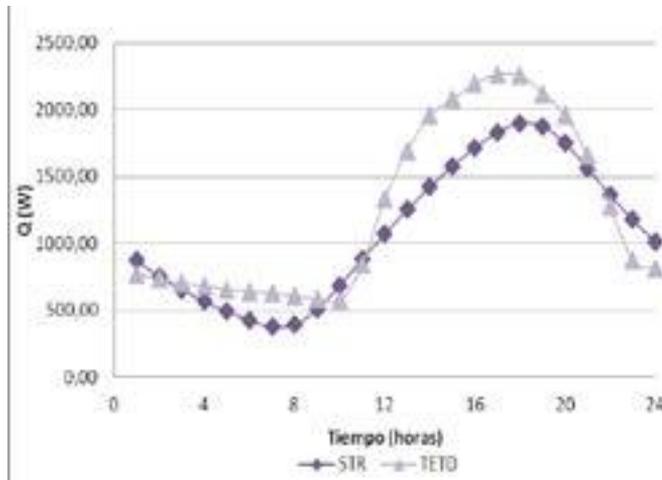


Figura 2: Comparación entre la carga térmica obtenida por el método STR y el método DTET bajo el procedimiento propuesto por Almao et al (1998)

Como se observa, en ambas figuras existe una tendencia similar entre las curvas obtenidas mediante las diferentes metodologías para el cálculo de DTET y la curva del método STR. Es importante destacar que para las demás orientaciones se presenta un comportamiento semejante, razón por la cual no se muestran. Ahora bien, a fin de extender el análisis a todas las orientaciones y establecer un criterio cuantitativo de comparación, se emplea el método de residuos ponderados. La Tabla 1, muestra los coeficientes de determinación cuando se emplea la metodología propuesta en esta investigación y la metodología descrita por Almao et al (1998), para los dos casos de estudio.

Tabla 1. Coeficiente de determinación para pared de concreto y pared de bloque de arcilla

	Coeficiente de determinación $r^2$							
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Concreto Armado (Propuesta)	0,84	0,79	0,79	0,81	0,85	0,83	0,82	0,82
Concreto Armado (Almao v Col. 1998)	0,71	0,75	0,36	0,67	0,11	0,79	0,87	0,86
Pared de bloque de arcilla (Propuesta)	0,76	0,74	0,74	0,75	0,77	0,76	0,76	0,76
Pared de bloque de arcilla (Almao v Col. 1998)	0,67	0,77	0,76	0,69	0,00	0,75	0,83	0,82

Nótese que, en el caso de la propuesta de este trabajo, para las dos configuraciones y en todas las orientaciones, los valores de coeficiente de determinación obtenidos son superiores a 0,74, donde el valor de 1 representa la equivalencia plena. Esto indica que la estimación de la atenuación y retardo térmico con el modelo unidimensional, no desvía sustancialmente la estimación de la carga térmica, es decir, es comparable al método STR bajo las situaciones estudiadas.

Por otra parte, cabe resaltar que los resultados obtenidos con la propuesta de Almaso et al (1998), también presentan un buen ajuste, sin embargo, el procedimiento descrito en este trabajo alcanza coeficientes de determinación ligeramente superiores en seis de las ocho orientaciones analizadas. Como consecuencia, se considera que las dos propuestas de adaptación son equivalentes, solamente que en la propuesta de este trabajo se evita la necesidad de emplear un algoritmo de dinámica de fluido computacional.

A fin de extender la aplicación del procedimiento a distintos tipos de configuraciones, se estimó las propiedades termo físicas equivalentes, así como, los valores de atenuación y retraso, para las paredes típicas en Venezuela mostradas en la Tabla 2. Con la información proporcionada en dichas Tablas y los valores de temperatura sol aire del sitio de estudio, es posible obtener los valores de DTET usando la ecuación (9).

Tabla 2. Propiedades de configuraciones de paredes típicas en Venezuela

Configuración	$K_{eq}$ (W/m*K)	$C_{eq} C_{eq}$ (J/Kg*K)	$\rho_{eq}$ $\rho_{eq}$ (Kg/ m <sup>3</sup> )	$\delta$ (h)	$\zeta$	$U$ (W/ m <sup>2</sup> *K)
Pared de Bloque de arcilla de 10cm (6 cavidades) + 2cm de friso	1,11	898,09	2101,37	3,61	0,389	2,50
Pared de Bloque de arcilla de 15cm (9 cavidades) + 2cm de friso	1,02	866,41	2099,27	5,23	0,25	1,97
Pared de Bloque de concreto de 10cm (3 cavidades) + 2cm de friso	1,40	890,90	2168,28	3,25	0,43	3,18
Pared de Bloque de concreto de 15cm (3 cavidades) + 2cm de friso	1,40	888,39	2166,50	4,59	0,30	2,88
Pared de concreto armado de 10cm	1,40	837,00	2200,00	2,64	0,50	4,25
Pared de concreto armado de 10cm + 2cm de friso	1,40	863,44	2188,64	3,21	0,43	4,01

Tabla 2. Propiedades de configuraciones de paredes típicas en Venezuela

Configuración	$K_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> *K)	$C_{eq}$ $C_{eq}$ (J/Kg*K)	$\rho_{eq}$ $\rho_{eq}$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\delta$ (h)	$\zeta$	$U$ (W/m <sup>2</sup> *K)
Pared de concreto armado de 15cm + 2cm de friso	1,40	855,64	2192,00	4,53	0,31	3,51
Pared de concreto armado de 20cm + 2cm de friso	1,40	851,39	2193,82	5,85	0,22	3,12
Pared de ladrillo de 6x10x20cm (3 cavidades) + 1.5cm de friso	1,08	888,24	2089,75	3,47	0,40	3,31
Pared de ladrillo de 6x10x20cm (3 cavidades) + 2cm de friso	1,10	894,60	2091,66	3,61	0,39	3,27
Pared de ladrillo de 6x12x25cm (3 cavidades) + 2cm de friso	1,08	886,74	2091,00	4,23	0,33	3,14
Pared de ladrillo de 6x10x20cm (macizo) + 2cm de friso	1,06	881,75	2093,71	0,39	3,64	3,59
Pared de ladrillo de 6x12x25cm (macizo) + 2cm de friso	1,05	878,31	2092,66	4,26	0,33	3,35

Aunque no se discute en detalle en este trabajo, con un procedimiento análogo se puede estimar la ganancia a través de techos. Para ello, se presenta en las propiedades equivalentes, así como, los valores de atenuación y retraso para configuraciones típicas de techos en la Tabla 3. Finalmente, conviene destacar que los valores de coeficiente global de transferencia de calor mostrados fueron validados con el software de Carrier HAP45.

Tabla 3. Propiedades de configuraciones de techos típicas en Venezuela

Configuración	$K_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> *K)	$C_{eq}$ $C_{eq}$ (J/Kg*K)	$\rho_{eq}$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\delta$ (h)	$\zeta$	$U$ (W/m <sup>2</sup> *K)
Losa nervada (4cm poliuretano +1cm impermeabilizante +1cm friso)	1,12	945,69	2060,71	5,61	0,23	0,58
Concreto armado de 10cm +3mm de impermeabilizante +1cm friso	1,38	857,36	2183,60	3,03	0,45	4,35
Concreto armado de 15cm +3mm de impermeabilizante +1cm friso	1,39	851,08	2188,66	4,35	0,32	3,76
Techo de tablon de 60cm +3mm impermeabilizante +1cm friso	4,34	828,52	2500,50	2,07	0,58	3,80
Techo de tablon de 80cm +3mm impermeabilizante +1cm friso	3,60	834,09	2418,90	2,24	0,56	3,68

## Conclusiones

Del análisis de los resultados obtenidos, se concluye que el procedimiento de cálculo de la atenuación y retraso térmico, mediante un modelo de conducción periódica considerando un sólido semi-infinito, empleado en la estimación de la carga térmica con el método DTET, es equivalente a los alcanzados por el método STR. En consecuencia, el procedimiento propuesto en este trabajo es apropiado para la estimación de la carga térmica, sin la necesidad de recurrir al uso de un modelo computacional sofisticado; lo que brinda al usuario pleno control del método de cálculo, brindando una mayor versatilidad y simplicidad a la hora de abordar nuevas configuraciones de paredes y techos en distintas localidades del país.

Finalmente, debe tenerse presente que la validación presentada se ha realizado respecto al modelo STR, por lo que, es recomendable realizar mediciones de campo para establecer errores más que desviaciones entre modelos. Esto implicaría mediciones de campo de la radiación total en las locaciones de interés a fin de obtener valores corregidos de temperatura sol-aire y de esta manera establecer los errores en la estimación del DTET.

## Agradecimientos

A la empresa Central Aire C.A, por el uso del programa Carrier HAP45.

## Referencias

Almao, N.; Rincón, J. y González, E. (1998). "EVITA: Modelo Computacional para la Evaluación de Viviendas Térmicamente Adaptadas", Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, Vol. 21, No. 1, Páginas 74-84.

American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers. "Fundamentals Handbook". (1997). Chapter 28, Nonresidential cooling and heating load calculation procedures. Atlanta. EE.UU.

Andrade y Marin (2004), "Programa interactivo para el diseño de sistemas de acondicionamiento ambiental en oficinas de atención al público". Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, Universidad del Zulia, Maracaibo Venezuela.

Cengel, Y. y Ghajar, A. (2012). Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones. Cuarta Edición. Mc Graw Hill.

Chantrasrisalai, C.; Fisher, D.; Lu, I. y Eldridge, D. (2003). "Experimental Validation of Design Cooling Load Procedures: The Heat Balance Method", ASHRAE Transactions. 109(2):160-173.

Chapra, S. y Canale, R. (2007). Métodos numéricos para ingenieros. Quinta edición. México. Editorial McGraw Hill Interamericana, 468-472.

Colman Alejandro, Lesvia Pérez, David Romero. (2012). Metamodelado como metodología definidora de criterios de distribución de la ventilación artificial en recintos arquitectónicos. Capítulo del Libro La competitividad institucional en el siglo XXI. Ediciones del Vicerrectorado Académico. Universidad del Zulia. Primera Edición.

Farías, D. y Rincón. G. (2012). "Estudio comparativo de los métodos de diseño de sistemas de acondicionamiento ambiental". Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, Departamento de Energía, Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela.

Monroy, M. (1995). "Comportamiento térmico de cerramientos soledados", Tesis Doctoral, Departamento de Construcción Arquitectónica, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.

Ortiz, N. (2005). Aire acondicionado. Teoría y práctica. Primera edición. Maracay, Venezuela. Editorial FUNDACITE.

Rosales, L. (2007). "Zonas climáticas para el diseño de edificaciones y diagramas bioclimáticos en Venezuela", Tecnologías y Construcción, Vol. 23, No.1 Paginas 45-60.

Suleiman, Bashir M. (2012), "Thermal Load Calculations of Multilayered Walls". World Academy of Science, Engineering and Technology. Volume 6. Number 4. Pages 626 – 631.

Tousif Ahmed. (2012). "Software Development for Cooling Load Estimation by CLTD Method". IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. Volume 3. Issue 6. Pages 01-06