

AHORRO DE ENERGÍA Y DISMINUCIÓN DE CO₂, EN UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL AL EMPLEAR UN SISTEMA DE DESCARGA DE CALOR EN MUROS

Víctor Hugo Hernández Gómez, José Luis Fernández Zayas, David Morillón Gálvez, Alejandro Mesa A.* y Juan Contreras Espinosa.**

Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: vichugo@servidor.unam.mx

*Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, INCIHUSA, CONICET. E-mail: amesa@lab.cricyt.edu.ar

** Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN: Del sector edilicio, el área residencial continúa desarrollándose en forma no sustentable, siendo responsable de un alto porcentaje del consumo total de energéticos fósiles del país y contribuyendo al deterioro ambiental global por la emisión de gases de invernadero. Para volverlo sustentable, existe la necesidad de revisión de los diseños y las técnicas constructivas para lograr edificios energéticamente eficientes, proveyendo confort térmico a sus ocupantes, protegiendo de las características climatológicas extremas.

En este estudio, se presenta los resultados del ahorro potencial de energía y la disminución de CO₂, al sustituir un sistema de aire acondicionado, por un sistema de descarga de calor en muros, a una vivienda de interés social. Se describe el caso de estudio y el modelo analítico empleado para la simulación. Los resultados obtenidos permiten evaluar la potencialidad de implementación en relación al ahorro obtenido para distintos escenarios futuros de requerimientos energéticos de distintas áreas del país.

Palabras clave: Ahorro de energía, sistemas pasivos, balance térmico.

PROCEDIMIENTO

Para obtener el ahorro de energía y la disminución de CO₂ al emplear un sistema de descarga de calor en muros en una vivienda de interés social, tomando en cuenta las condiciones climáticas del lugar, se determinó la carga térmica que debe retirarse de una vivienda de interés social tipo, mediante un sistema convencional de acondicionamiento de aire y se comparó con la carga térmica que se tendría al emplear un sistema de descarga de calor aplicado a uno de sus muros. Los sistemas de descarga de calor, son aquellos sistemas que permiten captar el flujo de calor que recibiría la envolvente de una edificación (la cual originaría un incremento en la temperatura del aire interior) para descargarlo al medio ambiente y así mantener en condiciones de confort térmico el interior de la edificación. Los sistemas de descarga de calor se pueden clasificar en función de su colocación en la envolvente de la edificación y pueden ser Sistemas de descarga de calor en muros y Sistemas de descarga de calor en Techos. Para determinar la carga térmica que se tendría con el empleo del sistema de descarga de calor, fue necesario apoyarnos con un modelo analítico.

MODELO ANALÍTICO EMPLEADO

Para simular el comportamiento de un sistema de descarga de calor en muros, se empleó el modelo analítico realizado por Hernández et al. (Víctor Hernández, 2006). Consta de cinco ecuaciones que conforman el balance térmico de un sistema de descarga de calor aplicado a muros y es el siguiente:

Cubierta de vidrio:

$$G A \alpha_v - U_1 A (T_v - T_a) + hr_1 A (T_p - T_v) + hc_1 A (T_a - T_v) = 0 \quad (1)$$

Canal:

$$hc_1 A (T_a - T_v) - hc_3 A (T_p - T_a) + m Cp (T_a - T_{espacio}) = 0 \quad (2)$$

Placa almacenadora.

$$G A (\tau\alpha) - hc_3 A (T_p - T_a) - hr_1 A (T_p - T_v) - U_2 A (T_p - T_w) = (\rho c V_p T_p)/t \quad (3)$$

Placa almacenadora – Espacio a climatizar

$$U_2 A (T_p - T_w) - hr_2 A (T_w - T_a) - hc_2 A (T_w - T_a) = 0 \quad (4)$$

Flujo de ventilación natural:

$$m = \rho a Cd Ao [g H (T_a - T_{espacio}) / T_{espacio}]^{1/2} \quad (5)$$

CARGA TÉRMICA

Para obtener la carga térmica que debe retirarse de un cuarto a climatizar, se consideró la ganancia de calor debido a: la radiación solar, al número de personas, al tipo de iluminación y las pérdidas por convección con el medio ambiente.

$$Q_{\text{radiación}} + Q_{\text{convección}} + Q_{\text{personas}} + Q_{\text{iluminación}} = Q_{\text{interno}} \quad (6)$$

$$Q_{\text{radiación}} = Q_{\text{directa}} + Q_{\text{difusa}} \quad (7)$$

$$Q_{\text{convección}} = U_3 A (T_{\text{espacio}} - T_{\alpha}) \quad (8)$$

Donde:

$$Q_{\text{directa}} = \alpha G \quad (9)$$

$$Q_{\text{difusa}} = \alpha \epsilon_{\text{cielo}} \sigma T_{\text{cielo}}^4 \quad (10)$$

RADIACIÓN SOLAR G

Para determinar los valores de radiación solar que requiere el modelo analítico así como para obtener la carga térmica, se empleó el método del ASHRAE (ASHRAE, 1992) como sigue:

La radiación solar que incide sobre una superficie se puede calcular con:

$$G = G_{\text{max}} \cos \theta \quad (11)$$

Donde G_{max} es el valor máximo de radiación solar que incide sobre una superficie y se calcula con:

$$G_{\text{max}} = 950 \left(1 - e^{-0.075h} \right) \quad (12)$$

Donde

$$h = \text{arc sen} [(\cos \Phi \cos \delta \cos \omega) + (\text{sen} \Phi \text{sen} \delta)] \quad (13)$$

La declinación puede ser calculada mediante la ecuación de Cooper (Cooper P. 1969):

$$\delta = 23.45 \text{ Sen} [(360/365) (284 + n)] \quad (14)$$

y $\cos \theta$ es una función del tiempo que depende de la orientación de la superficie y se calcula con Benford y Bock (Benford F. y J. Bock, 1939):

Para un muro vertical orientado al norte o sur:

$$\cos \theta = - \text{sen} \delta \cos \varphi \cos \gamma + \cos \delta \text{sen} \varphi \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \text{sen} \gamma \text{sen} \omega$$

$$\text{Norte} \rightarrow \gamma = 0 \quad B = 90 \quad (15)$$

$$\text{Sur} \rightarrow \gamma = 180 \quad B = 90 \quad (16)$$

Para un muro vertical orientado al oeste o este:

$$\cos \theta = \text{sen} \delta \text{sen} \varphi \cos B - \text{sen} \delta \cos \varphi \text{sen} B \cos \gamma + \cos \delta \cos \varphi \cos B \cos \omega + \cos \delta \text{sen} \varphi \text{sen} B \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \text{sen} B \text{sen} \gamma \text{sen} \omega$$

$$\text{Este} \rightarrow \gamma = 0 \quad B = 90 \quad (17)$$

$$\text{Oeste} \rightarrow \gamma = -90 \quad B = 90 \quad (18)$$

Para una superficie horizontal o techo:

$$\cos \theta = \cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \text{sen} \delta \text{sen} \varphi \quad (19)$$

TEMPERATURA AMBIENTE T_a

La variación de la temperatura ambiente se calcula empleando la ecuación dada por Tejeda (Tejeda, Zacarías 1990):

$$T_a = T_{min} + Y(T_{max} - T_{min}) \quad (20)$$

$$Y = at^b \exp(ct) \quad (21)$$

Tejeda desarrolló un software que permite establecer los valores horarios promedio mensual de una región en base a su situación geográfica. El software llamado "Mardia" emplea las ecuaciones 20 y 21 y también simula los valores de temperatura de bulbo húmedo y el índice de confort climático con una proximidad del 98%.

Los valores de temperatura máximo y mínimo promedio mensual se toman de las Normales climatológicas proporcionadas por el Sistema Metereológico Nacional y corresponden al promedio de 30 años (1951 – 1980).

GANANCIA DE CALOR POR EL NÚMERO DE PERSONAS E ILUMINACIÓN

Para el cálculo del calor ganado por el número de personas que habitan la vivienda de interés social y por el tipo de iluminación empleada, se utilizaron las siguientes expresiones:

$$Q_{personas} = P (F_p) \quad (22)$$

$$Q_{iluminación} = I (F_i) \quad (23)$$

Donde

P = Número de personas que habitan la vivienda

F_p = Factor de ganancia de calor por habitante = 120 KCal/hr (139.53 W)

I = Iluminación total, es decir, la suma de todo el consumo de energía por iluminación [W].

F_i = Factor de ganancia de calor por la iluminación empleada = 0.86 KCal/hr (0.999 W)

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

Para el cálculo de la carga térmica, se empleo una vivienda de interés social, el prototipo de vivienda tomado para el ejercicio fue el n°115 de Casas GEO (figura 1) con las siguientes características y consideraciones

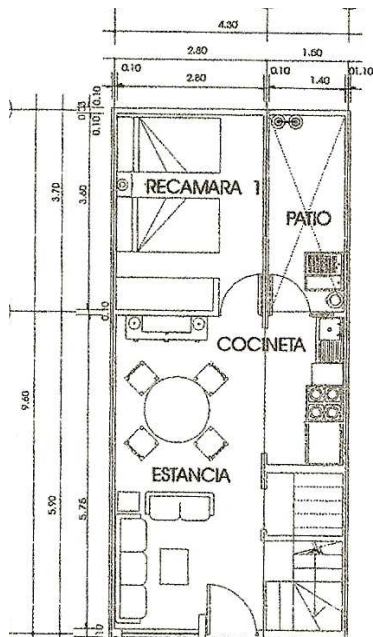


Figura 1: Imagen del prototipo evaluado



Descripción del proyecto

Área del muro Sur: 7.84 m².

Área del Techo: 40 m².

Área de la ventana Este: 3.6 m².

Área de la puerta: 1.76 m².

Espesor de la puerta: 0.05 m.

Espesor del Techo: 0.14 m.

K techo = 1.2 W/m²°C

K vidrio = 1.38 W/m²°C Sílice fundido de 3 mm.

Área del muro Norte: 15.4 m²

Área del muro Este: 40.4 m².

Área del muro Oeste: 36.8 m².

Área de la ventana Sur: 3.6 m².

Área de la ventana Oeste: 7.2 m².

Espesor del vidrio: 0.003 m.

Espesor del muro: 0.12 m.

K muro = 0.56 W/m²°C

K recubrimiento = 0.28 W/m²°C (yeso)

Consideraciones

Se toma la máxima ganancia de calor que puede afectar a la vivienda, es decir, no se considera la protección de las construcciones linderas a la misma.

Se emplean los valores de los coeficientes convectivos de la norma NOM-008-ENER-2001, los cuales son: $h_a = 13 \text{ W/m}^2\text{°C}$, $h_t = 6.6 \text{ W/m}^2\text{°C}$ para techo y $h_l = 8.1 \text{ W/m}^2\text{°C}$ para muro.

La vivienda es habitada por cuatro personas.

Se considera un sistema de descarga de calor con altura de 2.20 m. y ancho de 1.50 m.

Cuenta con cinco focos de 60 W.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Tabla 1, se presenta la carga térmica que tendría que retirar un sistema convencional de aire acondicionado y la carga térmica que tendría el mismo espacio pero con un sistema de descarga de calor aplicado a uno de sus muros. El análisis se realizó para cada estado de la República Mexicana y se observa que dependiendo de la orientación del sistema de descarga de calor en muros, se puede obtener desde un 0.4 a 53 por ciento de ahorro.

Tabla 1.- Carga térmica de la vivienda de interés social

Estado/Capital	Latitud	Carga Térmica Interna W					% Ahorro	Ahorro W
		Sin Sistema	Con Sistema		Ahorro W			
			Al Sur	Al Norte	Al Sur	Al Norte		
Aguascalientes	21° 53'	34878.69	20623.12	20624.52	14255.57	14254.17	40.87	14255.6
La Paz BCS	24° 10'	32313.10	25641.62	23959.82	6671.48	8353.28	25.85	8353.28
Mexicali BCN	32° 29'	51612.67	34029.32	34884.82	17583.35	16727.85	34.07	17583.4
Campeche	19° 51'	46936.81	39557.92	39537.22	7378.89	7399.59	15.77	7399.59
Coahuila	25° 26'	44037.72	41490.72	39812.22	2547.00	4225.50	9.60	4225.50
Colima	19° 14'	45529.40	42352.22	41021.22	3177.18	4508.18	9.90	4508.18
Chiapas	16° 45'	38519.07	38339.62	39283.52	179.45	-764.45	0.47	179.44
Chihuahua	28° 38'	46778.21	42381.02	42746.22	4397.19	4031.99	9.40	4397.19
DF Chapultepec	19° 25'	44217.19	41767.62	40638.12	2449.57	3579.07	8.09	3579.07
Durango	24° 01'	32882.56	24542.12	22088.12	8340.44	10794.44	32.83	10794.44
Guanajuato	21° 01'	40822.11	21636.32	22736.82	19185.79	18085.29	47.00	19185.8
Guerrero	17° 33'	32328.38	25809.22	23727.72	6519.16	8600.66	26.60	8600.66
Hidalgo Actopan	20° 08'	43255.45	27151.02	28239.62	16104.43	15015.83	37.23	16104.4
Jalisco	20° 41'	45655.98	25399.12	26109.82	20256.86	19546.16	44.37	20256.86
México Toluca	19° 17'	41708.57	40636.62	39025.02	1071.95	2683.55	6.43	2683.55
Michoacán	19° 42'	44706.30	38418.52	37924.92	6287.78	6781.38	15.17	6781.38
Morelos	18° 55'	32831.34	27184.62	25047.32	5646.72	7784.02	23.71	7784.02
Nayarit	21° 31'	24213.82	14279.82	14283.82	9934.00	9930.00	41.03	9934
Nuevo León	25° 40'	46638.17	39240.32	37275.02	7397.85	9363.15	20.08	9363.15
Oaxaca	17° 04'	33086.49	24436.82	23698.62	8649.67	9387.87	28.37	9387.87
Puebla	19° 02'	41352.31	40351.32	38832.42	1000.99	2519.89	6.09	2519.89
Querétaro	20° 36'	45468.19	25448.52	26193.62	20019.67	19274.57	44.03	20019.7
San Luis Potosí	22° 09'	46391.22	38872.82	39326.12	7518.40	7065.10	16.21	7518.4
Sinaloa	24° 48'	20822.25	10429.02	9587.82	10393.23	11234.43	53.95	11234.43
Sonora	29° 05'	40920.28	34139.82	35426.72	6780.46	5493.56	13.43	6780.46
Tabasco	17° 59'	34629.95	26745.92	24392.42	7884.03	10237.53	29.56	10237.53
Veracruz	19° 12'	43297.70	40254.52	38516.42	3043.18	4781.28	11.04	4781.28
Yucatán	20° 58'	47830.95	27037.82	27512.72	20793.13	20318.23	43.47	20793.1
Zacatecas	22° 47'	39941.51	39824.22	39545.82	117.29	395.69	0.99	395.69
Quintana Roo	20° 31'	43483.18	25097.22	25876.72	18385.96	17606.46	42.28	18386
Tamaulipas	23° 44'	32379.92	24098.82	22847.02	8281.10	9532.90	29.44	9532.9
Tlaxcala	19° 32'	49691.85	38962.82	37973.82	10729.03	11718.03	23.58	11718.03
PROM							24.72	9664.83

Se observa que al aplicar un sistema de descarga de calor en muros, se puede obtener un ahorro de energía y que este depende del muro que se emplee para su orientación. Por ejemplo, para el caso de La Paz, si se orienta el sistema sobre el muro sur, se obtendría un ahorro aproximado de 6671 W de la carga térmica de la vivienda, pero si este es orientado al norte se tendría un ahorro de 8353 W.

Cabe hacer mención, que hay estados de la República en los que no se obtuvo un ahorro considerable, esto es debido a que el sistema de descarga de calor funcionaría adecuadamente al estar orientado a otra dirección, es decir, si en lugar de estar orientado al norte o al sur (funcionamiento durante la mayor parte del día), se colocara al este o al oeste (solo la mitad del

día). Estos valores trasladados a distintas localidades del país, nos presentan la potencialidad de la implementación del sistema (figura 2, gráficas 1 y 2).



Figura 2: Ubicación de algunas de las ciudades utilizadas para el cálculo del potencial ahorro energético.

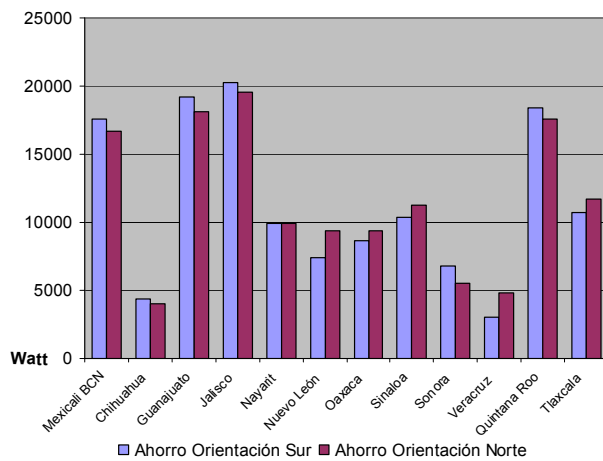


Figura 1: Cálculo de ahorro energético en vatios según la orientación del paramento para distintas ciudades.

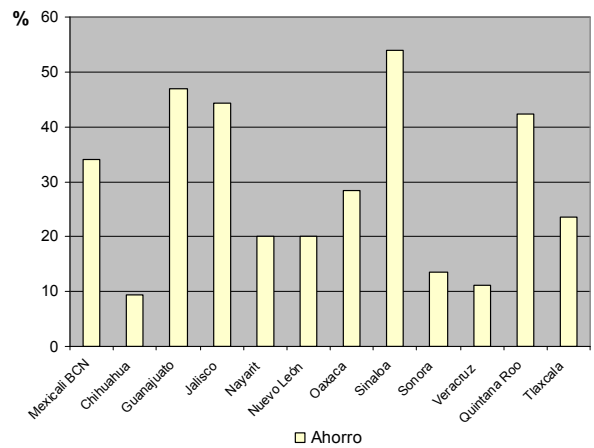


Figura 2: Cálculo del porcentaje de ahorro energético con orientación sur del paramento para distintas ciudades.

Para cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero equivalente que se dejarían de producir con el empleo de sistemas de descarga de calor en muros, se empleó el Factor de emisión del Banco Mundial, el cual es el siguiente:

$$1 \text{ MWh} \rightarrow 0,66741 \text{ t CO}_2$$

En la Tabla 2 se presenta el ahorro de energía que se puede obtener al emplear un sistema de descarga de calor en muros, así como la reducción equivalente de emisiones de CO₂. La información se presenta para cada estado de la República Mexicana. Como un complemento del estudio, con estos resultados se pueden obtener herramientas que permitan facilitar el diseño de los sistemas de descarga de calor en muros, como es el caso de la relación entre la carga térmica de la vivienda con respecto al área del sistema de descarga de calor en muros.

Tabla 2.- Ahorro de energía y disminución de CO₂ para una vivienda de interés social con sistema de descarga de calor en muros

Estado/Capital	Latitud	Ahorro W	Ton. CO ₂	Kg. CO ₂	Estado/Capital	Latitud	Ahorro W	Ton. CO ₂	Kg. CO ₂
Aguascalientes	21° 53´	14255.6	0.0095	9.514	Morelos	18° 55´	7784.02	0.0052	5.195
La Paz BCS	24° 10´	8353.28	0.0056	5.575	Nayarit	21° 31´	9934	0.0066	6.630
Mexicali BCN	32° 29´	17583.4	0.0117	11.735	Nuevo León	25° 40´	9363.15	0.0062	6.249
Campeche	19° 51´	7399.59	0.0049	4.939	Oaxaca	17° 04´	9387.87	0.0063	6.266
Coahuila	25° 26´	4225.50	0.0028	2.820	Puebla	19° 02´	2519.89	0.0017	1.682
Colima	19° 14´	4508.18	0.0030	3.009	Querétaro	20° 36´	20019.7	0.0134	13.361
Chiapas	16° 45´	179.446	0.0001	0.120	San Luis Potosí	22° 09´	7518.4	0.0050	5.018
Chihuahua	28° 38´	4397.19	0.0029	2.935	Sinaloa	24° 48´	11234.43	0.0075	7.498
DF	19° 25´	3579.07	0.0024	2.389	Sonora	29° 05´	6780.46	0.0045	4.525
Durango	24° 01´	10794.44	0.0072	7.204	Tabasco	17° 59´	10237.53	0.0068	6.833
Guanajuato	21° 01´	19185.8	0.0128	12.805	Veracruz	19° 12´	4781.28	0.0032	3.191
Guerrero	17° 33´	8600.66	0.0057	5.740	Yucatán	20° 58´	20793.1	0.0139	13.878
Hidalgo	20° 08´	16104.4	0.0107	10.748	Zacatecas	22° 47´	395.69	0.0003	0.264
Jalisco	20° 41´	20256.86	0.0135	13.520	Quintana Roo	20° 31´	18386	0.0123	12.271
México Toluca	19° 17´	2683.55	0.0018	1.791	Tamaulipas	23° 44´	9532.9	0.0064	6.362
Michoacán	19° 42´	6781.38	0.0045	4.526	Tlaxcala	19° 32´	11718.03	0.0078	7.821

En la Tabla 3 se presenta la relación que existe entre la carga térmica de la vivienda con respecto al área del sistema y la relación entre el ahorro generado con respecto al área del sistema de descarga de calor en muros para distintas ciudades del país.

Tabla 3.- Herramienta para el diseño de sistemas de descarga de calor en muros de viviendas de interés social

Estado/Capital	Latitud	Ahorro		Índices		Ahorro W
		Al Sur	Al Norte	Ahorro por m ²	Carga por m ²	
				W / m ²	W / m ²	
Aguascalientes	21° 53´	14255.57	14254.17	4320	10569	14255.6
La Paz BCS	24° 10´	6671.48	8353.28	2531	9792	8353.28
Mexicali BCN	32° 29´	17583.35	16727.85	5069	15640	17583.4
Campeche	19° 51´	7378.89	7399.59	2242	14223	7399.59
Coahuila	25° 26´	2547.00	4225.50	1280	13345	4225.50
Colima	19° 14´	3177.18	4508.18	1366	13797	4508.18
Chiapas	16° 45´	179.45	-764.45	54	11672	179.446
Chihuahua	28° 38´	4397.19	4031.99	1332	14175	4397.19
DF Chapultepec	19° 25´	2449.57	3579.07	1085	13399	3579.07
Durango	24° 01´	8340.44	10794.44	3271	9964	10794.44
Guanajuato	21° 01´	19185.79	18085.29	5814	12370	19185.8
Guerrero	17° 33´	6519.16	8600.66	2606	9796	8600.66
Hidalgo Actopan	20° 08´	16104.43	15015.83	4880	13108	16104.4
Jalisco	20° 41´	20256.86	19546.16	6138	13835	20256.86
México Toluca	19° 17´	1071.95	2683.55	813	12639	2683.55
Michoacán	19° 42´	6287.78	6781.38	2055	13547	6781.38
Morelos	18° 55´	5646.72	7784.02	2359	9949	7784.02
Nayarit	21° 31´	9934.00	9930.00	3010	7338	9934
Nuevo León	25° 40´	7397.85	9363.15	2837	14133	9363.15
Oaxaca	17° 04´	8649.67	9387.87	2845	10026	9387.87
Puebla	19° 02´	1000.99	2519.89	764	12531	2519.89
Querétaro	20° 36´	20019.67	19274.57	6067	13778	20019.7
San Luis Potosí	22° 09´	7518.40	7065.10	2278	14058	7518.4
Sinaloa	24° 48´	10393.23	11234.43	3404	6310	11234.43
Sonora	29° 05´	6780.46	5493.56	2055	12400	6780.46
Tabasco	17° 59´	7884.03	10237.53	3102	10494	10237.53
Veracruz	19° 12´	3043.18	4781.28	1449	13121	4781.28
Yucatán	20° 58´	20793.13	20318.23	6301	14494	20793.1
Zacatecas	22° 47´	117.29	395.69	120	12103	395.69
Quintana Roo	20° 31´	18385.96	17606.46	5572	13177	18386
Tamaulipas	23° 44´	8281.10	9532.90	2889	9812	9532.9
Tlaxcala	19° 32´	10729.03	11718.03	3551	15058	11718.03

Por ejemplo, si se desea emplear un sistema de descarga de calor en muros para un espacio a climatizar en el estado de Guerrero, en la cual se tenga una carga térmica de 12000 W, se emplearía el índice obtenido en la Tabla 3 que corresponde a 9796 W/m², por lo que se tendría que diseñar un sistema de descarga de calor cuya superficie de captación de la energía solar posea como mínimo un área de 1.26 m² ($12\ 000\ W / 9796\ W/m^2 = 1.23\ m^2$) y puede ser orientado al sur. Al emplear este sistema se puede obtener un ahorro aproximado de 3205 W, empleando el índice de 2606 W/m² ($1.26\ m^2 / 2606\ W/m^2 = 3205\ W$). Cabe hacer mención, que con los resultados obtenidos en las tres tablas, se puede estimar el ahorro de energía y la disminución de gases de CO₂, que se podría tener con el empleo de un sistema de descarga de calor en muros para cada estado de la República Mexicana, para una edificación que cuente con características similares a la edificación tomada para el análisis.

CONCLUSIONES

La interrelación entre, el consumo de energía convencional y los problemas ambientales del hábitat humano es directa. El conocimiento del comportamiento y potenciales mejoras del parque edilicio residencial, en lo referente a la conservación de energía y el acceso a los recursos energéticos renovables, es imprescindible para poder planificar el desarrollo urbano dentro de un marco de máxima eficiencia energética.

Con el empleo de sistemas de descarga de calor en muros, se puede obtener una disminución en la producción de gases de efecto invernadero como el CO₂. Cabe hacer mención que en las tablas solo se presenta los resultados de una sola vivienda de interés social, por lo que estos valores se incrementarán al considerar un número mayor de viviendas que cumplan con las características de la edificación tomada para el análisis. Los índices obtenidos en este trabajo, pueden contribuir como una herramienta de apoyo para el diseño de sistemas de descarga de calor en muros.

BIBLIOGRAFÍA

- A. Tejeda y T. Zacarías. Software "Mardia.bas". versión 1.0 México. 1990
- ASHRAE Handbook, Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning, New York, 1992.
- Benford F. y J. Bock, (1939) "A time Analysis of Sunshine" Transactions of the American Illumination Engineering Society, 200.
- Cooper P, (1969) "The absorption of solar radiation in solar stills" Solar Energy, 3.
- Hernández V., Morillón D., Best R., José Fernández, Rafael Almanza, Norberto Chargoy, Experimental and numerical model of wall like solar heat discharge passive system, Applied Thermal Engineering 26 (2006) 2464–2469.
- John A. Duffie y William A. Beckman. "Solar Engineering of thermal processes" 2ª Edition, Jhon Wiley & Sons, New York
- Nelson D. J. Y Wood B. D., (1989), Fully developed combined heat and mass transfer natural convection between parallel plates with asymmetric boundary conditions, Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 32, No. 9, pp. 1789-1792.
- Palomino, D., (1995), Convección Natural en un Canal de Aire Inclinado con Calentamiento Superior, Tesis de maestría, DEPEFI, UNAM, México.
- Q. Zhai, Y. J. Dai, R. Z. Wang. (2005). Comparison of heating and natural ventilation in a solar house induced by two roof solar collectors. Applied Thermal Engineering. Vol. 25. pp. 741 – 757.
- Sámano, D. A., Alvarez, G.S., Vázquez, B. y Morales, J. D., (1990), Estudio experimental y numérico del flujo de aire en techos y paredes de edificios construidos para operar en forma pasiva, Proyecto No. P220CCOR 892381, patrocinado por CONACYT, Témixco, Mor.
- Shoda, M.S.; Singh, U.; Kumar, A.; Tiwari, G.N.; "Maximum Thermal Load Levelling in a Double Hollow Wall/Roof". International Journal of Energy Research. Vol 5, No 2, p.p. 191-200, 1981.
- Shih, Jason C.; Fairey, Philip W., (1987), "Experimental Analysis of Ventilated Walls and "Ice House" Roofs in Warm Climates" Architectural Science Review, p.p. 73-76, Baton Rouge, La.

NOMENCLATURA

T _v	Temperatura en la superficie del vidrio, K
T _p	Temperatura en la superficie de la placa interna, K
T _a	Temperatura del aire a la salida del canal, K
T _w	Temperatura del aislante protector de la placa interna, K
T _α	Temperatura ambiental, K
T _{espacio}	Temperatura del cuarto a climatizar, K
T _{cielo}	Temperatura del cielo, K
A	Área del sistema o de los muros y techos, m ²
A _o	Área de la abertura de entrada del aire al canal, m ²
V _p	Volumen de la placa interna, m ³
Cavidad	ancho del canal, m
H	Altura del prototipo experimental, m
U ₁	Resistencia equivalente del vidrio al medio ambiente, W/m ² K

U_2	Resistencia equivalente de la placa interna al cuarto a enfriar, $W/m^2 K$
U_3	Resistencia equivalente desde el espacio a climatizar al medio ambiente, $W/m^2 K$
hr_1	Coefficiente radiactivo entre placa interna y vidrio, $W/m^2 K$
hr_2	Coefficiente radiactivo entre el aislante protector de la placa interna y el cuarto a enfriar, $W/m^2 K$
hc_1	Coefficiente convectivo entre el vidrio y el aire a la salida del canal, $W/m^2 K$
hc_2	Coefficiente convectivo entre el aislante protector de la placa interna y el medio ambiente, $W/m^2 K$
hc_3	Coefficiente convectivo entre placa interna y el aire a la salida del canal, $W/m^2 K$
C_d	Coefficiente de descarga.
α	Absortancia del material constructivo
ϵ_{cielo}	Emitancia del cielo
ρ	Densidad de la placa interna, kg/m^3
ρ_a	Densidad del aire
$(\tau\alpha)$	Producto de la transmitancia del vidrio por absortancia de la placa interna
α_s	Difusividad térmica, m^2/s
β	Coefficiente de expansión volumétrica, K^{-1}
c	Capacidad calorífica de la placa interna, $kJ/kg K$
C_p	Calor específico del aire, $kJ/kg K$
ν	Viscosidad cinemática del aire, m^2/s
α_v	Absortancia del vidrio
σ	Constante de Stefan - Boltzman = $5.67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$
g	Fuerza de gravedad = $9.81 m/s^2$
θ	Angulo de incidencia entre la componente de la radiación directa y la superficie
B	Angulo entre la superficie y el plano (N - S) $0 \leq B \leq 180^\circ$
δ	Declinación, la posición solar con respecto del ecuador, $-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$
Φ	Latitud, es la posición al norte o sur del ecuador.
γ	Azimut, desviación de la proyección de la normal de una superficie y el meridiano local, cero al sur, este negativo y oeste positivo $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$.
ω	Desplazamiento angular del este al oeste del meridiano local, 15° por hora, mañana negativo, tarde positivo.
n	Numero de día a calcular
G	Radiación solar, W/m^2
m	Flujo de aire, kg/s
t	Tiempo, s

ABSTRACT: The residential sector continues being developed in non sustainable form, being responsible for a high percentage of the total consumption of energy domestic fossils and contributing to the global environmental deterioration for the emission of hothouse gases. To return him sustainable, it exists the necessity of revision of the designs and the constructive techniques to achieve buildings energetically efficient, providing thermal comfort to their occupants, protecting of the extreme climatologically characteristics.

In this study, it is presented the results of the potential saving of energy and the decrease of CO_2 , when substituting an air conditioning system, for a system of discharge of heat in walls, to a housing of social interest. It is described the case of study and the pattern analytic employee for the simulation. The obtained results allow to evaluate the implementation potentiality in relation to the obtained saving for different future scenarios of energy requirements of different domestic areas.

Password: Energy saving, passive systems, thermal balance.