

**Título** Sistema de cerramiento de control solar para sistemas constructivos industrializados steel frame

---

**Tipo de Producto** Informe Técnico

---

**Autores** Ambrosio, Federico; Cereghetti, Jorge & Girod, Gastón

---

## Código del Proyecto y Título del Proyecto

---

C16S08 - Sistema de cerramiento de control solar para sistemas constructivos industrializados steel frame

---

## Responsable del Proyecto

---

Cereghetti, Jorge

---

## Línea

---

Hábitat

---

## Área Temática

---

Diseño

---

## Fecha

---

Agosto 2016

---

**INSOD**

Instituto de Ciencias Sociales y Disciplinas  
Proyectuales

**UADE** 

Sistema de cerramiento de control solar para sistemas constructivos industrializados steel frame

**Introducción**

Se ha realizado una aproximación a la problemática energética de la Argentina, las características de los distintos sistemas analizados por el Arqto Evans. Plantea el enfoque del diseño del hábitat desde la organización de las condiciones de habitabilidad con el menor consumo de todos los recursos ya sean energéticos o económicos. Este último punto se relaciona con el mantenimiento y consumo de energía que utiliza la producción de los materiales que se utilizan.

El concepto de cogeneración de energía que propone Velazco, nos resulta interesante de incorporar pero no directamente con la producción de energía, sino del ahorro, asistiendo a sistemas constructivos industrializados. Esto que podríamos denominar “Codiseño Bioclimático”, permitirá, mejorar, con elementos estándar adaptados a los sistemas industrializados, los rendimientos de los vanos. y una mejora del uso de los recursos naturales. Analizaremos las características de estos sistemas, los problemas de su integración a la arquitectura, sus implicaciones y los obstáculos inherentes al desarrollo de una arquitectura solar. La comprensión de las características e influencias de los sistemas en la arquitectura, nos permitirá lograr un uso y desarrollo eficaz e integral de los mismos.

En definitiva nuestra propuesta es incorporar a sistemas constructivos existentes recursos de la arquitectura bioclimática como los sistemas pasivos entre otros.

El cerramiento, más específicamente, el vano, es un elemento componente de la arquitectura y el diseño. Los sistemas constructivos tradicionales y los industrializados cuentan con soluciones normalizadas. Sus funciones básicas son: ventilar, y permitir visuales al interior como así también, proteger, como permitir el ingreso de la radiación solar. Puede ser puertas o ventanas, que permitan el pasaje del usuario de interior a exterior y viceversa. Consideramos que la arquitectura bioclimática incorpora gran cantidad de soluciones relacionadas con, el aprovechamiento de la radiación, como el muro trombe y muro acumulador, o bien sistemas flexibles para la captación o protección solar dentro del mismo vano. Estos elementos podrían incorporar soluciones relacionados con estrategias de diseño bioclimático, factibles de ser normalizadas para sistemas constructivos industrializados.

### **Hipótesis de trabajo.**

Estos cerramientos aportarían soluciones, ya existentes, y nuestra primera hipótesis es; ¿si pueden ser incorporadas a sistemas industrializados?, permitiendo su industrialización y mejora en términos de costos y técnicos. Esto podría otorgarle al sistema y como consecuencia al usuario un beneficio que lograra la optimización, en la captación de calor ventilación, y protección solar, mejorando el rendimiento energético de la construcción.

En segundo lugar si estos sistemas solares que realizan una conversión térmica de la radiación solar que recibe en una superficie que la capta, verifican según la normativa existente. En el caso de no verificar con los materiales planteados desarrollar pruebas para su verificación en relación a espesores y materiales diferentes a los planteados.

Este proyecto se realizaría con la colaboración de la cámara de madereros (CADAMDA) quien podría aportar el material y soporte técnico, y la empresa Steel frame, para consultas y materiales de su sistema constructivo. Pudiendo dar con este trabajo un aporte nuevo en términos técnicos y de uso al sistema.

### **Sobre el hábitat y la energía**

El arqto Julián Evans, en su libro “Sustentabilidad en Arquitectura”, estudia la problemática del hábitat y la energía en nuestro país. Hace referencia al desarrollo de una “conciencia energética que permita formular políticas y estrategias, como así también cuantificar la energía que se utiliza en la construcción y mantenimiento del hábitat”. Analizar y evaluar la calidad del hábitat construido, y los recursos utilizados para su construcción y para su acondicionamiento climático. Evans, hace referencia a que la mayoría del consumo de energía en nuestro país en el ámbito de la vivienda se relaciona directamente con la calefacción, iluminación y acondicionamiento de los edificios. Otros rubros en la demanda incluyen el calentamiento de agua, maquinas eléctricas como bombas, ascensores, etc. Concluye el autor relacionando los niveles de consumo en los edificios con las características y calidad de su diseño. Es decir el proyectista desempeña un rol importante en el uso racional de los recursos energéticos, no solo en su construcción sino en toda su vida útil. Para ello el autor enumera algunos datos a tener en cuenta a la hora de diseñar a saber:

- Sustitución de fuentes no renovables por fuentes renovables como la energía solar.
- Ejecución con materiales con menor contenido energético. Entendiéndose como la energía necesaria para su fabricación y puesta en obra.

- Elaboración de formas, tipologías edilicias y elementos constructivos que requieran menos energía para su construcción y acondicionamiento.

Este punto de vista sobre la racionalización de los recursos energéticos no es el único ya que la calidad del hábitat depende también del costo de los insumos en relación con los recursos económicos como menciona Evans. El objetivo del uso racional de la energía “no reside únicamente en el ahorro, ni en la sustitución de recursos no renovables, sino principalmente en la organización de las condiciones de habitabilidad con el menor consumo de todos los recursos ya sean energéticos o económicos”. Concluye el autor “El objetivo de obtener mayor confort con el menor costo disminuirá el consumo de combustibles convencionales y también mejorara la calidad de vida de los habitantes”.

En el caso de Jaime Gonzales Velazco en su libro “Energías Renovables”, menciona la contribución que podrían realizar las Ciencias Sociales “a buscar soluciones a dilemas tales como la producción de energía por medio de sistemas centralizados a gran escala frente a sistemas locales y a pequeña escala. En el primer caso, la unidad de energía puede ser más barata de producir, pero su distribución a través de una red extensa puede resultar cara. En la segunda opción, la unidad energética resulta menos cara que en el caso anterior, y las pérdidas producidas en el mismo se hacen menores”. (Gonzales Velazco. Pag.5. Cap.1)

Hace referencia a la “Economía”, como ámbito que ayuda a dilucidar los costos de producción por unidad de energía, aportando datos que nos permitan tener la elección más conveniente en términos energéticos, para determinados países o núcleos de población.

“La planificación como medio para decidir en “que puntos deben construirse centrales eléctricas, líneas de transmisión, campos eólicos, presas mareomotrices, plantaciones biomasa, o plantas hidroeléctricas, de modo que su impacto medioambiental, social y legal sea lo menor posible. La planificación de las formas de transporte permitiría utilizar energía procedente de diversas fuentes de un modo más económico y menos perjudicial para el medio ambiente” (Velasco.pag.5.cap.1).

Velazco nos propone un enfoque abarcativo de distintos factores que intervienen en el ahorro energético. Plantea la construcción de edificios y viviendas, así como también edificios institucionales, comerciales o industriales con la lógica de la "Arquitectura Bioclimática". "Bajo la normativa de urbanización e incorporando a la construcción elementos pasivos y activos que faciliten la utilización de energía proveniente de fuentes renovables y tradicionales"(Velasco. Pag 5.cap.1). Este enfoque mixto basado en estudios sociales, económicos y con una exhaustiva planificación, nos resulta de interés como análisis amplio de la problemática de la racionalización en el uso de las fuentes energéticas.

Para clarificar este enfoque Velazco da el ejemplo en el subtítulo "Uso racional de la energía", del mismo capítulo en la pag.16, donde da como ejemplo dentro de una planificación creativa el concepto de "Cogeneración". Consiste en una generación combinada de electricidad y calor, lo explica como un enfoque para "adaptar el grado de la energía al tipo de uso que se quiera hacer de ella". Como explica el autor "Por ejemplo no tiene demasiado sentido utilizar electricidad en la generación de calor, aunque tal transformación se pueda llevar a cabo con una eficiencia elevada. La mayor parte de la electricidad en los países europeos procede de centrales térmicas, en las que se transforma calor producido por combustión de combustibles fósiles en energía eléctrica con una eficiencia que apenas llega al 40 %, y a costa de emitir grandes cantidades de gases generadores de efecto invernadero y de lluvia ácida. Es decir, alrededor del 60 % de la energía contenida en los combustibles que se queman en una central térmica se pierde". La postura de Velasco relacionada con la planificación y los recursos está explicado en este ejemplo, donde no tiene mucho sentido utilizar la electricidad para producir calor de baja temperatura, en vez de producir el mismo calor por combustión directa de los combustibles. Así como también es posible hacer un uso racional del calor de desecho de una central térmica para suministrar calefacción y agua caliente en viviendas que se encuentre en las proximidades de la central térmica. De manera de adecuar la aplicación de este calor de baja temperatura con un uso más racional. Este es lo que mencionamos como el principio de Cogeneración, al quemar combustible genera calor y con este calor desprendido se genera energía eléctrica. Este calor saliente de las turbinas puede ser utilizado como energía térmica de baja temperatura para suministrar calor y agua caliente a los clientes. "Una utilización de la energía en cascada, a través de varios usos, las plantas de cogeneración pueden alcanzar eficiencias globales de más del 80 %. Se consigue así ahorrar energía, adaptando del modo

más cercano posible el grado de la misma al tipo de uso que mejor la aproveche.” (Velasco cap.1 pag.16).

Esta lógica de racionalización de la energía sumado a los sistemas industrializados y a los conceptos de diseño bioclimático aportados por Evans, nos plantean un interrogante. Es posible adaptar alguno de estos recursos técnicos a sistemas industrializados de modo de lograr estandarizar y mejorar las posibilidades de sus usos en la construcción.

El concepto de cogeneración que busca optimizar los recursos existentes, nos parece un punto de vista posible de ser transferido a sistemas constructivos existentes, donde el diseño puede generar mejoras puntuales que se adapten a los mismos, generando mejoras en términos de funcionamiento energético o aprovechamiento energético.

Es decir la intervención del diseño en este caso de paneles que sean estándar, y se adapten a un sistema constructivo existente, nos permite sumar a un sistema existente un subsistema que puede generar mejoras en el funcionamiento del mismo, sin modificar su espíritu o concepto.

### **Sistemas solares pasivos**

La energía solar es una fuente de energía que bien aprovechada podría aportar a solucionar parcialmente los problemas de la crisis energética en nuestro país. Como menciona Evans, es un sistema autónomo e independiente sin redes de distribución y sin intervención de grandes empresas estatales.

Se entiende que fuentes naturales de energía son el carbón el petróleo, el potencial hidroenergético, el viento, el sol , el gas natural y hasta la radioactividad. El problema radica en la inversión que es necesaria para su explotación, en relación con el consumo o demanda.

Evans nos explica en este libro la problemática del uso de esta energía, como menciona “La energía solar también comparte estas características generales. Las inversiones necesarias para aprovecharla superan a veces las de otras energías alternativas. El diseño y dimensionamiento de un sistema solar depende del equilibrio entre las ganancias solares y las perdidas”. Y es aquí donde radica una de las claves de la eficiencia de estos sistemas y es, el



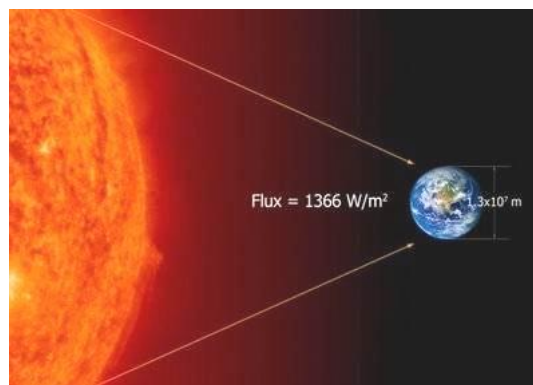
equilibrio entre estas dos situaciones, ganancia y pérdida, y su relación con la aplicación específica del sistema y su régimen de uso requerido.

Según datos proporcionados en su libro Evans, afirma que, “la cantidad de energía solar que llega a la superficie de la tierra en menos de dos semanas es equivalente a la de todas las reservas conocidas de combustibles fósiles. Se estima un total de  $1,5 \times 10^{11}$  megavatios por año, aproximadamente 25000 veces la energía generada por el hombre por medio de todas las formas convencionales, evitando los problemas de contaminación o los peligros de radiación que ellas provocan”.

La utilización de esta energía útil para el hombre, se basa en la captación de la radiación recibida por la tierra antes de que sea nuevamente irradiada al espacio. Las desventajas de esta energía solar son que se la debe recoger y concentrar, debido a que es una energía difusa, o sea la cantidad que llega a la tierra por unidad de tiempo y por unidad de área es muy pequeña. Es necesario almacenarla para poder disponer de esta energía de forma continua. Debido a que el sol está disponible solo de día y muchas veces oscurecido por las nubes.

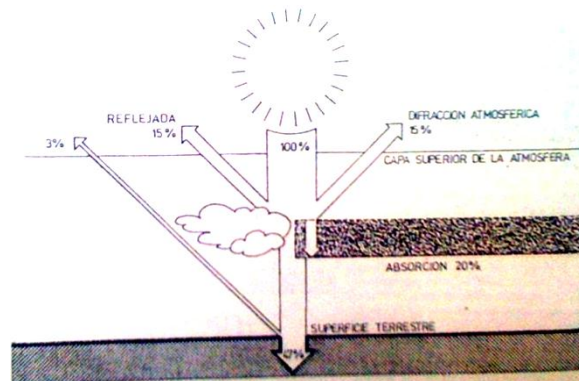
Por lo tanto volviendo al enfoque del autor, la clave está, en el aprovechamiento de este recurso tan variable por parte del proyectista, haciendo uso de los recursos de la Arquitectura Solar.

La radiación interceptada por nuestro planeta llega al límite superior de la atmosfera con una energía calóricas (constante solar ) de  $1353 \text{ watts/m}^2$  ( $1164 \text{ Kcal/m}^2.\text{hora}$ )



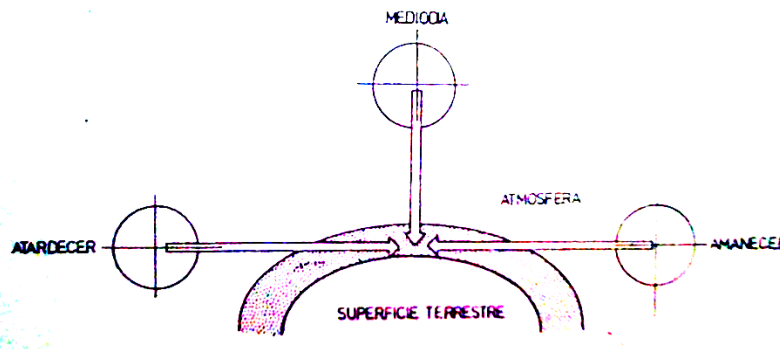
### Radiación solar

A la superficie de la tierra llega un valor menor parte de esta energía se refleja hacia el espacio por la nubosidad y parte es absorbida y difractada por las partículas suspendidas debidas a la contaminación. Reflejando aproximadamente el 30 % de la energía, 20 % es absorbido por el vapor de agua , anhídrido carbónico y ozono de la atmosfera, según datos que nos aporta el autor.



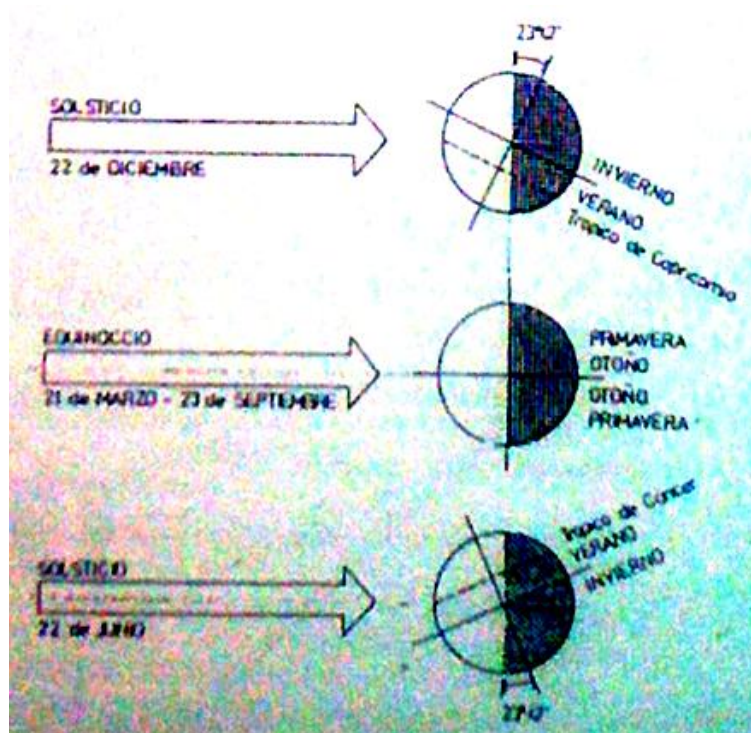
Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans

Otro aspecto relacionado con la eficacia del aprovechamiento de la radiación es lo relacionado con la composición atmosférica, es decir el espesor de la atmosfera que deben atravesar los rayos solares en las horas del mediodía, cuando la altura del sol es mayor. En este caso la radiación atraviesa el mínimo espesor hasta alcanzar la superficie terrestre. Esto cambia haciéndose un trayecto mayor al amanecer y al atardecer, disminuyendo su contenido energético a causa de la absorción y difracción creciente.





Otro factor de incidencia mencionado por Evans, es el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol. Este es ligeramente elíptico, genera las variaciones climáticas según los meses del año y el de rotación sobre su eje las variaciones horarias. El giro de la tierra sobre su eje que se extiende del Polo Norte al Sur, tiene una inclinación de  $23^{\circ} 47''$  respecto a la perpendicular al plano que forma la órbita terrestre alrededor del sol. Esta inclinación constante es la responsable de la variación estacional del clima



Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans

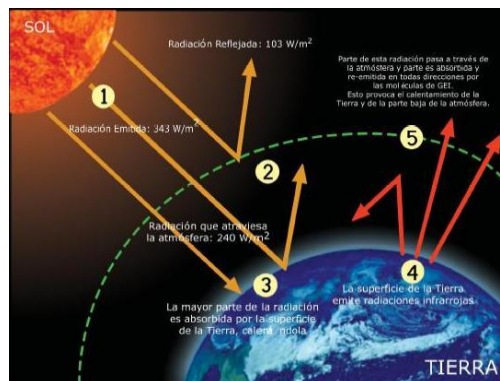
Como podemos observar en el grafico del libro de Evans, el hemisferio sur recibe más horas de asoleamiento y la incidencia de la radiación es mayor, en el solsticio del 22 de diciembre. En el equinoccio del 21 de marzo o 23 de septiembre el asoleamiento es constante para ambos hemisferios ya que el sol gira alrededor del ecuador. En el solsticio de junio el hemisferio sur recibe menos horas de asoleamiento y la radiación incide con un ángulo menor, mientras opuestamente el hemisferio Norte se encuentra en la estación estival.

Otro factor de incidencia es lo que el autor denomina, la intermitencia de la radiación solar. Esta es provocada por la sucesión de los días y las noches, dejando al hábitat durante doce horas sin radiación alguna.

Por ultimo menciona el ángulo de incidencia, de la superficie captadora, determinara la cantidad de energía que recibe. Si el ángulo de la superficie es perpendicular a los rayos solares la captación será mayor y menor si la superficie no es perpendicular ya que muchos de esos rayos rebotaran, y no serán captados.

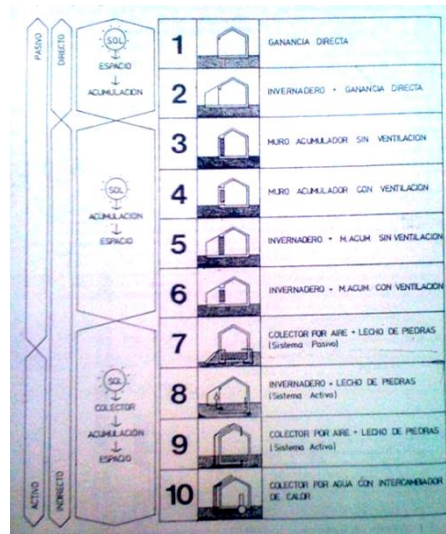
**Los sistemas pasivos y sus características**

Otro factor que el autor analiza es el de la radiación difusa, entendida como la radiación producida por la difracción de las nubes y de las partículas suspendidas de la atmosfera. Esta es redirigida hacia la superficie terrestre, proporciona el 50 % de la energía cuando el sol se halla en el horizonte (amanecer o atardecer) y el 100 % cuando el cielo está completamente cubierto por nubes la radiación reflejada dependerá de las características de la superficie reflectante (color y textura del acabado). Este factor sumado al ángulo de incidencia mencionado anteriormente son los que me inciden en los valores de energía interceptada, que como plantea el autor no solo incluye a la radiación directa.

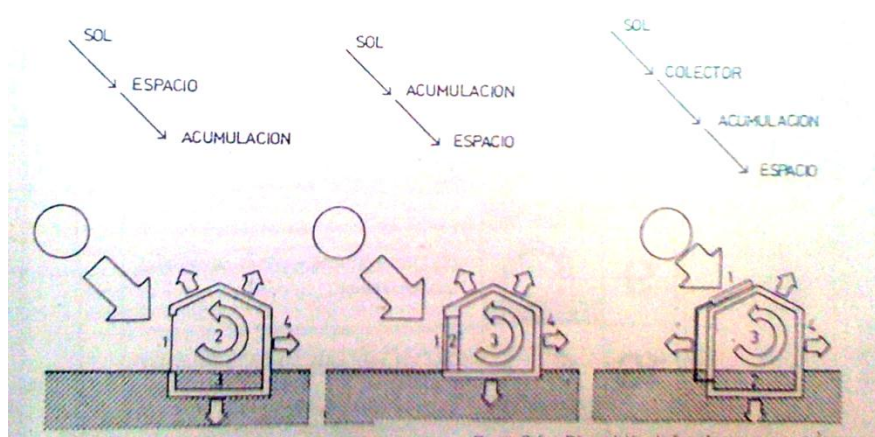


Como explica el autor “La arquitectura solar integra los diversos sistemas de aprovechamiento de la radiación solar a la envoltura del edificio, explotando los fenómenos climáticos cíclicos e invirtiendo los periodos alternativos”.

También define que es un sistema solar, como “aquel que efectúa una conversión térmica de la radiación incidente mediante el calentamiento de un cuerpo absorbente”. Pudiendo acentuar su funcionamiento si antepone una superficie transparente, asegurando una buena penetración de la radiación solar e intentando disminuir al máximo las pérdidas por convección. Evans plantea distintas opciones de sistemas y los define según su complejidad, que se muestran en una de las imágenes de su libro.



Define dos tipos de enfoques para calefaccionar el hábitat que son; Pasivo y Activo. Siendo el primero los sistemas que distribuyen el calor mediante corrientes convectoras naturales, y el segundo los que utilizan medios auxiliares mecánicos. Define también los sistemas según la disposición de sus elementos, siendo; Directos o Indirectos. Siendo el primero en el cual es sol entra directamente al ambiente y el segundo debe incluir una masa térmica intermedia que va a almacenar el calor recibido. Todos los sistemas solares realizan tres funciones básicas; Captación, Acumulación, Distribución, como el autor explica en este esquema de su libro.



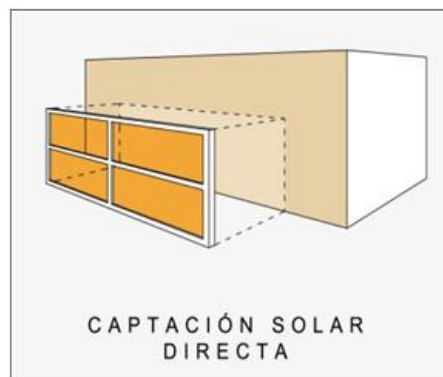
Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans

### Captación

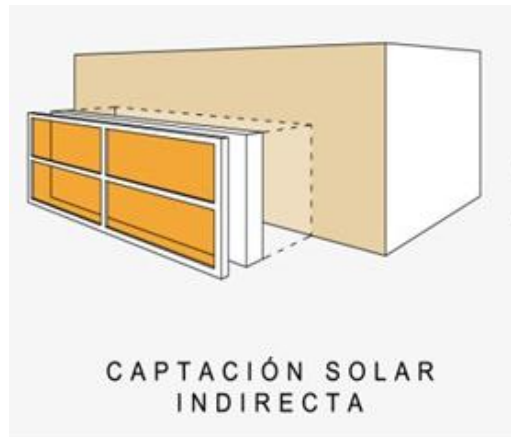
Se realiza mediante superficies transparentes translucidas que permiten el paso de la radiación solar hacia una superficie absorbente.

Podemos encontrar tres sistemas de captación solar según estén dispuestos en relación a la radiación solar y el espacio a calefaccionar

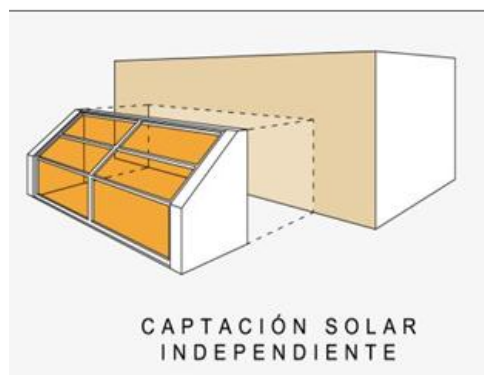
Captación solar directa, donde las estancias se calientan directamente por la acción de la radiación solar, como pueden ser ventanas captoras.



Captación solar indirecta, donde las estancias se calientan a partir de un elemento de inercia que se interpone entre la radiación solar y la estancia, como pueden ser los muros captadores o muros trombe.



Captación solar independiente, donde la captación solar y su acumulación están separados de las estancias a calefaccionar, como pueden ser los invernaderos adosados.



### **Acumulación**

La energía del sol, es absorbida y almacenada por un material con gran capacidad térmica para luego ser utilizada.

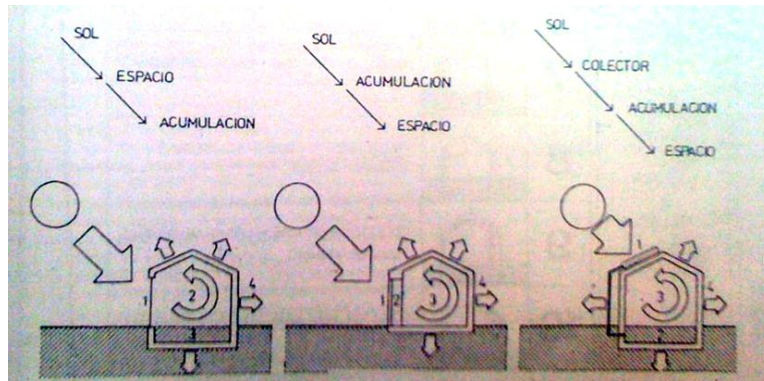
### **Distribución**

La energía captada debe contemplar un sistema que facilite la circulación y entrega de esta energía, desde donde es almacenada hasta donde debe ser utilizada

### **Perdidas**

Este es un factor inevitable tanto en las superficies captadoras como en las de almacenamiento. Las pérdidas se dan desde las superficies más calientes a las menos calientes. Por lo tanto es importante una buena aislación térmica, que incidirá en el mejor funcionamiento del sistema utilizado.





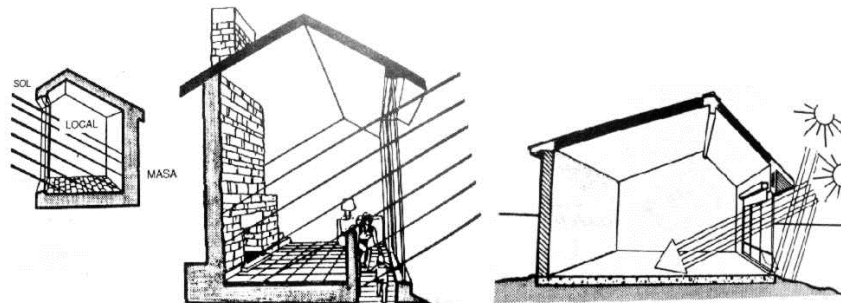
Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans

Analizaremos los distintos sistemas estudiados por el Arqto Evans, para luego aplicarlos a nuestra propuesta de diseño.

**Tipos de sistemas**

Ellos se diferencian por la manera en que están ubicados en relación a las superficies de captación, del cuerpo absorbente, de la masa almacenadora y del espacio habitable.

El sistema de ganancia directa, es como mencionamos la principal fuente de aporte solar directo. El tamaño y la ubicación de las aberturas es muy importante para la captación de la energía solar. Los rayos del sol atraviesan una superficie translúcida o transparente y llegan al espacio a calefaccionar. Esta energía se acumula tanto en muros como pisos y cielorrasos convirtiéndola en calor que luego será trasladada al interior del hábitat.

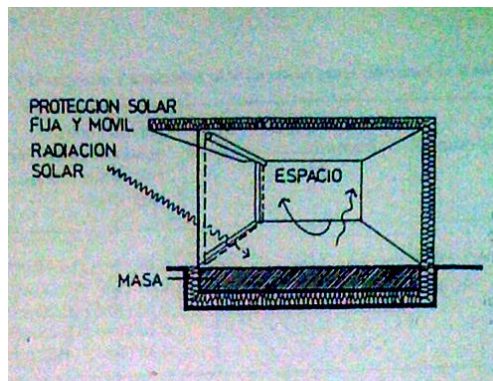


**Sistema de ganancia directa**

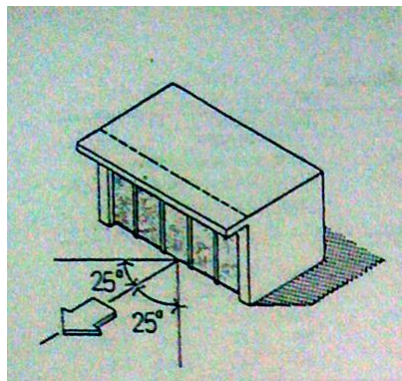
Este sistema es uno de los más económicos a pesar de las pérdidas en las noches y en días nublados, que es factible de ser solucionado con una eficaz aislación. También cumple también con las funciones de una abertura convencional, posibilitando visuales iluminación



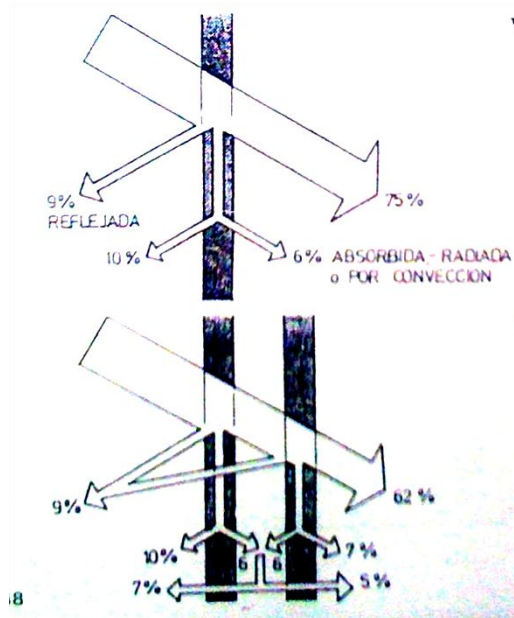
natural ventilación etc. Por lo general se utiliza en las superficies captadoras un material transparente o traslucido como vidrio, acrílico, o policarbonatos. En el caso del vidrio doble podemos obtener mayor resistencia térmica, pero menor transmisión, aproximadamente 74 % y también mayor costo de inversión inicial. Esto sumado a la dificultad para cambiarlo, no lo hace recomendable para climas templados pero si para climas fríos. A diferencia del vidrio simple que tiene mayor porcentaje de transmisión 81 %, mayores pérdidas y es más fácil cambiarlo.



Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans



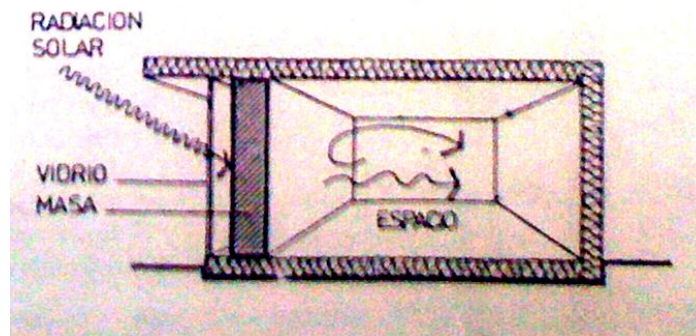
Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans



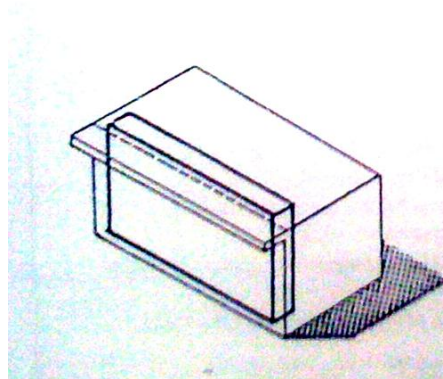
Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans

### El muro acumulador

Se considera como muro acumulador aquel que combina las funciones de captación y almacenamiento provocando un retraso y disminución de la onda térmica exterior invirtiendo la variación de la temperatura

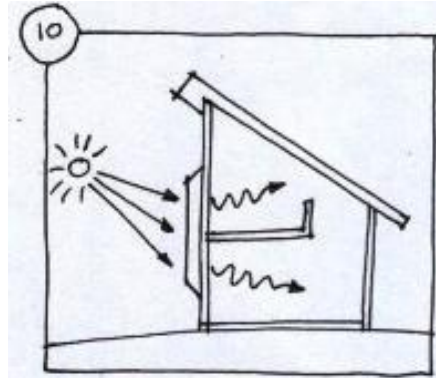


Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans



Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans

La radiación solar incide primero sobre una lámina transparente (vidriada) y sobre la masa térmica situada aproximadamente 2-20 cm, cumpliendo la función de almacenar y distribuir el calor. La superficie exterior del muro estará pintada de negro u otro color oscuro que asegure la absorción de la radiación. El calor conducido a través del muro se distribuye al espacio interior por radiación y convección. Se tratara de lograr



Retraso térmico de un muro acumulador

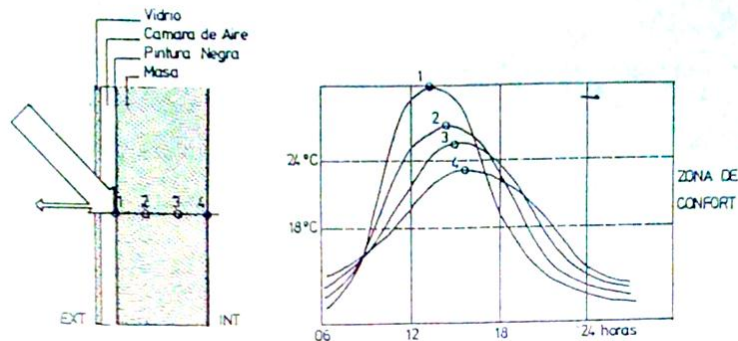


Figura 8.11 Retraso térmico de un muro de acumulación

Amortiguación de la variación de temperatura de los materiales

Material	Coeficiente de Conductividad	$\Delta t$				
		Espesor del material (cm)				
		20	30	40	50	60
Adobe	0.45	10°	4°	4°	4.5°	-
Ladrillo	0.63	13°	6°	4°	-	-
Hormigón	1.00	15.5°	9°	5.5°	3.3°	2.7°

Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans

El coeficiente de conductividad térmica es una característica de cada sustancia y expresa la magnitud de su capacidad de conducir el calor. Su símbolo es la letra griega  $(\lambda)$ .

Se debe considerar también una adecuada protección del sistema para evitar sobrecalentamiento en verano. Esto se puede lograr mediante un análisis de la trayectoria del sol y del diseño de los dispositivos de protección solar que se desarrollara posteriormente.



Debe recordarse que aun en días nublados la radiación solar difusa entregará calor al muro, esto puede aprovecharse utilizando el sistema en colaboración con la ventilación (muro Trombe)

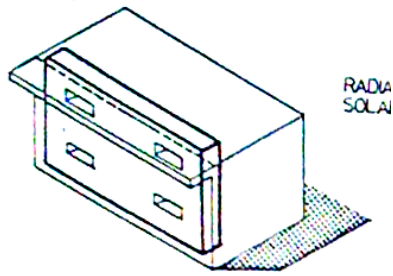
Muro acumulador con ventilación

(Muro Michell – Trombe)

Se diferencia del sistema anterior por la presencia de orificios de ventilación

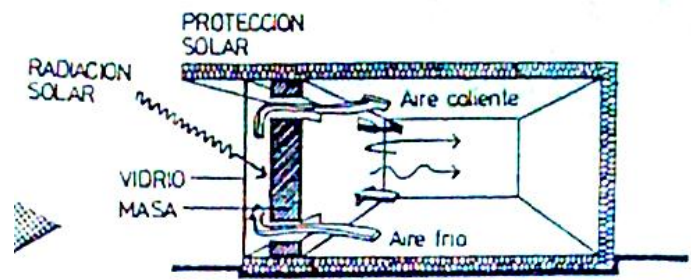
en la parte alta y baja del muro, posibilitando la utilización del aire calentado entre el muro y el vidrio.

La distribución del calor se realiza por convección natural (termo circulación)



Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans

Se diferencia del sistema anterior por la presencia de orificios de ventilación en la parte alta y baja del muro, posibilitando la utilización del aire calentado entre el muro y el vidrio. La distribución del calor se realiza por convección natural (termo circulación) La radiación solar que atraviesa la superficie vidriada es absorbida por el muro (pintado de color oscuro) calentando su superficie. Este calor se transmite al aire de la cámara entre el muro y el vidrio.



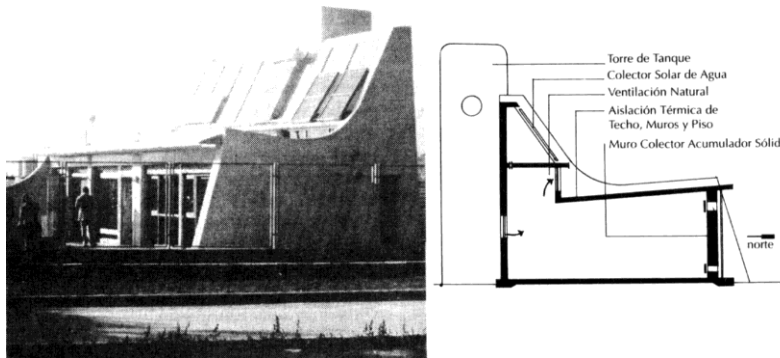
Esquema del libro Sustentabilidad en arquitectura del Arqto. Evans

A través de las aberturas situadas estratégicamente el aire caliente penetra al local (aberturas superiores) y el aire frio retorna a la cámara (aberturas inferiores) para ser nuevamente calentado. Este sistema proporciona dos formas de restitución de calor. La convección natural (diurna) y el retraso térmico debido a la inercia del muro





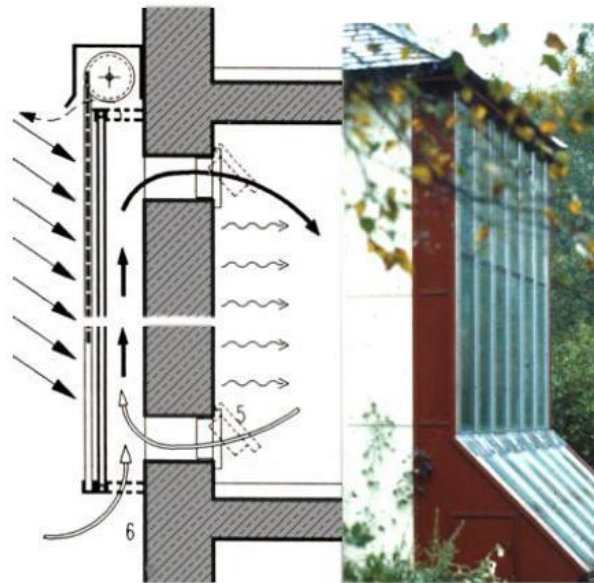
La casa solar de La Plata integra estrategias de diseño para minimizar el uso de energía en climatización. Tales como: muros de agua, agua caliente solar, aislamiento térmico, ventilación cruzada, ventilación selectiva, protección solar, techo ventilado, chimenea solar, secado solar de ropa, refrescamiento solar.



Ejemplos de casas solares pasivas en Argentina. La casa solar de Mendoza. Corte del muro

Este sistema mantiene los mismos criterios indicados para el caso anterior. La climatización en verano queda asegurada por la ventilación del muro y la circulación del aire a través del edificio: mientras la masa del muro permitirá atemperar las temperaturas interiores. A los elementos básicos del sistema se le pueden sumar elementos alternativos y/o adicionales que pueden contribuir a su mejoramiento:





Muro sin solera sistema de cierre con cortina de enrollar. Muro acumulador con ventilación (Muro Michell – Trombe) La cámara de aire deberá ser accesible para permitir la limpieza de los posibles depósitos de polvo que en ella se formen y para posibilitar la renovación de la pintura del muro. Este sistema no suele ser totalmente ciego, ya que se puede combinar con vanos fijos que proporcionen iluminación y visuales al ambiente exterior

Podemos definir como elementos alternativos de estos sistemas pasivos como el, vidrio doble las superficies selectivas y a los depósitos de agua. Como elementos adicionales a la aislación nocturna exterior a la protección en verano y a la ventilación regulable

### **Antecedentes de muros acumuladores**

Los muros acumuladores cuentan con antecedentes en la historia, siendo abordadas las diferentes soluciones técnicas y de prestación. En ellas veremos soluciones enfocadas más hacia las capacidades de acumulación de calor, según los diferentes materiales sus niveles de transferencia.

Algunos de estos antecedentes los encontramos en los trabajos de Edward Morse US Patent 246626 de 1881 relacionados con la acumulación de calor en materiales sólidos.

Jacques Michel y el ingeniero químico Félix Trombe desarrollaron investigaciones relacionadas con nuevos usos de la energía solar pasiva, muchos de ellos patentados y el que más nos interesa para esta investigación es el muro colector acumulador de energía solar llamado Muro

Trombe-Michel. en 1967 es patentado en Francia como ANVAR Trombe-Michel. En 1974 el Ing. Trombe le introduce modificaciones y obtiene una nueva patente bajo su nombre y de allí en la bibliografía se lo encuentra como Muro Trombe.



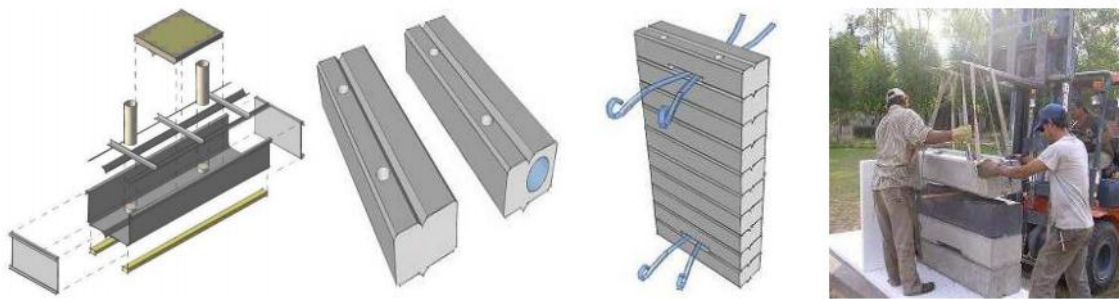
Edificio del centro de investigación en Odeillo mostrando los colectores solares del Arq. Jacques Michel. 1974

Existen trabajos posteriores que en esta etapa no se han investigado, pero que en una etapa posterior se verán con más detalle. Uno de ellos es el trabajo realizado por C. Discoli<sup>1</sup> . G. Viegas<sup>2</sup>, G. San Juan<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC). Grupo asociado INENCO. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional de La Plata (UNLP) proyecto para viviendas bioclimáticas en Tapalque, que es un sistema de climatización por muros acumuladores de calor denominado MAC, y aquí se presentan los resultados preliminares. Este trabajo nos resulta de interés ya que propone una variante mixta de las soluciones anteriormente mencionadas como sistemas solares pasivos, y factible de ser industrializada. Es un antecedente de interés por su enfoque mixto, dentro de los parámetros de racionalización y optimización de recursos buscados en esta investigación

El sistema de construcción MAC, solidos mixtos, es un proyecto de investigación para ser aplicado en el marco del programa de viviendas sociales propuesto por el IVBA. Cuenta con la patente, montaje (Muro climatizador Acumulador de Calor Mixto con vainas líquidas estancas. IMPI 20110100010, Oficina de patentes de CONICET).

Este proyecto vincula dos materiales en el bloque que son agua encapsulada en un tubo de pvc estándar, desplazado a los efectos de aproximar la mayor capacidad de acumulación sobre la cara norte de la pieza aumentando los niveles de temperatura, dejando en su parte posterior el hormigón macizo con el objeto de mantener el desfasaje de la onda térmica entre el ciclo diurno y nocturno. Hormigón H30 con piedra 6,20 natural y hormigón pigmentado de color negro (nombre comercial Meramoe), con una proporción del 3% de carbón negro de humo amorfo, exento de materiales extraños (Composición: negro de humo - 100%, N° CAS: 1333-86-4), logrando un mejor rendimiento del MAC. El sistema prevé asegurar y mantener pautas de dimensionalidad, uniformidad y sencillez de montaje. El sistema prevé su manufactura en moldes y montaje.

Como comentan los autores “los moldes se realizaron en chapa plegada, pero también pueden resolverse con encofrados de madera. Las dimensiones de los MAC respetan la modulación de las viviendas y la demanda energética base de las mismas (San Juan et al 2010). A partir de dichos condicionantes, se dimensionaron MAC de 1,20 m de ancho por 2,40 m de altura”. (ver figura 7)



*Figura 7: Molde, piezas macizas y mixtas tipo 1, y montaje de la masa de acumulación del MAC.*

Figura 7: Molde, piezas macizas y mixtas tipo 1, y montaje de la masa de acumulación del MAC.



Figura 8: Colocación de termocuplas Cu-K en las piezas de acumulación de los MAC.

Figura 8: Colocación de termocuplas Cu-K en las piezas de acumulación de los MAC.

Las piezas configuran una vez montadas muros acumuladores con una capacidad de carga nominal de  $281 \text{ kJ/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  para las piezas sólidas de hormigón ( $770 \text{ kg/m}^2$  de masa nominal), y de  $334,3 \text{ kJ/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  para las piezas mixtas tipo 1 ( $80 \text{ kg}$  de agua y  $594 \text{ kg}$  de  $\text{H}^\circ$  por  $\text{m}^2$ ).

Los autores describen los tipos de bloques y sus terminaciones, “De esta manera se pueden diferenciar piezas de hormigón y piezas tipo 1 con y sin pigmentación respectivamente (cuatro en total). Los tiempos de fraguado fueron de un día y medio por componente. Durante las coladas correspondientes se insertaron termocuplas de Cu-K en el interior de las piezas de hormigón y en las vainas de agua, y se completaron posteriormente instalando sensores en las caras norte y sur de las piezas correspondientes. Se cubrió la sección transversal en el punto medio de las piezas, y en los puntos extremos sólo a nivel superficial. Las figura 8 ilustra las piezas de ambos tipos con la instalación de sensores insertos en las vainas de agua, en el hormigón y en las superficies norte y sur según corresponda. También se observan las piezas de hormigón natural y de hormigón pigmentado, con el cableado de las termocuplas internas.



Figura 9: Montaje de los BOX con la instalación completa de los MAC y sensores.



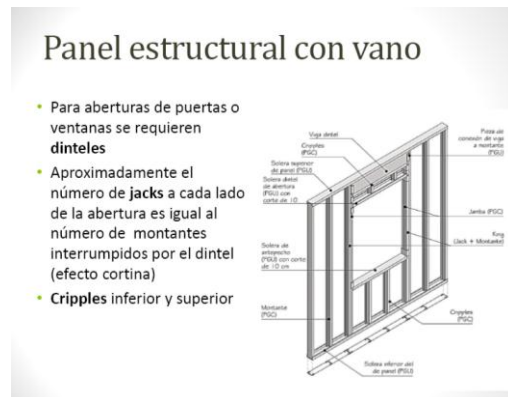
En la figura 9 podemos observar, dos box de ensayo respetando el módulo de 1,20 m por MAC. y el montaje de los dos recintos estancos (denominados BOX) con la instalación completa de los MAC y los sensores destinados a medir las temperaturas en las cuatro variantes.

Por ultimo como mencionan los autores, las piezas se montaron sobre una plataforma de hormigón y se quebró el puente térmico con tacos de madera dura y aislamiento (5 cm de poli estireno expandido de 22 kg/m<sup>3</sup>). Pintadas las superficies norte con esmalte sintético negro mate.

En la pieza tipo 1 el hormigón macizo mantiene un desfase de la onda térmica entre el ciclo diurno y nocturno (según simulaciones entre 4 y 6 hs de desfase para la pieza tipo 1).

### El sistema Steel Frame

Es un sistema constructivo formado por perfiles metálicos galvanizados, que forman tramas estructurales para configurar espacios. Estos perfiles son obtenidos por el conformado de chapas laminadas en frio. El significado del nombre se relaciona con el conformado del sistema, que se basa en formas cuadradas de entre 2 y 4 metros de lado los cuales se pre arman en el suelo y luego se levantan o bien pueden ser armados en taller y transportados a obra.



Base de anclaje del sistema Steel frame para MAC2

### Desarrollo de la Propuesta

Planteo de alternativas generales con resolución formal, funcional y tecnológica

### Propuesta de diseño

Como mencionamos anteriormente dentro de lo que se conoce como la energía solar termina, encontramos distintos sistemas solares. Se denomina sistema solar al que realiza una conversión térmica de la radiación solar que recibe en una superficie que la capta. Esta se va a calentar generando aire o fluido caliente. Estos sistemas tienen la función de captar la radiación solar mediante un elemento absorbente como un muro o placa oscura, para acumular esta energía con un colector o muro acumulador para luego ser utilizada. La circulación es importante para poder distribuirla del muro acumulador al lugar de consumo.

El diseño bioclimático busca integrar la construcción o el espacio diseñado en un clima determinado, logrando un balance térmico adecuado entre el interior y el exterior. Es decir utiliza los elementos favorables del clima con el objetivo de lograr un mejor confort térmico.

Por lo tanto los diferentes modelos bioclimáticos y los sistemas tecnológicos, pueden integrarse logrando soluciones de baja complejidad hasta los de mayor complejidad. El muro acumulador sin ventilación que es el concepto que utilizaremos en nuestro trabajo, donde un muro pintado de color oscuro generalmente negro absorbe el calor que pasa a través de un vidrio y lo almacena aportándolo al ambiente en forma constante. Su inercia en términos de rendimiento estará dada por el material elegido para su construcción.

Este mismo concepto tiene su versión en el muro acumulador con ventilación, que dispone de registros de ventilación que debido a las corrientes convectoras que se producen en la cámara de aire entre el vidrio y el muro, genera esta circulación de aire de los niveles inferiores a los superiores. Se debe prever protección solar en los meses de verano.

El proyecto consiste en desarrollar un prototipo de carpintería de control solar, y muro acumulador, para ser aplicado en sistemas constructivos industrializados, más específicamente Steel frame y Baloom frame. Siendo factible su utilización en otros sistemas constructivos.

Se utilizarán materiales y procesos productivos afines a la infraestructura disponible en la nuestra universidad, para la realización del prototipo para luego realizar un producto final en madera maciza, vidrio y herrajes necesarios.

Nuestro objetivo es vincular, sistemas de control, captación y protección solar, como así también ventilación, selectiva y cruzada, del ámbito de la construcción tradicional y normalmente separados, en carpinterías sistematizadas moduladas en función del sistema constructivo industrializado.

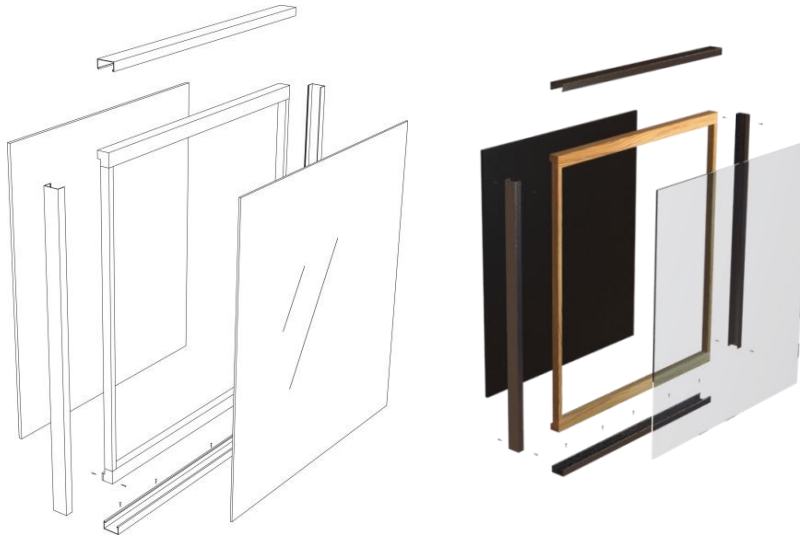
Se proponen dos módulos de muro acumulador, MAC1 y MAC2. El proyecto contempla el diseño de un vano, que se adapte al sistema constructivo Steel Frame, incorporándole un



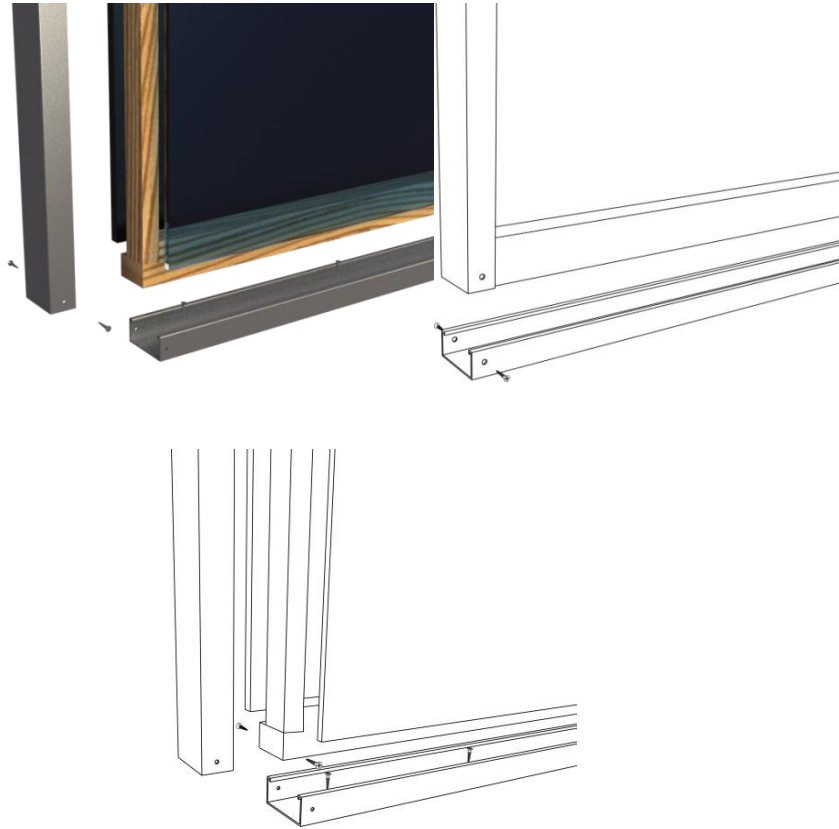
recurso de la arquitectura bioclimática, al sistema. El proyecto contempla dos paneles estancos con dos tipos de anclaje al perfil.

MAC1, está compuesto por un vidrio de 10 mm, laminado 5+5, con una cámara de aire de aproximadamente 6 cm y un panel cementicio pintado de negro en el lado hacia el interior del panel de unos 3 cm. El borde esta realizado en madera maciza de pino, desfasada del perímetro del vidrio y la placa cementicia, lo que permite encastrar el panel al perfil omega vertical y a los perfiles U, de base y techo.

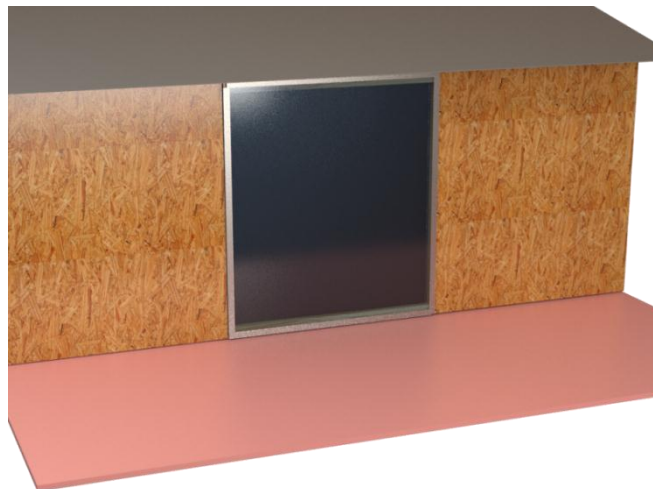
MAC2, es similar a MAC1, y la diferencia radica en que el perímetro termina a tope con el vidrio y la placa cementicia, de modo de poder quedar también en un encuentro pleno con los perfiles omega verticales y fijarlos desde el interior. En el caso de base y techo, se colocan dinteles como los plantea el sistema, quedando a tope con el panel y fijándose desde el interior del perfil al panel.



Despiece del MAC 1



Detalle anclaje MAC 1

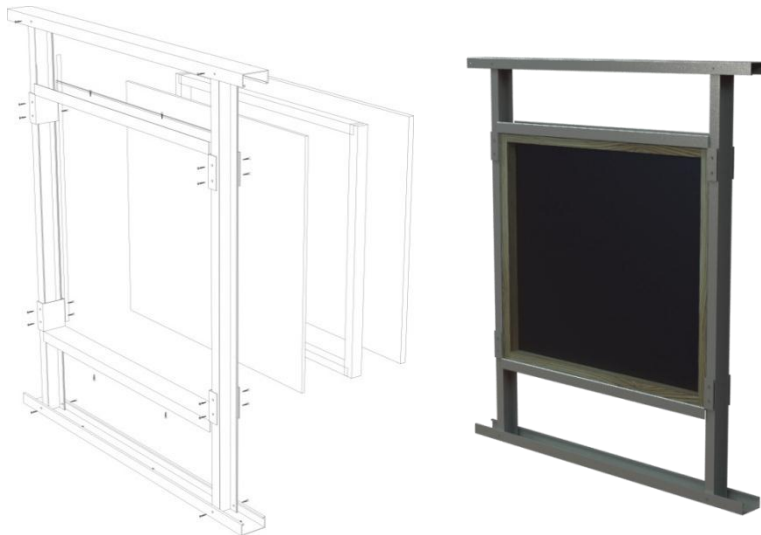


7

Vista gral del panel



Despiece MAC 2



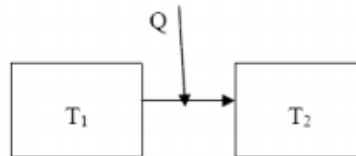
Despiece y vista MAC 2

Veamos algunos conceptos para entender nuestra segunda hipótesis de trabajo. Uno es el retardo, que es la diferencia de tiempo que existe entre los incrementos o decrecimientos de la temperatura de la superficie externa y los cambios correspondientes en la superficie interna.

La capacidad calórica, es una propiedad que indica la capacidad de un material de absorber calor de su entorno. Representa la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura del material en una unidad.

Si Q es la cantidad de calor que hay que dar a un cuerpo para subir su temperatura de T<sub>1</sub> a T<sub>2</sub>, se puede definir el cociente siguiente:

$$C_{T_1}^{T_2} = \frac{Q}{T_2 - T_1} \quad (3.6.2.1)$$



el cual representa la capacidad calorífica promedio del cuerpo entre las temperaturas de T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>.

Normalmente la capacidad calorífica se expresa por mol de material C (J/mol.K), obteniéndose la capacidad calórica molar, que puede ser a volumen constante, Cv o a presión constante, Cp. La magnitud de Cp es siempre mayor que Cv, sin embargo, esta diferencia es muy pequeña para la mayoría de los materiales sólidos a temperatura ambiente e inferiores.

Para los sólidos la diferencia entre Cp y Cv es muy pequeña, ya que el valor de α (coeficiente de dilatación térmica lineal) es muy pequeño y el de K (módulo de elasticidad volumétrica) es grande. A temperatura también la diferencia para los sólidos es de 5 %.

A veces se utiliza el calor específico (a menudo representado por Ce). Este representa la capacidad calorífica por unidad de masa (j/Kg.K). y se define como la cantidad de calor que hay que comunicar a la unidad de masa con el fin de elevar un grado su temperatura, es decir:

$$c_e = \frac{\Delta Q}{m\Delta T}$$

El cálculo del factor de retardo, puede hacerse utilizando el concepto de la constante de tiempo térmico (CTT), que es el efecto combinado de la capacidad y la conductividad del elemento expresando la difusividad equivalente de un paramento multicapa. (Raychoudhury B.B.,1965); (Chaudhury N.K.D., 1964); (Hoffman M.E., 1976).

Este valor se obtiene en horas y se define como la proporción Q/K del paramento, donde Q es el calor almacenado en el material y K el calor transmitido, dando una indicación del tiempo que demora en producirse un cambio de temperatura en el interior de un elemento en relación con un cambio de la temperatura del aire exterior. Se calcula según la formula;

$$CTT = Q / K$$

$$Q/K = Q_1 / K_1 + Q_2 / K_2 + \dots + Q_n / K_n$$

Siendo:

$$Q_1/K_1, Q_2/K_2, Q_n/K_n = \text{constantes térmicas}$$

Así mismo según analiza el Arqto. Martin Evans en su libro, "El Libro de los sistemas solares pasivos", encontramos otras variables para los muros acumuladores que son la amortiguación de la variación de temperatura de los materiales y la relación entre la superficie colectora y el espacio a climatizar, que se muestran en los gráficos a continuación.

Tabla de Amortiguación de la variación de temperatura de los materiales

Material	Coeficiente de conductibilidad	Variación Temperatura interior				
		Espesor del material (cm)				
		20	30	40	50	60
Adobe	0.45	10°	4°	4°	4.5°	
Ladrillo	0.63	13°	6°	4°		
Hormigón	1.00	15.5°	9°	5.5°	3.3°	2.7°

Tabla de relación entre la superficie colectora y el espacio a climatizar

Zona	Temperaturas	Relación entre el área de la superficie colectora y el espacio a climatizar	Relación entre el área de la superficie colectora y el área del espacio a climatizar
Bioambiental	Promedio		
IV	5 a 7 °C	0,04 (1m <sup>2</sup> /25.00 m <sup>3</sup> )	mínimo 0.10 max.0.12
V	2 a 5 °C	0,07 (1m <sup>2</sup> /15.00 m <sup>3</sup> )	mínimo 0.10 max.0.22
VI	0a 2 °C	0,10 (1m <sup>2</sup> /10.00 m <sup>3</sup> )	mínimo 0.10 max.0.26
	menos 2 a 0° C	0,16 (1m <sup>2</sup> /6.25 m <sup>3</sup> )	mínimo 0.10 max.0.35

menos 5 a menos 2º

C

0,22 (1m<sup>2</sup>/4.50 m<sup>3</sup>)

mínimo 0.10 max.0.45

Referencia: E. Martins. El libro de la Energía solar Pasiva

### **Conclusión:**

La hipótesis está planteada, consideramos posible la aplicación del concepto de “Codiseño Bioclimático” a sistemas industrializados. En una segunda etapa se desarrollaría la segunda hipótesis, o sea la instancia de verificación de este primer panel en términos de capacidades de acumulación de calor, según los materiales utilizados, y sus niveles de transferencia. Realizando cálculos comparativos entre sistemas existentes y la propuesta de esta investigación, verificando o no la hipótesis planteada. En el caso de no verificar la idea es desarrollar la investigación en este aspecto, buscando resolver el sistema dentro de los parámetros de la legislación vigente, comparando su rendimiento con otros sistemas tradicionales.

De manera de redimensionar o cambiar algún tipo de material, en función de los parámetros de las normativas existentes. También nos permitirá la medición definir el sistema de anclaje más adecuado y su aplicación a otros sistemas constructivos.

En una tercera etapa se investigaría y diseñaría también el sistema de protección solar, tanto para los sistemas pasivos de captación de energía solar, como para el muro acumulador y trombe.

Se propone el proyecto del muro Trombe, que implica la ventilación y protección del panel y su verificación en términos de uso en invierno y verano.

Queda abierta una línea de investigación relacionada con lo que a partir de ahora podemos denominar “Codiseño Bioclimático”, basado en el concepto de cogeneración de energía planteado por Velazco y el aprovechamiento de sistemas solares pasivos que explica Evans, con un enfoque de racionalizar el uso de recursos, ya sea energéticos como económicos. Es decir adaptar recursos tradicionales de la arquitectura o el diseño bioclimático o sistemas solares pasivos a sistemas constructivos existentes.



### **Bibliografía**

- Sustentabilidad en arquitectura. Julian Evans. Buenos Aires, 2010. CPAU (Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo)
- Acosta, Wladimiro. 1976. Vivienda y Clima. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires.
- Jaime Gonzales Velazco. Energías Renovables. Editorial Reverte. 2009 Barcelona. ISBN: 978-84-291-7912-5  
[https://books.google.com.ar/books?id=bl6L8E\\_9t1kC&pg=PA114&lpq=PA114&dq=muro+captador+y+acumulador+de+calor&source=bl&ots=r7jAnlZfLf&sig=mcMZGGGsoD6UEz4IHjvux7Aj1ps&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjqlWYhbvJAhVPqZAKHbc9De0Q6AEIQT AJ#v=onepage&q=muro%20captador%20y%20acumulador%20de%20calor&f=false](https://books.google.com.ar/books?id=bl6L8E_9t1kC&pg=PA114&lpq=PA114&dq=muro+captador+y+acumulador+de+calor&source=bl&ots=r7jAnlZfLf&sig=mcMZGGGsoD6UEz4IHjvux7Aj1ps&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjqlWYhbvJAhVPqZAKHbc9De0Q6AEIQT AJ#v=onepage&q=muro%20captador%20y%20acumulador%20de%20calor&f=false)
- Ejemplo de casas solares en La Plata y Mendoza en Argentina, imágenes.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o\\_pasivo](https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_pasivo)
- Información e imágenes de Jacques Michel (arquitecto)  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Jacques\\_Michel\\_\(arquitecto\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Jacques_Michel_(arquitecto))  
Imágenes del edificio del centro de investigación en Odeillo, con acumuladores solares.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Jacques\\_Michel\\_\(arquitecto\)#/media/File:Four-solaire-odeillo-05-sideview.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Jacques_Michel_(arquitecto)#/media/File:Four-solaire-odeillo-05-sideview.jpg)
- Viviendas Bioclimáticas en Tapalque, Sistema de climatización para muros acumuladores de calor (MAC): Resultados preliminares. C. Discoli<sup>1</sup>. G. Viegas<sup>2</sup>, G. San Juan<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC). Grupo asociado INENCO. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
- Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 15, 2011. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184