



## “ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y SUSTENTABLE – LIBRO”

EJE 2. TECNOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

Esteves Miramont Alfredo

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad de Mendoza (UM) – Argentina ,

email: alfredo.esteves@um.edu.ar

INAHE – CCT CONICET Mendoza – Argentina, email:

aesteves@mendoza-conicet.gob.ar

---

### RESUMEN

En el camino hacia la sustentabilidad, es preponderante la actividad que ocurre en los edificios. Ya sea durante su construcción como en la operación de los mismos. Es necesario que la arquitectura cobre protagonismo hacia el desarrollo de proyectos que incluyan, de forma concreta, aspectos del clima, optimización de superficies de envolvente y finalmente integración de sistemas de energías renovables. En este último tema, los sistemas pasivos son los que más económicos (tanto energéticamente como desde el punto de vista monetario) resultan y los que más rendimiento tienen y permiten contar con una energía de base fundamental para aumentar la resiliencia edilicia.

Se presenta en este trabajo consideraciones respecto del libro Arquitectura Bioclimática y Sustentable. En el mismo se incluyen métodos y técnicas simples que guían a los arquitectos desde el inicio del anteproyecto, en el diseño de una arquitectura que tienda hacia la sustentabilidad, mediante una metodología de fácil incorporación y ayuda en la tarea profesional cotidiana. Los contenidos repartidos en 7 capítulos, abarcan desde la optimización de la superficie de envolvente, conocimiento de variables del clima que influyen en el comportamiento del edificio hasta sistemas tanto de conservación de energía como sistemas pasivos de acondicionamiento ambiental.

**PALABRAS CLAVE: ARQUITECTURA BIOCLIMATICA, ARQUITECTURA SUSTENTABLE, CONSERVACION DE ENERGÍA, SISTEMAS PASIVOS**

### 1. INTRODUCCIÓN

En el Desarrollo Sostenible o Sustentable queda incluida la Arquitectura y Urbanismo Sustentable, que, a su vez, abarca 4 pilares: proyecto, materiales, construcción y manejo, todos alcanzados por la educación para la sustentabilidad, la cual, se refiere tanto al medio técnico-profesional como a los usuarios.

Edwards indica que: “...se calcula que en el año 2050 la raza humana causará un impacto ambiental 4 veces superior al del año 2000 (contando con un crecimiento económico del 2% anual promedio y una población mundial que alcanzará los 10000 millones de personas” (Edwards, 2006). Un informe del IPCC – Intergubernamental Panel for Climate Change, indica que entre el año 2000 y 2010, se incrementó la concentración de CO<sub>2</sub> más que en tiempos anteriores, a pesar de mayores normativas y conocimiento del problema (IPCC, 2014).

En este contexto, el Acuerdo de París suscripto en 2015-2016, en su Artículo 2, el acuerdo tiene como objetivos fundamentales (ONU, 2015):

a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, ir generando adaptación a los efectos del cambio climático, promoviendo la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos y tenga en cuenta la pobreza y aumentar el financiamiento hacia estos fines.

La Unión Internacional de Arquitectos (UIA) ha establecido una serie de principios entre los cuales, indica que “...los arquitectos tienen una responsabilidad creciente respecto del impacto social y medioambiental de sus actividades profesionales” y “deben esforzarse por mejorar el medio ambiente, el hábitat, y la calidad de vida dentro del edificio de forma sostenible”.

En vista a esto, se presume que la arquitectura tendrá que afrontar la presión entre la escasez de recursos y la magnitud de la contaminación que las sociedades generan.

La vida de los edificios es larga y la de las ciudades más aún. Se requieren **acciones firmes** tendientes a reducir el impacto de ambos, creando y utilizando tecnología y diseños sostenibles, realizando una optimización y refuncionalización de las ciudades existentes y generando también nuevos núcleos urbanos en base a estas prácticas.

Al construir un edificio estamos creando un sistema vinculado con el medio ambiente. Está sujeto a un rango de interacciones con el medio ambiente. Estas son afectadas por cambios estacionales y diarios del clima y pueden intensificarse por preferencias de las personas que lo habitan, ya que los usuarios demandan condiciones de confort que pueden variar en el tiempo y en el espacio.

Estas interacciones pueden ser beneficiosas o no. Los edificios del último siglo se han negado a estas interacciones y las han dominado luego con equipos de calentamiento, enfriamiento e iluminación artificiales, utilizando energía de base fósil, excesivamente caros tanto desde el punto de vista energético, económico y ambiental.

Este libro<sup>1</sup> presenta métodos y técnicas simples que ayudarán y guiarán a los arquitectos desde el inicio del anteproyecto en el diseño de una arquitectura que tienda hacia la sustentabilidad, proporcionando además, una metodología de fácil incorporación y ayuda en la tarea profesional cotidiana.

## 2. DESCRIPCION DE LOS CONTENIDOS

Se desarrolla en 7 capítulos abarcando desde la forma energéticamente eficiente que permite a la vez economizar materiales, la conservación de energía, la inclusión de sistemas solares pasivos de calefacción y sistemas pasivos de enfriamiento. Se muestra una metodología de cálculo y se adjunta un CD con el programa Balance Térmico de Edificios Sustentables (BTES), desarrollado en la Universidad de Mendoza (Esteves y Gelardi, 2003).

**2.1 Capítulo 1:** incluye conceptos de la arquitectura sustentable y una introducción con ejemplos de edificios que se vinculan positivamente o no con el clima del lugar, tanto del ámbito internacional como nacional y local. Además indica la responsabilidad de nos cabe a los profesionales proyectistas, dado que, la vida del edificio, superará ampliamente la duración del edificio y en ese contexto, este último deberá estar preparado para afrontar la situación futura.

**2.2 Capítulo 2:** presenta conocimientos de confort térmico, características del clima del lugar y metodologías concretas para su aprovechamiento. El medio ambiente exterior a un edificio produce una influencia que será mayor o menor de acuerdo al mayor o menor alejamiento de las condiciones llamadas de confort

térmico. Para conocer la influencia del medio ambiente exterior se continúa con las condiciones de confort, en las cuales, el hombre percibe una situación térmica más cómoda para cada tarea que debe realizar. El capítulo termina con una introducción a las formas de transferencia de calor que gobierna a cada intercambio que permanentemente ocurren en el edificio.

Por ejemplo la Fig. 1 muestra el diagrama bioclimático de Givoni, ampliado por Milne con las estrategias pasivas: la zona de confort, indicada para verano e invierno, dado por la diferente vestimenta que culturalmente utilizamos los argentinos (esto es representativo para el 80% de personas en confort). Marca la zona de sistemas solares pasivos separándolos para baja masa térmica y alta masa térmica; zona de ventilación natural o artificial, enfriamiento evaporativo, alta masa térmica sombreada, alta masa térmica con refrescamiento nocturno, zona de aire acondicionado y zona de calefacción artificial (Milne, 2009).

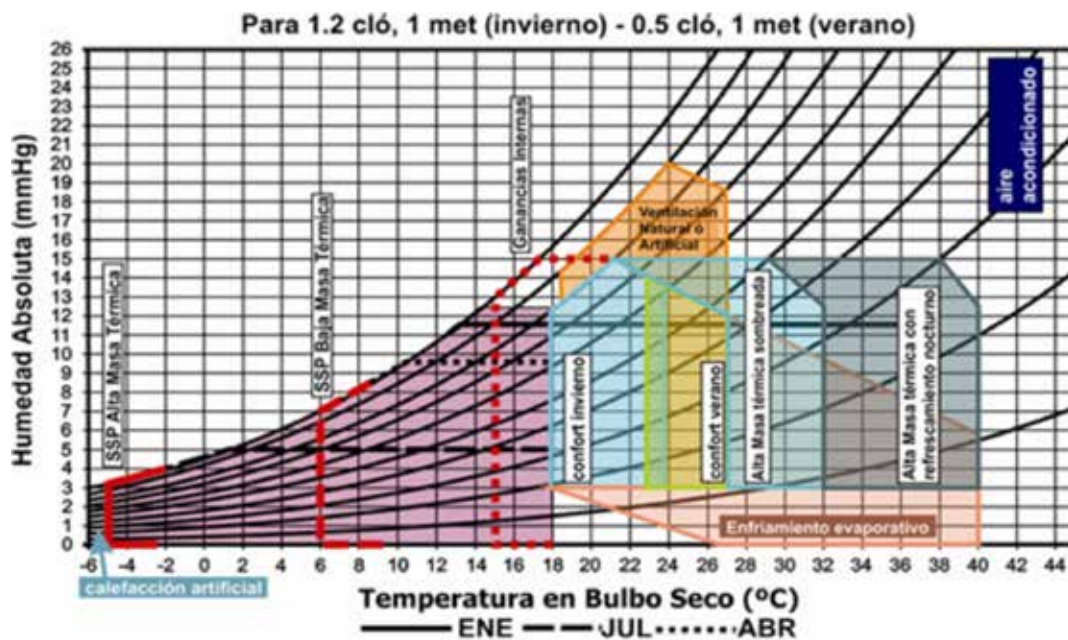
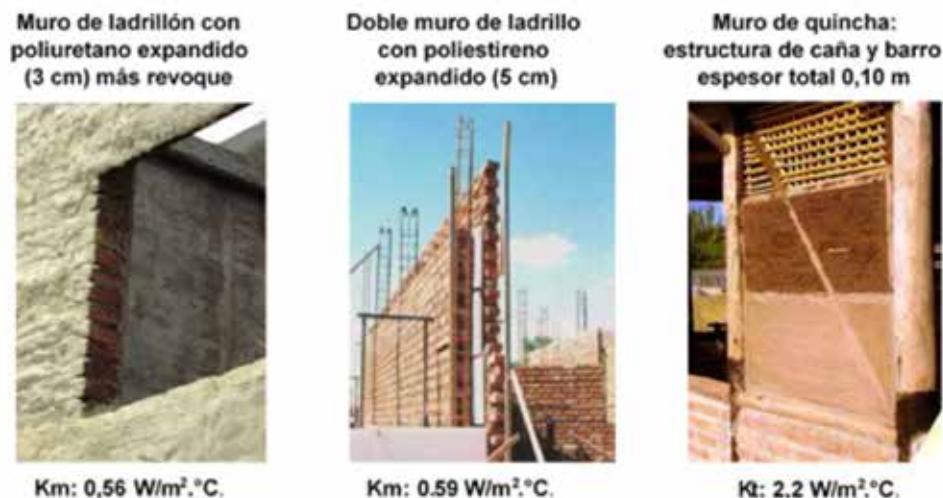


Figura 1: Diagrama Bioclimático de Givoni-Milne para Mendoza.

Se puede observar que para Mendoza Aeropuerto, se puede hacer uso de sistemas solares pasivos (con la tecnología adaptada a las temperaturas reinantes) durante todos los días claros y parcialmente nublados utilizando alta masa térmica. En la época estival, se puede sumar a esta alta masa térmica, el enfriamiento convectivo nocturno y cubrir gran parte de los días calurosos, mitigando el uso de medios mecánicos. Todo esto ayudado por la conservación de energía.



**Figura 2:** ejemplos del valor de K de diversos muros.

Se indican ejemplos de diversos techos y muros con y sin aislamiento térmico y su valor de transmitancia térmica K, para cada caso. La Fig. 2 muestra algunos ejemplos. En este caso, muros con aislamiento térmico y muro de quincha<sup>2</sup>, cada uno con su conformación y valor de K. Además se indica cómo calcular el valor de K de un muro distinto.

En el Anexo II se incluye el diagrama para otras localidades (49 de Argentina y 11 de Chile).

### **2.3 Capítulo 3:**

Indica la teoría e incluye la práctica de la incorporación de sistemas de conservación de energía. Esta teoría se vincula con las condiciones del clima del lugar, estableciendo una metodología simple para definir espesores de aislación térmica en techos, muros y fundaciones y se describen varios ejemplos de incorporaciones realizadas en distintos edificios.

En este capítulo se realiza un análisis de los elementos que dispone la arquitectura frente a las presiones del ambiente en particular. Se evalúa el impacto de la forma edilicia, a través del cálculo del FAEP, que permite optimizar la forma de la envolvente, ahorrando materiales y previniendo pérdidas de energía en toda su vida útil.

Por otro lado, se indican técnicas constructivas para alcanzar la conservación de energía en los diversos elementos de la envolvente: espesores de aislamiento térmico en muros, techos y fundaciones, que dependerán del clima donde se encuentra construido el edificio, y es necesario optimizarlos (para ser más eficientes), inclusión de simple vidrio, DVH o TVH para ventanas dependiendo también del clima y de la superficie de la ventana respecto del muro.

### **2.4 Capítulo 4:**

La energía solar es el único recurso climático para aportar calor en los meses de invierno. Si se requiere de energía adicional y no se aprovecha la energía que incide en el edificio, se debería tomar en cuenta que existirá un consumo de energía de otra base, generalmente de base fósil (Gas Natural, Gas Envasado, kerosene) o energía eléctrica (cuyo origen puede ser renovable hidroeléctrico, fotovoltaico o eólico o fósil) o ambos. Aún en edificios “Zero Energy”, en los cuales, el balance cero se produce sobre la base de un período anual puede requerir consumo de una fuente auxiliar.

<sup>2</sup> Quincha: tecnología de construcción de tierra, con estructura de madera o metal y vanos rellenos con estructura de listones de madera, caña, etc. Y barro como combinación de suelo del lugar con arena o arcilla según el caso y fibra vegetal. Se revoca con el mismo material con agregados de elementos hidrófugos naturales (Cuitiño et al., 2011).

Los sistemas de calefacción solar involucran sistemas pasivos y activos. De acuerdo a una clasificación general se presenta la Figura 3.

Se dan también conocimientos respecto de la interacción entre la energía solar y los materiales, ya sean opacos o transparentes y las propiedades puestas en juego.

Indica los sistemas solares pasivos de calefacción, que permiten acondicionar térmicamente los ambientes interiores, aprovechando la energía solar del lugar. Se incluye, conocimientos respecto de la interacción materia y energía para mejorar su rendimiento y una metodología clara para dimensionar su incorporación al edificio. Se presentan ejemplos concretos y temperaturas alcanzadas por los sistemas. La Fig. 4 muestra el caso del Muro Trombe ciego, su incorporación en dos escuelas construidas en la provincia de Mendoza y mediciones térmicas en tres días de primavera.

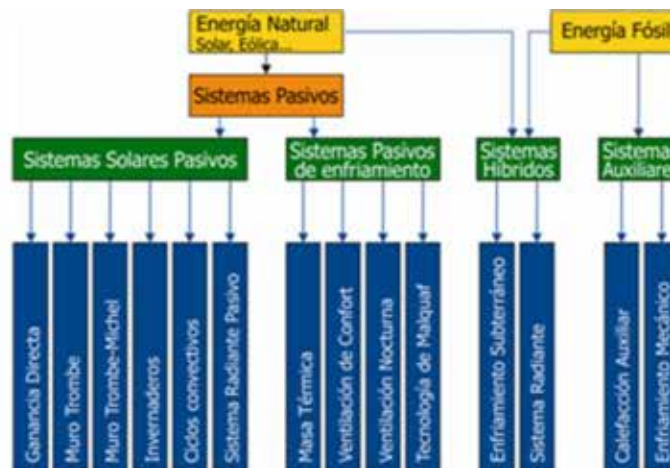


Figura 3: Clasificación de los sistemas pasivos y activos.

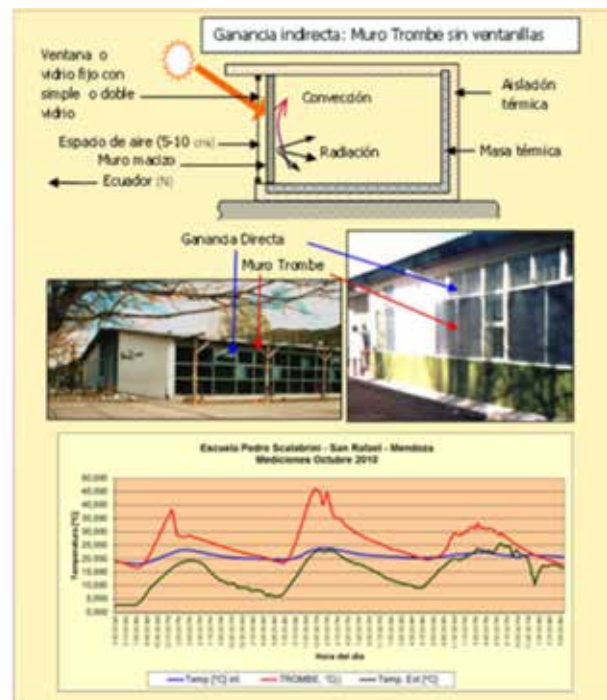
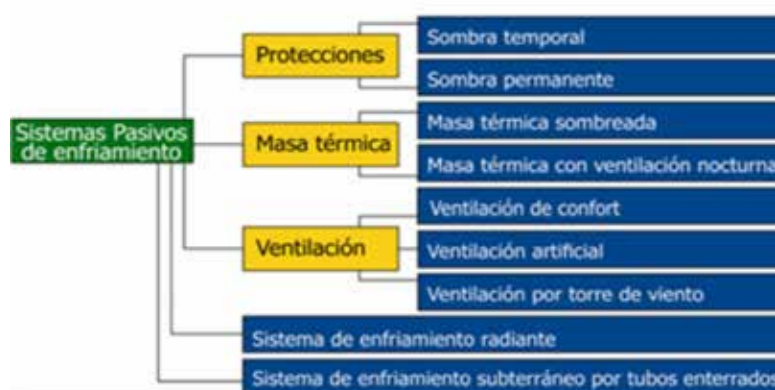


Figura 4: esquema del Muro Trombe, Escuela Yapeyú en San Carlos y Escuela Pedro Scalabrini en San Rafael. Mediciones realizadas en ésta última.

El rendimiento de cada sistema solar pasivo, depende de cómo sea la vivienda en la que se incorpora. Con la metodología presentada se puede dimensionar tomando en cuenta el Coeficiente Neto de Pérdidas (CNP) y la relación Carga Térmica/Colector (RCC) – Balcomb et al, (1990). Esto se calcula mediante el programa BTES. El grado de ajuste del mismo ha sido presentado en la Reunión XL de ASADES realizada en Córdoba en 2018 (Esteves et al., 2018).

**2.5 Capítulo 5:** presenta sistemas de enfriamiento pasivo, que se desarrollan con descripción, dimensionamiento y ejemplos concretos con situaciones térmicas medidas en algunos casos.



**Figura 5:** clasificación de los sistemas pasivos de enfriamiento.

El cálculo de las ganancias de calor del edificio se realiza para el día más crítico del clima del lugar, usualmente el día 15 de Enero y sobre una base horaria. Esto permite conocer a distintas horas del día la ganancia de calor, tomando en cuenta la metodología expresada en Quadri, (1998) respecto de la ganancia de calor en distintas partes de la envolvente. De este modo se incluye el cálculo de la potencia necesaria en el sistemas de enfriamiento mecánico, tomando en cuenta las condiciones de conservación de energía y forma que ya posee el proyecto del edificio. Luego se indaga acerca de las posibilidades de masa térmica sombreada (permite dimensionar la cantidad de superficie de masa térmica, tomando en cuenta la admitancia térmica del material, admitiendo distinto material del piso a las paredes), masa térmica con ventilación nocturna (permite dimensionar el tamaño de las aberturas operables para enfriar el edificio ventilando en la noche), ventilación de confort (permite dimensionar el tamaño de las aberturas operables para ventilar el edificio en el día).

**2.6 Capítulo 6:** aparecen ejemplos de cálculo de edificios en los que se incluye la tecnología presentada en los capítulos 3, 4 y 5. Se hace mención del programa de Balance Térmico de Edificios Sustentables (BTES), que se incorpora en el Anexo III del mismo libro. Este permite dimensionar y/o ajustar los sistemas incorporados al proyecto y también tomar en cuenta la potencia necesaria de los sistemas de energía auxiliar de calefacción y enfriamiento.

De este modo se puede calcular las dimensiones, que en general se trata de superficies, de los distintos sistemas pasivos y los espesores necesarios de conservación de energía para cada edificio en cada clima del lugar.

La Tabla 1 muestra para el caso de un edificio proyectado para Potrerillos hacia el oeste de la Ciudad de Mendoza, la optimización de la superficie de envolvente que pasa de tener un FAEP<sup>3</sup> de 2,31 a 2,12 (esto permite ahorrar 19 m<sup>2</sup> de superficie de envolvente para un edificio de 100 m<sup>2</sup>). Se indican también espesores de aislamiento térmico en elementos de la envolvente tomando en

<sup>3</sup>FAEP: Factor de Area Envolvente/Piso, representa la superficie de envolvente expuesta del edificio por unidad de superficie de superficie cubierta. Ej.: si es 2,12 implica para una vivienda de 100 m<sup>2</sup> de superficie cubierta 212 m<sup>2</sup> de envolvente expuesta.

Item	Factor	Variable	Valores concretos
<b>Variables geográficas</b>			
		Latitud	32° 58´ S
		Longitud	69° 11´ O
		Altitud	1456 msnm
<b>Variables del clima</b>			
		GDC	2000 °C.día/año
<b>Variables del edificio</b>			
Forma	FAEP		2,31
	FAEP Optimizado		2,12
<b>Conservación de Energía</b>			
Muros	Aislación térmica: PE	Espesor en muros	5 cm
Techos	Aislación térmica: PE	Espesor en techos	7,5 cm
Fundaciones	Opción 1: PU	Espesor en fundac.	2 cm
	Opción 2: Hº c/ perlita	Espesor en fundac.	10 cm

**Tabla 1:** resumen de valores para el anteproyecto del edificio en forma y conservación

Item	Factor	Variable	Valores concretos
<b>SISTEMAS PASIVOS</b>			
Calefacción Solar	Superficie de sistema pasivo	Ventana de abrir + vidrio fijo	6,6 m <sup>2</sup>
			10,6 m <sup>2</sup>
	Fracción de Ahorro Solar		30%
Enfriamiento Natural	Masa térmica	Sup. necesaria	169,9 m2
	Masa térmica c/ventilación	Sve/Scu	3,6 m <sup>2</sup>
		% Calmas	45%
		Sup. Ventilación	6,6 m2
	Tubos enterrados	Cant. De Tubos	7

**Tabla 2:** resumen de valores para el anteproyecto del edificio en sistemas pasivos de acondicionamiento calefacción y enfriamiento

cuenta los grados-día del lugar. Se obtiene la superficie de los sistemas pasivos de calefacción (conformado por ventanas de abrir 6,6 m<sup>2</sup> y vidrio fijo 10,6 m<sup>2</sup> orientados al N). Para enfriamiento natural se indican 169,9 m<sup>2</sup> de masa térmica (muros, techos o pisos macizos igual o mayores de 10 cm de espesor), superficie de aberturas operables para ventilación nocturna (mínimo 3,6 m<sup>2</sup> que por las calmas en el régimen de vientos se deberá aumentar a 6,6 m<sup>2</sup> mínimo) y la cantidad de tubos enterrados si se trata de sistema de enfriamiento subterráneo (7 tubos de 15 cm de diámetro).

**2.7 Capítulo 7:** muestra casos de viviendas y edificios construidos con estas tecnologías y los resultados de la evaluación térmica, temperaturas obtenidas y los consumos energéticos en algunos de ellos.

Se adjuntan casos de 5 viviendas, 3 bioclimáticas y 2 de construcción tradicional para poder ilustrar la comparación. Además se agregan 2 escuelas bioclimáticas y un taller experimental construido con quincha.

### **2.8 Anexos:** Se adjuntan tres anexos.

El Anexo I incluye mapeos e isolíneas de radiación solar mensual, elaborados por Hugo Grossi Gallegos (1998). Esto permite trabajar con sistemas activos ya sea para producir agua caliente o electricidad (fotovoltaicos).

El Anexo II comprende variables bioclimáticas de varias localidades: 49 de la República Argentina y 11 de la República de Chile. Estas variables son: valores mensuales de temperaturas (máximas y mínimas - absolutas y medias - y promedio, humedad relativa, radiación solar, grados-día de calefacción y enfriamiento, precipitaciones, etc.; el diagrama bioclimático con las estrategias para el lugar, carta de sombra temporal y permanente necesaria para ese clima y velocidad y dirección de viento para las cuatro estaciones del año.

El Anexo III se adjunta el programa BTES para el cálculo del balance térmico considerando los distintos sistemas pasivos y de conservación de energía para las localidades indicadas. Este se incluye en CD.

### **3. CONCLUSIONES**

Se indican los contenidos del libro, que como se puede observar, es bastante abarcativo de los conocimientos necesarios en la Arquitectura Bioclimática y Sustentable. En definitiva se trata de acercar los conocimientos necesarios para dimensionar la vinculación edificio-medio ambiente, disminuyendo el impacto ambiental, acercándonos a la mayor sustentabilidad posible, tanto en la construcción del edificio como en su operación a lo largo de toda su vida útil.

El mismo ha sido publicado en 2017 y se ha hecho una tirada de 150 ejemplares, de los cuales, ya se ha comercializado a la mayoría. Además han sido entregados unos 30 a Universidades, bibliotecas y Escuelas Técnicas del Centro-Oeste de la Argentina y a la UNAM de México.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Balcomb J. D., Barley D., McFarland R., Perry J., Wray W. and Noll S. 1982. Passive Solar Design Handbook Vol. 1,2 (en Stein B. y Reynolds J.S. 1992. “Mechanical and Electrical Equipment for Buildings”. Ed. J. Wiley)
- Cuitiño G; Esteves A., Maldonado G., Rotondaro R. 2015. Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha. Rev. Informes de la Construcción. Vol. 67, 537, e063..
- Edwards Brian. 2006. Guia de la Sustentabilidad. Ed. Gustavo Gili. Barcelona.
- Esteves A., Scalia A., Gelardi D. 2018. Arquitectura sustentable. Ajuste del programa de balance térmico en el cálculo de energía auxiliar de calefacción. Acta de la XLI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 6, pp. 02.135-02.146. Córdoba. IPCC, 2014.
- Milne M., Liggett R., Benson A., Bhattacharya Y. 2009. Climate Consultant 4.0 Develops Design Guidelines for Each Unique Climate. [www.aud.ucla.edu/energydesign-tools](http://www.aud.ucla.edu/energydesign-tools) .
- Quadri N. “Instalaciones de Calefacción y Aire Acondicionado”.3ª Ed. Alsina. Bs. As.Grossi Gallegos H. 1998. Evaluación a nivel de superficie de la Radiación Global de Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Salta. Res. 186/98.
- ONU, 2015. Objetivos del Desarrollo Sustentable. Combatir el Cambio Climático. Acuerdo de Paris. Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/combatar-el-cambio-climatico/> .