

Estudio elaborado por **Germán Miño Galaz**

- Post Doctorado Centro Interdisciplinario de Neurciencia de Valparaiso (CINV) & Centerv for Bioinformatics and Integrative Biology (CBIB, UNAB)
- Post-Doctorado: Departamento de Física, Universidad de Chile
- Doctor en Fisicoquímica Molecular

Introducción

El Flujo térmico a través de un muro sigue la Ley de Fourier. Esta ley se escribe como:

(Ecuación 1)

$$Q = \frac{-\lambda A (T_2 - T_1)}{e}$$

Donde, A representa el área superficie metros cuadrados (m²) del muro en cuestión, T1 y T2 representan la temperatura interior y exterior en grado Kelvin (K) o Celcius (°C), e es el espesor del material en m y λ es la conductividad térmica en Watt/metros Kelvin [W/mK]. La unidad de Watt es Joules/segundo, por lo que Q describe el flujo de energía por segundo o Watt's a través de un muro. Respecto a la temperatura, para efectos prácticos, será lo mismo presentarlas en unidades de K o °C.

De este modo es posible determinar la eficiencia en aislación de un muro compuesto calculando el flujo Q a través de este. Como se ha presentado en informe previo, la variable que confiere las propiedades de termo-aislantes en un material es la conductividad térmica λ. Conociendo este valor, y el espesor e podremos calcular la resistencia térmica Rt, del muro. Rt resistencia térmica se calcula como:

$$R_t = \frac{e}{\lambda}$$

y tiene unidades de m²K/W. Por otro lado, con el dato del A (área) del muro es posible determinar otra medida de resistencia conocida la Resistencia Térmica Absoluta (Rt)

$$R_T = \frac{e}{\lambda A}$$



cuyas unidades son [K/m]. Debido a que la Resistencia Térmica Absoluta, R_T , contiene los datos de espesor e y conductividad térmica λ , la ecuación 1 se simplifica a:

(Ecuación 2)

$$Q = \frac{-(T_2 - T_1)}{R_T}$$

En el caso de un muro compuesto por 3 capas, por ejemplo, el flujo total Q de este muro queda definido por una ligera modificación a la Ecuación 2:

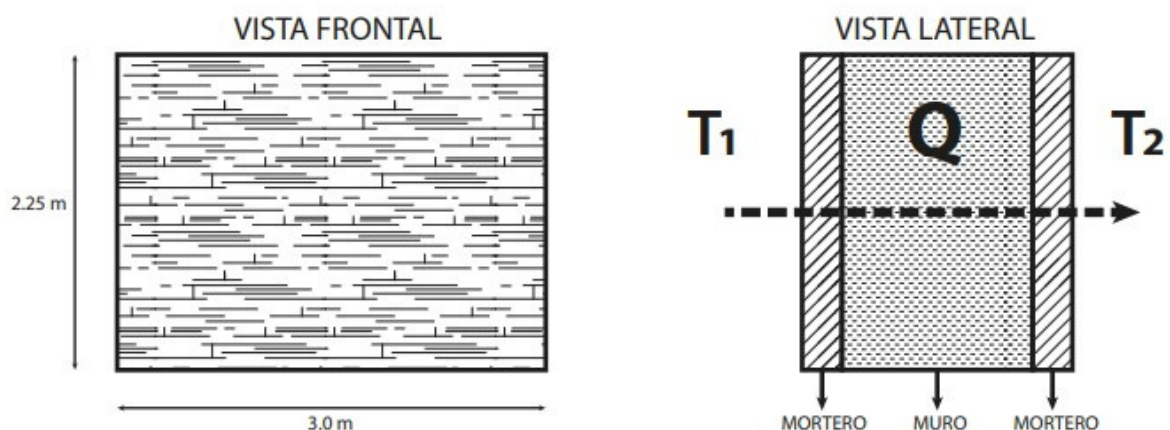
(Ecuación 3)

$$Q = \frac{-(T_2 - T_1)}{R_T^1 + R_T^2 + R_T^3}$$

Donde R_T^1, R_T^2 y R_T^3 son las Resistencias Térmicas Absolutas de las capas 1, 2 y 3, las que quedan a su vez definidas por el espesor e y λ de cada capa y a su vez por el área total del muro. Para el cálculo, estas 3 resistencias se suman para dar la Resistencia Térmica Absoluta Total.

Ejemplos

Para ejemplificar el cálculo de flujo térmico Q se presenta en la figura 1 un diagrama de muro de dimensión de 2.23 m x 3.00 m = 6.75 m².



(Figura 1) Vista frontal y lateral de muro compuesto.




Asumiendo una temperatura interior de $T_1 = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ (297 K) y una temperatura exterior $T_2 = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (261 K) y con los datos de espesor y λ de cada capa, el flujo térmico se calcula como sigue:

Capa 1 : Revestimiento exterior, mortero cemento: $\lambda = 1.4\text{ W/mK}$; $e = 10\text{ mm}$.

Capa 2 : Muro de Hormigón Armado: $\lambda = 1.63\text{ W/mK}$; $e = 20\text{ cm}$.

Capa 3 : Revestimiento exterior, mortero cemento: $\lambda = 1.4\text{ W/mK}$; $e = 10\text{ mm}$.

Capa	Conductividad Térmica $\lambda(\text{W/mK})$	Espesor $e(\text{m})$	Resistencia Térmica $e/\lambda\text{ (m}^2\text{K/W)}$	Área $A(\text{m}^2)$	Resistencia Térmica Absoluta $e/\lambda \cdot A(\text{K/W})$
 TERMIPROTEC® Pintura Thermo Aislante	0.085	0.0022	0.026	6.75	0.003834
Mortero Interior	1.400	0.01	0.007	6.75	0.001058
Muro H.Armado	1.630	0.2	0.123	6.75	0.18178
Muro Exterior	1.400	0.01	0.007	6.75	0.001058
$T_1(\text{ }^{\circ}\text{C o K})$	24.0		Resistencia Térmica Absoluta Total (RT)		0.020294
$T_2(\text{ }^{\circ}\text{C o K})$	12.0			$\Delta T\text{ (}^{\circ}\text{C o K)}$	12
			Flujo Térmico $Q\text{ (W)}$		-591.3

La última columna de la tabla contiene los valores de Resistencia Térmica Absoluta para capa, los que se suman y dan la Resistencia Térmica Absoluta Total, R . Conociendo el valor de diferencia de temperatura T y reemplazando estos valores en la ecuación 3, se puede calcular el flujo térmico total Q de muro compuesto. El valor obtenido para este caso es de -591.3 W . Esto significa que en una habitación temperada a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una temperatura de $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ al exterior se disipa 591.13 W o, 591.13 Joules de energía atraviesan la pared por segundo a través del muro. A continuación, se muestra un diagrama del muro compuesto con la adición de una capa de pintura Thermo-Aislante Termiprotec al interior denotada por una franja de color rojo (Figura 2).

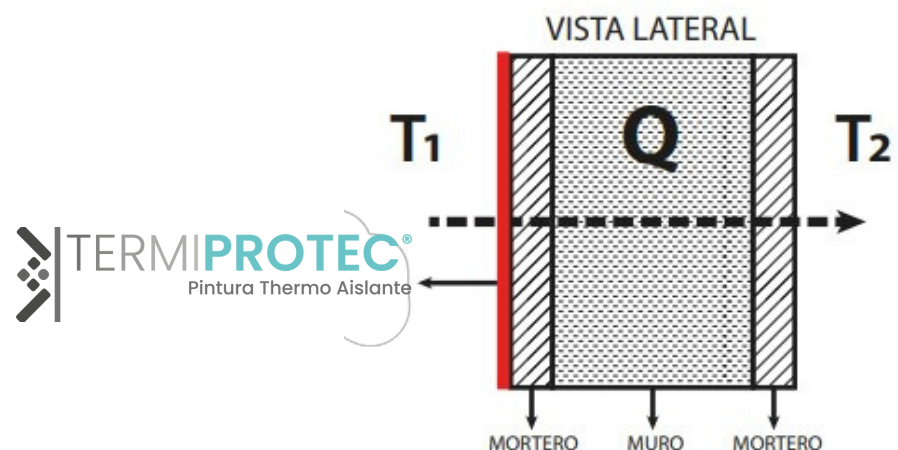


Figura 2. Muro compuesto con aplicación de Termiprotec




Utilizando la Ecuación 3 con los parámetros conocidos de cada capa y T se obtiene:

Capa 1 : Termiprotec: $\lambda = 0.085 \text{ W/mK}$; $e = 0,0022 \text{ m}$ (2.2 mm)

Capa 2 : Revestimiento interior, mortero cemento: $\lambda = 1.4 \text{ W/mK}$; $e = 10 \text{ mm}$

Capa 3 : Muro de Hormigón Armado (H.A.) : $\lambda = 1.63 \text{ W/mK}$; $e = 20 \text{ cm}$

Capa 4 : Revestimiento exterior, mortero cemento : $\lambda = 1.4 \text{ W/mK}$; $e = 10 \text{ mm}$

Capa	Conductividad Térmica $\lambda(\text{W/mK})$	Espesor $e(\text{m})$	Resistencia Térmica $e/\lambda \text{ (m}^2\text{K/W)}$	Área $A(\text{m}^2)$	Resistencia Térmica Absoluta $e/\lambda \cdot A(\text{K/W})$
 TERMIPROTEC [®] Pintura Termo Aislante	0.085	0.0022	0.026	6.75	0.003834
Mortero Interior	1.400	0.01	0.007	6.75	0.001058
Muro H.Armado	1.630	0.2	0.123	6.75	0.18178
Muro Exterior	1.400	0.01	0.007	6.75	0.001058
T1(°C o K)	24.0		Resistencia Térmica Absoluta Total (RT)		0.020294
T2(°C o K)	12.0			ΔT (°C o K)	12
				Flujo Térmico Q (W)	-497.3

Donde el Flujo Térmico, Q , es -497.3 W. Esto significa que para una habitación temperada en las mismas condiciones del muro de la Figura 1, 497.3 Joules de energía atraviesan la pared por segundo. Esto equivale a un ahorro de $(-497.3 - (-591.3)) = 94 \text{ W}$ por la aplicación de Termiprotec en este caso específico. Una medida que representa con mayor simpleza el beneficio de la pintura termo-aislante es el porcentaje de ahorro energético, el que se calcula a continuación:

$$\frac{497.3}{591.3} \times 100 = 84\%$$

Esto significa el muro compuesto con aplicación de pintura disipará solo un 84 % de la energía respecto a un muro que no posee la aplicación. Restando este valor a 100% se obtiene la medida de porcentaje ahorro energético, el que en este caso es: $100\% - 84\% = 16\%$. Así, se puede afirmar que la aplicación de una capa de 2.2 mm de Termiprotec ahorrará un 16% en calefacción en invierno. En el caso de temperaturas de verano, por ejemplo, con temperatura exterior de $40 \text{ }^\circ\text{C}$ versus una temperatura interior de $21 \text{ }^\circ\text{C}$, para los mismos ejemplos anteriores se obtiene los siguientes resultados:



Para el muro sin aplicación de pintura

Capa	Conductividad Térmica λ (W/mK)	Espesor e(m)	Resistencia Térmica e/λ (m ² K/W)	Área A(m ²)	Resistencia Térmica Absoluta $e/\lambda \cdot A$ (K/W)
Mortero Interior	1.400	0.01	0.007	6.75	0.001058
Muro H.Armado	1.630	0.2	0.123	6.75	0.18178
Muro Exterior	1.400	0.01	0.007	6.75	0.001058
T1(°C o K)	21.0		Resistencia Térmica Absoluta Total (R _t)		0.020294
T2(°C o K)	40.0		ΔT (°C o K)		-19
			Flujo Térmico Q (W)		936.2

Se obtiene un flujo de 936.2 W

Mientras tanto que para el muro con aplicación de pintura

Capa	Conductividad Térmica λ (W/mK)	Espesor e(m)	Resistencia Térmica e/λ (m ² K/W)	Área A(m ²)	Resistencia Térmica Absoluta $e/\lambda \cdot A$ (K/W)
TERMIPROTEC	0.085	0.0022	0.026	6.75	0.003834
Mortero Interior	1.400	0.01	0.007	6.75	0.001058
Muro H.Armado	1.630	0.2	0.123	6.75	0.18178
Muro Exterior	1.400	0.01	0.007	6.75	0.001058
T1(°C o K)	24.0		Resistencia Térmica Absoluta Total (R _t)		0.020294
T2(°C o K)	40.0		ΔT (°C o K)		-19
			Flujo Térmico Q (W)		787.5

Se obtiene un flujo de 787.5 W.

Lo que deja una eficiencia de aislación con valores de :

$$\frac{787.5}{936.2} \times 100 = 84\%$$

Con un ahorro energético de : 100 % -84 % = 16 %. Así, se puede afirmar que la aplicación de una capa de 2.2 mm de Termiprotec genera un ahorro un 16% en aire acondicionado en clima de verano. Los ejemplos anteriores demuestran que el ahorro energético generado por una capa de 2.2 mm de pintura termo-aislante es una constante de 16% que esta es independiente de las temperaturas interior y exterior. Consecuentemente, mayor porcentaje ahorro se obtendrá si la capa de pintura es de mayor espesor. Es importante mencionar que el cambio en otros parámetros del muro compuesto, como espesor de los morteros o del mismo muro podrían alterar el porcentaje de ahorro térmico. Esta variación podría ser de + 2%.



Conclusiones

- La pintura Termiprotec puede aumentar el ahorro de energía en término de calefacción o aire acondicionado en un 16%.
- La condición de aislamiento térmica es simétrica, esto es opera con un porcentaje de ahorro de energía independiente de las condiciones estacionales, sea invierno o verano.
- Las condiciones de ahorro dependen de las características de cada muro compuesto en particular, por lo que el porcentaje de ahorro energético pueden variar con la composición de cada muro en +2%.

