

# MURO TROMBE



**QUE ES / COMO FUNCIONA / TRAYECTORIA DEL SOL / QUE PASA EN VERANO /  
ESQUEMAS / CONSTRUCCION / ACCIONAMIENTO SEGÚN LA NECESIDAD /**

## ¿QUÉ ES UN MURO TROMBE?

El muro trombe es un **sistema de calefacción pasivo**, que utiliza la radiación del sol, captándola y transfiriéndola al interior de la habitación.

Se basa en una superficie vertical destinada a acumular calor, que luego será transmitido a la parte interna de la habitación. Esta superficie se pinta de negro del lado exterior y se cubre con un vidrio, para así atraer todo el espectro de la luz y generar más calor. Generalmente, el muro se construye de obra (ladrillo, piedra, hormigón), y con un espesor de 30/40 cm. A este se le añaden orificios en la parte superior e inferior, para hacer más ligero el paso de aire caliente. El calor pasa a través del muro hacia la parte interna de la construcción por **convección** (caños) y **conducción** (muro) de energía.

Las características de los muros trombe pueden variar ampliamente, dependiendo del contexto, la función y lo que se requiera para cada caso.

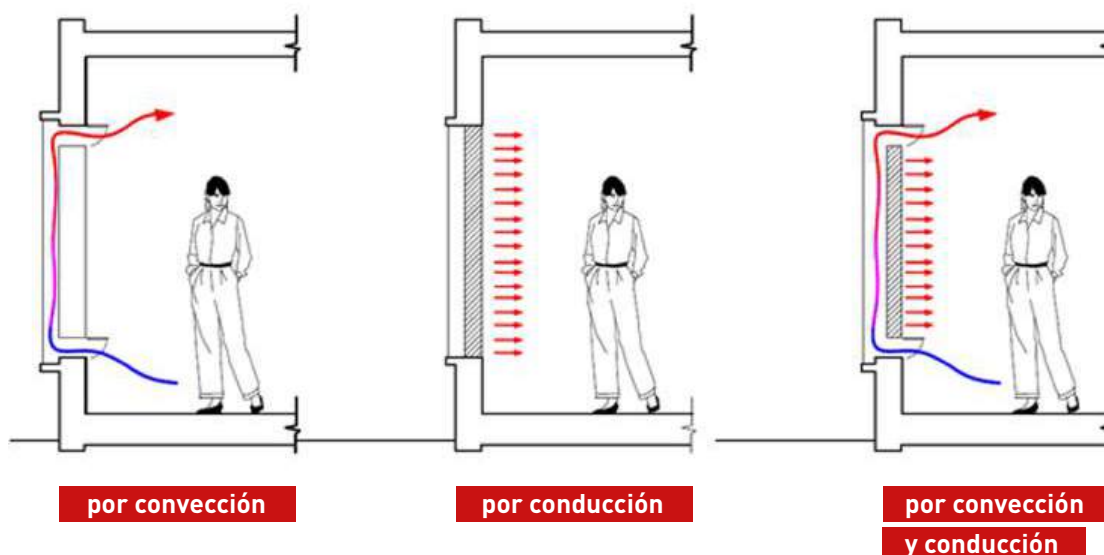
### EL MURO TROMBE GENERALMENTE SE UTILIZA COMO COMPLEMENTO DE OTRO SISTEMA DE CALEFACCIÓN

## ¿CÓMO FUNCIONA?

El muro trombe se caracteriza por tener un funcionamiento muy sencillo. En la pared que mencionamos anteriormente, la radiación solar es atraída por una superficie oscura, y luego **absorbida y acumulada en forma de calor** por el muro, que es un elemento de gran capacidad térmica.

El vidrio y la superficie acumuladora se hallan a una distancia de 10 a 20 cm para generar una cámara de aire. Dicho muro tiene perforaciones superiores e inferiores, que pueden ser caños de pvc, y que lo comunican con el espacio a climatizar, dando lugar a la circulación de aire.

Gracias a esto, se aumenta (y se controla) la cesión de calor por termocirculación en el circuito de aire resultante. Es un sistema pasivo de recolección de energía solar de forma indirecta y utiliza transferencia de calor ya sea por conducción y/o convección de calor, siempre absorbiendo la radiación del sol.



Una vez caliente el muro, irá calentando el aire presente en la cámara de aire, generado por el espacio que se dejó entre el vidrio y el muro de gran masa térmica, por convección natural.

El aire caliente, más liviano, se elevará y comenzará a entrar en la vivienda por los orificios superiores. Es físicamente necesario, en base a la teoría de la conservación de la masa, que si entra aire, debe salir aire. Es así, que por los orificios inferiores, saldrá el aire más frío que hay en la habitación hacia la cámara de aire, dando lugar a la termocirculación. Es recomendable que el vidrio tenga un componente aislante adicional para no perder por la noche, el calor ganado en el día, por ejemplo un doble vidriado hermético. Para esto será recomendable, dejar algún orificio para desagotar agua de condensado en caso de que se genere.

## MANOS A LA OBRA

### A TENER EN CUENTA

Para un correcto dimensionado del muro, es necesario tener en cuenta aspectos internos y externos:

#### CLIMA

El clima es un aspecto externo que debe observarse, para así llegar al mejor resultado. La amplitud térmica, y los máximos y mínimos de radiación solar son los que van a dar el resultado de eficiencia del muro. Si la amplitud térmica es muy grande, va a ser necesario extender la superficie del muro, ya que parte del calor ganado de día se va a perder en la noche. De todas maneras, el muro solo absorbe calor, pero al dejar de recibirlo, se inicia la pérdida.

#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Sabemos que si hablamos del hemisferio norte, el muro debe estar orientado al sur, y si hablamos de hemisferio sur, el muro debe estar orientado al norte. Para hacer un análisis más preciso y lograr un mejor resultado, es necesario que estudiemos la trayectoria del sol en invierno y en verano, ya que cambia según la latitud, es decir, según la cercanía o lejanía del Meridiano de Greenwich.

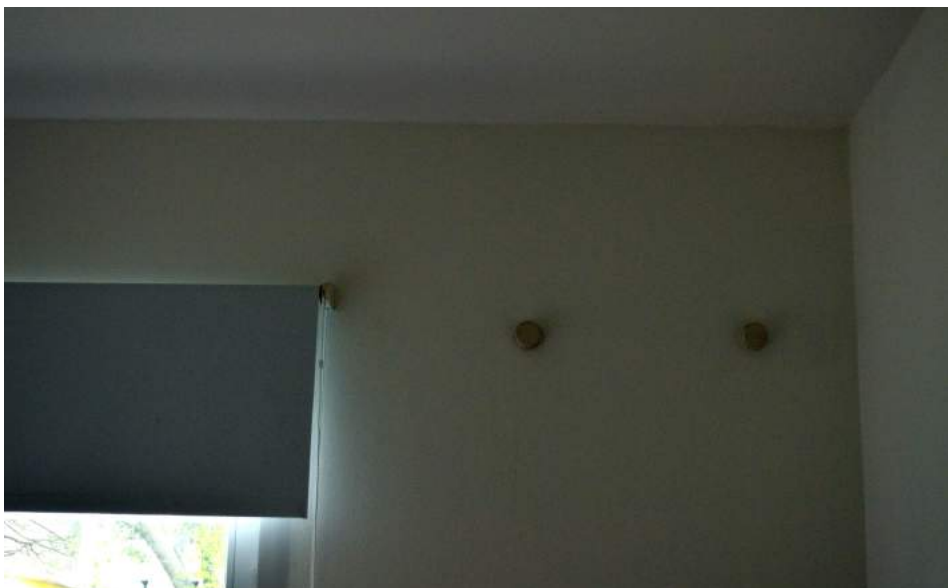
#### FACTORES INTERNOS

La eficiencia del muro, como dijimos antes, también va a depender del muro (espesor y materialidad), la superficie de vidrio, la cantidad y tamaño de los orificios, y de la relación total de dichos elementos.

### CONSTRUCCIÓN

Su construcción es muy sencilla, incluso para aplicarlo a una vivienda/construcción ya existente. Siempre debemos recordar que no es un sistema de calefacción principal, salvo en lugares donde la radiación es continua en todas las horas de sol, debido a una baja nubosidad en invierno (como por ejemplo en Córdoba) sumado a otros factores (como la aislación térmica) que permiten que lo sea.

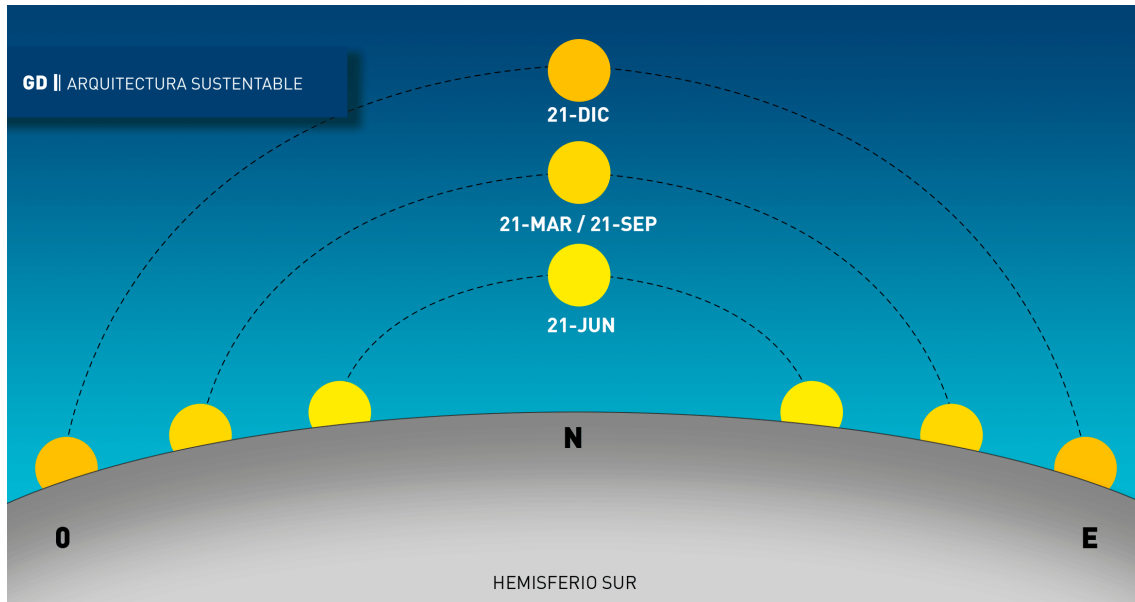
- 1** La orientación indicada en el hemisferio sur, es el norte, ya que es la que recibe mayor radiación. Así que por empezar debemos encontrar una pared que mire al norte, y que corresponda a una habitación que se desee calefaccionar.
- 2** Construir un marco que quede bien amurado en la pared (del lado de afuera), para luego colocar el vidrio.
- 3** Procurar hacer orificios sin estropear en exceso la pared existente, en caso que los haya. Por ejemplo, se puede utilizar una mecha copa. Debemos encontrar una manera eficiente y sencilla de poder accionar (tapar o destapar) esos agujeros. La solución más práctica puede ser un caño de pvc de 63mm, o puertas de madera construidas a medida. Se recomienda que estas aberturas sean entre un 2% y un 6% de la superficie del muro.
- 4** Pintar la pared exterior de color negro y con un producto preparado para soportar las inclemencias del tiempo en la intemperie.
- 5** Dejar dos orificios pequeños en la parte inferior del marco para que pueda escurrirse el agua de condensado, en caso de que haya.
- 6** Colocar un vidrio con un contramarco fácil de extraer para la limpieza.
- 7** Si la orientación es la mencionada anteriormente, en verano los rayos solares serán perpendiculares a la pared, por lo que no generará calor. De todas maneras, en la página siguiente se especifican algunas estrategias para protegerlo mejor.



*Al acercarse al orificio en épocas invernales, se siente el aire caliente entrando a la vivienda. Si apoyamos la mano sobre el muro, se siente caliente, y tan solo estando cerca podemos notar como trabaja el muro. Y que lindo es el calorcito que genera!*

## ¿QUÉ PASA EN VERANO?

El muro trombe se utiliza para calefaccionar en invierno. En verano se anula el sistema simplemente cerrando las tapas interiores. Si la orientación es correcta, el muro no debería funcionar en base a las leyes de la física que se expresan en el siguiente gráfico:



El 21 de junio, día del comienzo del invierno, el sol está totalmente perpendicular al muro, por lo tanto, los rayos inciden directamente en el vidrio, lo cual hace que lo penetren hasta llegar al muro. En cambio, en verano, la trayectoria del sol es más amplia, y ya no se encuentra perpendicular al muro, sino en diagonal. Esto genera que los rayos reboten en el vidrio, y salgan para afuera, por lo tanto el muro no va a trabajar.

### POSTIGONES

Esta estrategia tiene múltiples beneficios, como poder controlar el funcionamiento del sistema durante las distintas etapas de invierno. Generalmente, la necesidad de calefacción tiende a estar relacionada con la disminución de horas de sol durante el día y con la disminución del poder de la radiación solar a medida que se acerca el invierno. Pero existe la posibilidad de que, por ejemplo en algún día de abril se necesite calefaccionar y en algún día de junio no. Por eso, los postigones son positivos porque permiten el accionamiento manual del muro trombe y así se ajusta mejor a los requerimientos del usuario. Estos sistemas son convenientes para construcciones en las que el usuario tiene un mantenimiento cercano al sistema, como por ejemplo para la vivienda propia.

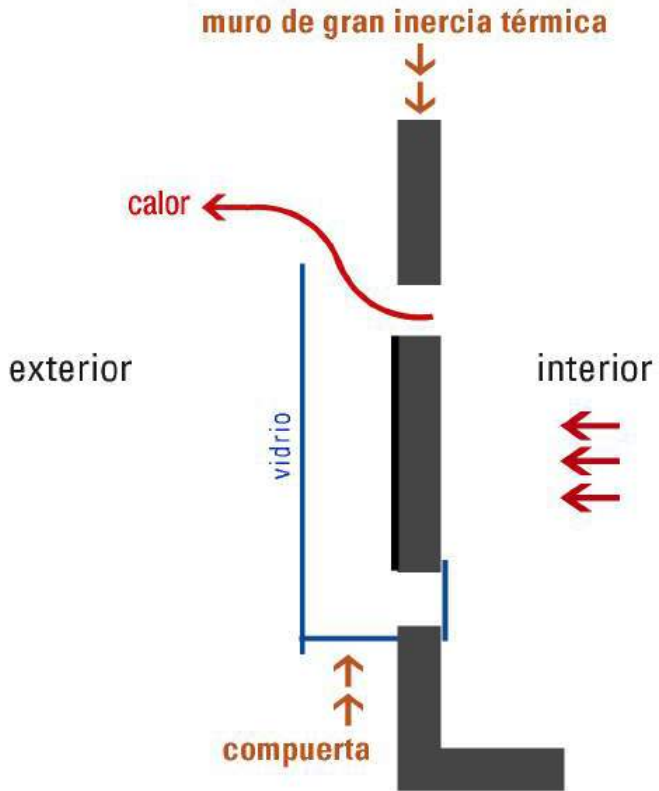
### ALERO


Como generalmente existe la necesidad de calefaccionar en relación a la disminución de la radiación solar, un alero es el sistema más sencillo para graduar el funcionamiento del muro trombe en las distintas épocas del año. Tiene la ventaja de su bajo mantenimiento, y tiene el perjuicio de no poder regular el sistema manualmente y así perder

precisión en las variaciones de temperaturas propias de cada día del año. La distancia del alero habrá que calcularla en relación a la geometría solar de cada latitud. Estos sistemas son altamente convenientes para edificios públicos debido a su bajo mantenimiento.

**NADA**

Como explicamos anteriormente, los rayos solares inciden de manera más horizontal en invierno sobre el muro, mientras éste está orientado hacia el norte (en el hemisferio sur). Considerando el paso de la radiación solar en relación al grado de perpendicularidad de la incidencia con respecto a la superficie del vidrio, el muro trombe va a funcionar con mayor fuerza en los meses de invierno. Por eso, si el muro trombe no tiene protección, en verano estos sistemas no van a funcionar porque la trayectoria solar tiende a ser muy vertical con respecto al muro, cuando tiene orientación norte.



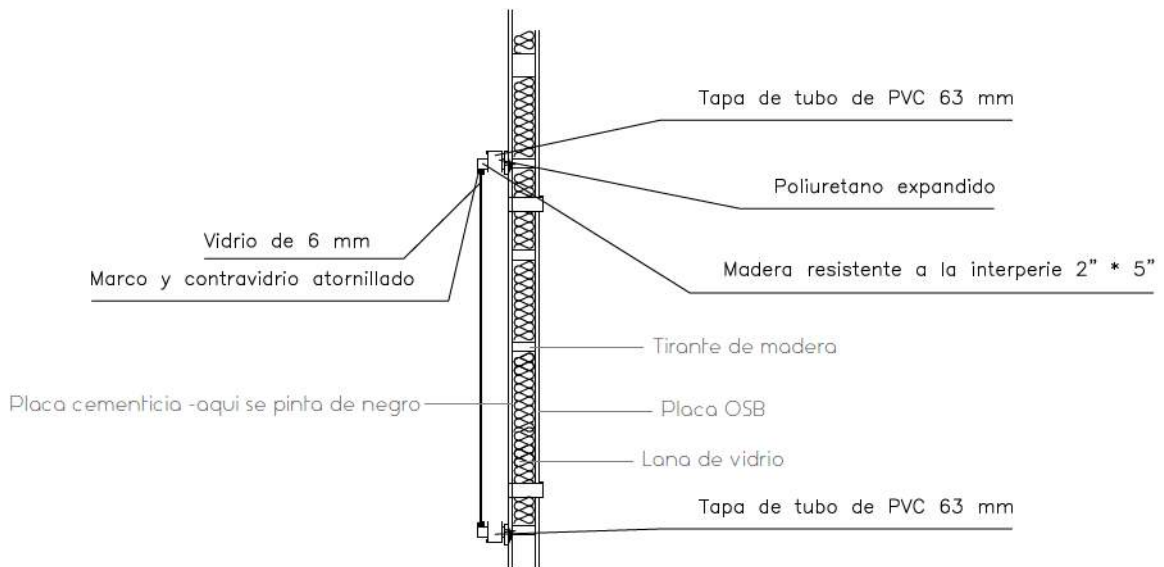
 **en verano**

En algunos casos, teniendo un diseño bien pensado, el muro trombe puede cumplir una función de refrigeración en días de calor.

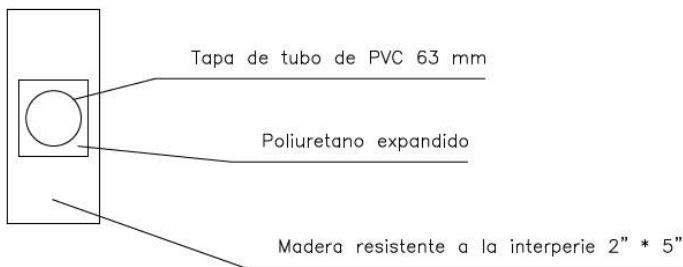
*Los orificios superiores de caño de pvc que se encuentran del lado interno del muro, deberán abrirse, mientras que los inferiores permanecerán cerrados. De esta manera, se logra que el aire más caliente que permanece en la construcción salga por el orificio superior (teniendo en cuenta que el aire más caliente, al ser más liviano, se encuentra siempre más arriba).*

Este es un muro que realizamos hace un tiempo, que contempla la posibilidad de usarlo también en verano, generando una ventilación selectiva, y dejando que el calor escape por los orificios superiores del muro.

En este caso el muro trombe trabaja **solo por convección** sobre un sistema de balloon frame. En caso de que se quiera hacer sobre una pared convencional, debemos tener en cuenta que la superficie debe ser de gran masa térmica, como puede ser ladrillo macizo. Este ladrillo tendrá un revoque de cemento, el cual será pintado de negro para atraer mayor radiación.



UNIÓN DE CAÑO DE 63 CON MADERA, LA JUNTA SE RESUELVE CON POLIURETANO EXPANDIDO



Para que el muro sea funcional también en verano, debemos dejar la posibilidad de abrir o cerrar compuertas entre el vidrio y el muro. Las compuertas se pueden generar también con caños de pvc. Esto hace que se genere algún tipo de ventilación con el exterior cuando lo deseemos, y cuando no, el sistema funcionará como un sistema cerrado.



*La superficie del muro puede formar parte de una o mas habitaciones, según lo deseado. No es necesario que abarque solo una. En las fotos vemos el ejemplo, un mismo muro que abarca dos habitaciones.*



*Se observa el muro de ladrillo macizo, que luego sera el trombe. El resto de la construcción es de ladrillo HCCA y una parte de adobe. Coincidentemente, en la pared que corresponde al muro trombe, se ve una columna de hormigón (gris mas claro) que es la pared que divide las dos habitaciones.*

## PROCESO







*Muro en construcción. En la foto anterior se puede observar la superficie de muro de ladrillo macizo, con revoque convencional y los orificios hechos con caños de PVC. En este caso, el resto de la construcción es de HCCA y adobe, ya que se decidió tener gran aislación térmica. En la foto de la izquierda, vemos que todavía no tenía el vidrio, pero que la superficie ya estaba pintada de negro.*



*El muro ya finalizado. Se observa el vidrio, la pared pintada de negro, y los orificios de caño de pvc, que comunican la cámara de aire con el interior de la vivienda, de donde se podrá elegir cuales será conveniente cerrar y cuales dejar abiertos.*



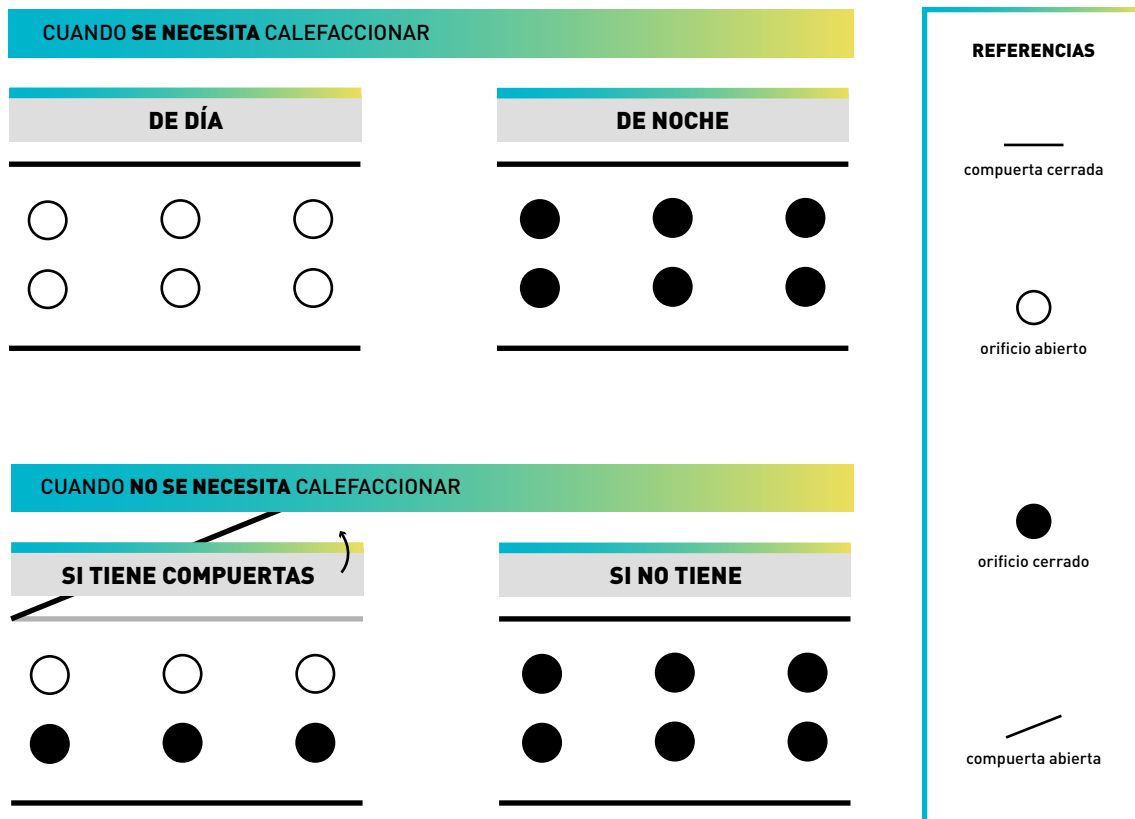


*En este caso, y en base al diseño integral de la vivienda, se decidió hacer el muro trombe en la parte inferior del frente. Esta casa se encuentra actualmente en construcción.*



*Esta imagen fue tomada el 16 de enero, pleno verano en el hemisferio sur. El as de luz que se observa en la parte superior deja en evidencia la inclinación de los rayos solares. El vidrio exterior refleja estos rayos, por lo tanto, el muro no va a trabajar en verano. Esto se cumple estando orientado al norte.*

## ACCIONAMIENTO DE LAS TAPAS Y COMPUERTAS



### ¿POR QUÉ NOS INTERESA SEGUIR APLICANDO ESTA ESTRATEGIA?

Consideramos que los muros trombe, dan la posibilidad de construirlos de una manera práctica, funcional e intentando siempre respetar la estética del conjunto.

Es un sistema económico, eficaz y de bajo mantenimiento.

En invierno la radiación solar da directo, sobre todo porque los rayos solares están bastante horizontales, y en verano, debido a la perpendicularidad de los rayos solares con respecto a la tierra, la radiación rebota en el vidrio sin que se generen los mismos efectos que en invierno. La geometría solar ayuda a la eficiencia del sistema aunque se pueden ir agregando dispositivos que lo hagan aún más eficiente. Otro de los beneficios de dicha estrategia, es que puede compartirse en dos habitaciones, y así poder calefaccionar dos ambientes a la vez.

Es una estrategia conveniente para climas templados, climas fríos y climas de amplitud térmica, fácil de implementar, de poco mantenimiento y que su funcionamiento depende de las leyes de la física. A pesar de esto, el muro debe estar manejado de manera consiente, para tener claro en que momento hay que abrir las tapas, cuales quedaran abiertas y cuales cerradas, y lo mismo con las compuertas en caso de que las haya, para lograr un resultado realmente exitoso.

Sigamos pensando en sustentabilidad!

## COMENTARIO DE UN CLIENTE SOBRE EL MURO TROMBE

---

“El muro trombe funciona muy bien. Se nota mucho como mejora la temperatura de las habitaciones en invierno. En una oportunidad entramos a la casa, estaba deshabitada hacía tiempo y la diferencia de temperatura sobre los dormitorios con respecto al resto de la casa era muy evidente.

En invierno está muy bien, es necesario a veces prender una estufa eléctrica, pero es un ratito y ya se calienta bien el lugar. No hay fisuras en las paredes y es fácil de usar. ”

Leo De Marco

### LO BUENO DEL MURO

---

- + Es un sistema de bajo costo y de fácil construcción.
- + Permite aprovechar y maximizar la energía solar para calefaccionar y acondicionar espacios interiores.
- + Es fácil de manipular y controlar su funcionamiento y se adapta a las necesidades de cada caso.
- + Puede servir como calefacción complementaria sin generar pérdidas de temperaturas durante la noche.

### LO DESAFIANTE

---

- + Si se hace casero, es necesario tener un control riguroso de los encuentros entre los distintos materiales.
- + Es desafiante la estética para ciertos criterios, aunque la tendencia de la sustentabilidad es que la estética sea una consecuencia de la eficiencia. Igualmente, no deja de ser un elemento nuevo dentro del diseño arquitectónico y requiere adaptarlo a nuevos pensamientos de armonía proyectual.

### CONCLUSIONES

---

Es una opción que otorga beneficios a la construcción con recursos simples y aprovechando las leyes de la física. La sustentabilidad intenta como premisa general lograr el mayor impacto positivo posible con la menor cantidad de recursos, y el muro trombe es un sistema que representa en gran medida esta premisa. Su expansión y aplicación en las construcciones, está condicionada por la difusión de la técnica y las posibilidades de construirlo. Una estrategia simple, que promueve eficiencia y es coherente con el movimiento del sol estacional y los principios del cuidado del medio ambiente.



acerca del autor

## GUILLERMO ENRIQUE DURÁN

---

Arquitecto egresado de la Universidad de Buenos Aires (UBA) en el año 2005.

Actualmente lidera la empresa **Habitar Sustentable S.R.L** de la cual es fundador y la que se encuentra a cargo de:

+ **GD Arquitectura Sustentable** ([www.guillermoduran.com.ar](http://www.guillermoduran.com.ar))

+ **Agua Sustentable** ([www.aguasustentable.com.ar](http://www.aguasustentable.com.ar))

+ **Energía Eficiente** ([www.ee-energiaeficiente.com.ar](http://www.ee-energiaeficiente.com.ar))

Es expresidente de los socios jóvenes de ACDE (Asociación Cristiana de Dirigentes de Empresas /[www.acde.org.ar](http://www.acde.org.ar)).

Es responsable del departamento de Arquitectura Sustentable de la Fundación Energizar ([www.energizar.org.ar](http://www.energizar.org.ar)). Ejerce la docencia en la UBA en materias relacionadas

con la sustentabilidad y el medioambiente, incluso en el Posgrado de Arquitectura Sustentable. Trabajó también en el Centro de Investigación Habitat y Energía.

Cuenta con experiencia en trabajos y proyectos de carácter social y participó de concursos y proyectos para distintos países.

Es consultor de DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) y certificador LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Trabajó bajo estas normas y Normas IRAM, entre otras. Escribió un libro sobre la utilización del agua de lluvia, y un manual titulado "La casa sustentable", sumado a diversos manuales sobre sustentabilidad y construcción, con código Open Source, que se pueden encontrar en [www.guillermoduran.com.ar/manuales](http://www.guillermoduran.com.ar/manuales). Ha sido reconocido como especialista en utilización de agua de lluvia en medios

como Clarín, Revista Entreplanos, Empresa Etica, Revista Instalar, Revista CPAU (Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo de Buenos Aires) entre otros.

También se lo clasificó según el diario La Nación, como "joven comprometido con las realidades sociales y una gran promesa de la dirigencia empresarial".