

# EJEMPLOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA QUE CONTRIBUYEN A LA SALUD DEL HABITANTE Y DEL PLANETA

**Palabras clave:** edificio bioclimático- acondicionamiento térmico natural- ahorro de energía.

**Key words:** bioclimatic building- natural thermal conditioning- energy saving.

La Arquitectura Bioclimática es aquella en la cual la calidad ambiental y la eficiencia energética se obtienen mediante el aprovechamiento racional de los recursos naturales, de modo que contribuya al equilibrio del ecosistema en el cual se inserta. Gauzin-Müller (2002) reivindica en su texto el papel fundamental del enfoque medioambiental en el proceso de toma de decisiones, desde la gestión hasta la socialización, pasando por el diseño, la producción o la participación de todos los agentes involucrados en la cultura arquitectónica y urbanística. Se describen obras ubicadas en diferentes países con situaciones socioeconómicas y desarrollos tecnológicos diversos que muestran sus características bioclimáticas y el ahorro de energía en su acondicionamiento térmico-lumínico. Se exponen experiencias y trabajos de investigación en Argentina. Con mayor detalle, se reseñan los edificios bioclimáticos diseñados y construidos en la región árida, semiárida y sub-húmeda de La Pampa. Ellos han demostrado buenos resultados de ahorro energético. Se destacan dos escuelas, que además integraron el monitoreo del propio edificio a sus actividades de enseñanza. La experiencia desarrollada permitió evaluar diferentes tecnologías de envolventes (paredes, techos y ventanas) y capitalizar errores y aciertos para optimizar futuros proyectos en la región en estudio. Los resultados obtenidos afirman que es factible implementar estrategias de diseño ambientalmente conscientes para disminuir el consumo de energía, lograr confort, mitigar los efectos del cambio climático y contribuir a la transición energética.

## EXAMPLES OF BIOCLIMATIC ARCHITECTURE THAT CONTRIBUTE TO HEALTH OF THE INHABITANT AND THE PLANET

Bioclimatic architecture is that field in which environmental quality and energy efficiency are obtained by means of a rational use of natural resources, contributing in this way to the balance of the ecosystem where such architecture is located. In his paper, Gauzin-Müller (2002) claims that the environmental approach plays a fundamental role in the decision-making process, from the management to the socialization phase, passing through design, production and even participation of all the agents involved in the architectural and urban cultures. This paper describes works located in different countries, showing a variety of social and economic situations and technology developments, with their bioclimatic characteristics and their energy savings related to thermal and lighting conditioning. It also presents experiences and research works carried out in Argentina. In detail, the work carried out in bioclimatic buildings designed and constructed in the arid, semiarid and sub-humid regions of the province of La Pampa are reviewed. These cases have shown good results in terms of energy savings. The particular case of schools is highlighted since they also incorporated the building monitoring stage to the teaching activities of the institutions. The experience developed allowed us to assess different envelope technologies (walls, roofs and windows) and to learn from wise decisions but also from wrong ones to optimize future projects in the region under study. The results obtained suggest that it is feasible to implement environmentally friendly design strategies in order to reduce energy consumption, reach comfort levels, mitigate climatic change effects, and contribute to energy transition processes.

## ■ INTRODUCCIÓN

La obra edilicia permite estudiar la relación entre la arquitectura como

arte y la arquitectura como protección del medio ambiente. La ocupación actual surge a raíz de la situación precaria en que se en-

cuentra el Planeta. La arquitectura nace cuando, después de una *deliberación intelectual* entre diferentes actores -propietario, arquitecto,

## ■ Celina Filippín<sup>1\*</sup> y Silvana Flores Larsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional  
Universidad Nacional de Salta – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

\*E-mail: cfilippin@cpenet.com.ar

ingeniero, constructor, inversor, entre otros- se alcanza el equilibrio adecuado entre clima, tecnología, cultura y ubicación, y se crea con ellos una entidad física. Esta debe ser *algo inherente al proceso creativo*. El 80 % del tiempo de la vida del ser humano transcurre en espacios interiores. La disponibilidad de espacios confortables y de un ambiente saludable no sólo se asocia a un estándar de vida, sino también al consumo de energía y a la polución ambiental. Siempre se debe tener en cuenta que el principal objetivo de cualquier edificio, después del de ofrecer refugio y seguridad, es ofrecer bienestar. El término bienestar es sinónimo de salud, que la Organización Mundial de la Salud define como 'un estado de bienestar total, físico como mental y social'.

## ■ EDIFICIO Y CONFORT

Los edificios son manifestaciones de las innovaciones técnicas; dan cobijo adaptándose a las necesidades de vida y trabajo del hombre; expresan deseos y representan una cultura. *Las tecnologías empleadas en proyectos de arquitectura y su ejecución tienen consecuencias inmediatas respecto al consumo de energía*. Este consumo es hoy, mayormente a costa de fuentes no renovables, expresando simbólicamente la relación problemática entre arquitectura y tecnología que surgió durante la era industrial. Ambas se desarrollaron en forma dependiente y los avances arquitectónicos siempre han estado supeditados a los desarrollos técnicos y de ingeniería, que involucran un mayor consumo de insumos energéticos, tanto para la obra en construcción como para su organización. *El consumo de energía depende en gran medida de las tecnologías usadas durante el proyecto, ejecución y mantenimiento del edificio*. La decisión de emplear una u otra tecnología se basa en tres aspectos: cuánta energía se necesita

para el mantenimiento del edificio, de qué tipo y cómo ésta se genera o se capta.

Los edificios consumen energía para proporcionar bienestar y comodidad a las personas que los habitan. Aunque el confort humano está parcialmente influenciado por una variedad de factores contextuales, culturales y de comportamiento, los edificios y su equipamiento determinan el nivel aceptable de confort para la temperatura del aire interior, la temperatura radiante, la humedad y la velocidad del aire. El sector de la construcción involucra una serie de actores públicos y privados no coordinados, a menudo con intereses en conflicto, que incluye autoridades energéticas y de construcción a nivel nacional y local, propietarios, usuarios, inversores, desarrolladores, diseñadores, ingenieros, proveedores de energía, materiales y

equipos, y otros contratistas (Figura 1). El interés y el conocimiento de los temas energéticos varían considerablemente entre estos actores. Además, el sector de la construcción normalmente sufre de una falta de liderazgo en las mejoras de este tipo de eficiencia. En una recomposición o fusión de esa fragmentación, podemos obtener un modelo más acotado del *objeto arquitectónico*<sup>1</sup> con su morfología, su tecnología y sus indicadores que pueden ser perfectamente cuantificados, y la física del ambiente con sus condiciones climáticas y el contexto geográfico (Figura 2)<sup>2</sup>. En esta recomposición, la concreción del edificio según las reglas del arte y del buen construir, en una determinada localización geográfica y en un contexto cultural determinado, hay un proceso de diseño que no es lineal: involucra un ida y vuelta, discusión y acuerdos entre los diferentes actores.



Figura 1: Fragmentación en el sector edílico.

Clima y contexto geográfico	Arquitectura Indicadores dimensionales y morfológicos	Tecnología de la envolvente Indicadores termo-físicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura (°C)</li> <li>• Amplitud térmica (°C)</li> <li>• Humedad relativa (%)</li> <li>• Radiación solar (MJ/m<sup>2</sup>)</li> <li>• Velocidad de viento (km/h)</li> <li>• Grado-días de calefacción y enfriamiento (°C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perímetro (m)</li> <li>• Índice de compactad: relación entre el perímetro del círculo y el perímetro del proyecto (Ic)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de uso (m<sup>2</sup>)</li> <li>• Volumen (m<sup>3</sup>)</li> </ul> </li> <li>• Área de envolvente (m<sup>2</sup>)</li> <li>• Área efectiva de vidrio (m<sup>2</sup>)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de forma</li> <li>• FAEP</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmitancia térmica (W/m<sup>2</sup>K)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masa térmica</li> </ul> </li> <li>• Capacidad calorífica (J/K)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absortancia</li> </ul> </li> <li>• Coeficiente volumétrico G de Pérdida de Calor (W/m<sup>3</sup>K)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fracción solar</li> </ul> </li> <li>• Consumo de energía en el acondicionamiento de los espacios (kWh/m<sup>2</sup>)</li> </ul>

**Figura 2:** Indicadores del objeto arquitectónico

## ■ EDIFICIO Y CAMBIO CLIMÁTICO

Sufrategui (1994) propone la abstracción de considerar *al edificio como un intermediario o interfase sólida entre las condiciones climáticas interiores y las condiciones climáticas o meteorológicas exteriores*. El cambio climático es probablemente el mayor desafío ambiental y social que debe enfrentar la humanidad, y que fue generado por los seres humanos. En el actual contexto de cambio climático, es sabido que está aumentando significativamente la frecuencia de los eventos extremos denominados “olas de calor” en diversas regiones del mundo (20 % de aumento en EEUU; PSR, 2018). En la ola de calor europea del año 2018 se registraron las mayores temperaturas de los últimos 260 años, con 40 °C en la Siberia y más de 30 °C en el Círculo Polar Ártico, causando una importante crisis de salud pública (BBC, 2018). Menos publicitada aunque no mejor es la situación del Norte argentino, que ha sido detectado como uno de los lugares del planeta en donde más se sentirá el incremento de la temperatura media y de eventos extremos de

altas temperaturas. Existen zonas en donde las temperaturas que superan ampliamente los 40 °C durante varios días (SMN, 2018). Por ejemplo, la ola de calor en Argentina de diciembre de 2013 que se produjo en la zona norte y centro del país, así como también en el norte de la Patagonia, fue la más prolongada vivida en Argentina desde que se iniciaron los registros en 1906, afectando como mínimo 52 ciudades en todo el país (Giambartolomei, 2013). Estos eventos, además de producir disconfort térmico y aumentar significativamente el consumo de energía para refrigerar los ambientes, tienen efectos muy serios en la salud humana y pueden inclusive conducir a la muerte, en particular en niños, adultos mayores de 65 años y personas saludables que no tienen acceso al aire acondicionado, como ya lo ha expresado con mucha preocupación la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2014) y la Agencia Ambiental Europea (EEA, 2012), entre otros.

El arquitecto y los profesionales de la construcción deberán prestar atención a estos aspectos y estar alertas a las proyecciones de los es-

cenarios del cambio climático. El sector edilicio, residencial y comercial, es responsable entre el 30 % y el 40 % de la demanda total de energía mundial y emite un tercio de las emisiones mundiales de gases efecto invernadero (Bhamare et al., 2019).

En este contexto, los edificios representan una pieza crítica para un futuro con bajo nivel de emisiones y un desafío global para la integración con el desarrollo sostenible (Flores Larsen et al., 2019). De acuerdo con la información mencionada anteriormente, el cambio climático obligará a los diseñadores a dar un salto conceptual en la construcción. *Específicamente, los paradigmas de diseño de edificios existentes deben ser reemplazados por nuevos enfoques que tengan en cuenta el clima futuro* (Pajek y Košir, 2017). Se prevé que el calentamiento global afecte notablemente al rendimiento térmico de edificios. Por lo tanto, es responsabilidad de nuestra generación **mitigar impactos del cambio climático**, y contrarrestar sus implicaciones relativamente amargas proyectadas en el entorno construido.

Ya ha sido demostrado por muchos autores que, debido al cambio climático, habrá disminución continua de las necesidades energéticas para calefacción y se espera un aumento de la necesidad de energía para la refrigeración de los edificios (Pajek et al., 2022). Los países del sur global son los que afrontan los mayores riesgos frente al cambio climático, aunque ellos tengan la menor responsabilidad histórica en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero y dispongan de escasos recursos para mitigar los riesgos climáticos. Estas naciones deben considerar nuevas políticas y estrategias de desarrollo, e invertir en capacidades y activos con el fin de superar el desafío que constituye desarrollarse en un clima más adverso (Camilloni, 2018). La misma autora expresa ¿Será posible adaptarse al cambio climático? ¿De qué forma habrá que actuar para hacerlo? Esa adaptación es importante porque permitiría reducir sus consecuencias desfavorables, tanto para los sistemas naturales como sociales. Medidas como la promoción del uso eficiente de la energía y su ahorro y/o la exclusión de su derroche, el mejor uso del territorio y las prácticas sostenibles de explotación agropecuaria y forestal pueden limitar la magnitud del cambio climático y de sus consecuencias (Camilloni, 2008).

El desafío para nuestro país es múltiple: se requiere afrontar el crecimiento de la demanda energética y la vez reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En el caso del sector edilicio, esto se puede lograr, como ya es ampliamente reconocido a nivel global, a través de la aplicación de estrategias bioclimáticas de diseño (orientación del edificio, aislación térmica, materiales utilizados, ganancia directa, etc.), rehabilitación energética edilicia y uso de sistemas pasivos o híbridos

de acondicionamiento que involucren energías renovables. La arquitectura bioclimática puede y debe contribuir a mitigar los impactos del cambio climático y a la transición energética.

## ■ ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA INTERNACIONAL Y NACIONAL

### ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Entre los proyectos piloto de arquitectura bioclimática europeos se destacan el Cepheus (del programa Thermic) aprobado por la Comisión Europea para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen doméstico. Este abarcó 250 viviendas unifamiliares o colectivas construidas entre 1999 y 2001 en cinco países europeos, todas con características de casa pasiva<sup>3</sup> y utilizando solamente energías renovables para su calefacción. Por otra parte, el proyecto Salvatierra en Rennes (Francia) está compuesto por 40 viviendas pasivas construidas con muros de tierra, madera y cañamo. También cabe nombrar en Avax (Atenas) el proyecto de Energía y Confort 2000 y en Helsinki el programa Sunh de viviendas colectivas en el barrio Viikki, proyectado para ahorrar energía empleando construcción ecológica junto con energía solar. Varios proyectos piloto de vivienda solar han sido subvencionados en el marco del grupo de trabajo europeo sobre energías renovables Read. El barrio de Regensburg (Alemania) abarcó 500 viviendas y en Linz (Austria) 1.500; hacen hincapié en la elección de materiales ecológicos, estructura de madera, reducción de las pérdidas térmicas o en instalaciones que utilizan pasiva y activamente la energía solar (*Dominique Gauzin-Müller - Arquitectura Bioclimática*).

Helder Gonçalves, coordinador de la Red CYTED “Red Ibero

Americana para el Uso de Energías Renovables y Diseño Bioclimático en Viviendas y Edificios de Interés Social”, compila en 2005, diversos proyectos y edificios construidos. Entre ellos, el Hospital Sarah (Brasil), inaugurado en marzo de 1994 que tiene sus galerías de mantenimiento que se utilizan como conductos de ventilación y distribución de aire fresco a la mayoría de sus ambientes hospitalarios. Con una ubicación privilegiada, en lo alto de una típica loma del relieve de Salvador, privilegia los factores climáticos. Su diseño horizontal permite la integración con las zonas de terrazas y jardines, y facilita el desplazamiento y paseo de los pacientes. La arquitectura aprovecha los elementos de la naturaleza, como el viento, el agua y la vegetación, haciendo el ambiente más agradable climáticamente, más aireado y con pocas tasas de infección hospitalaria, además de necesitar menos recursos energéticos convencionales. La iluminación natural sirve de apoyo para la iluminación artificial, así como el sistema de ventilación y humidificación del aire.

### ANTECEDENTES DE DISTINTOS GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ARGENTINA

En Argentina, el INENCO (Instituto Nacional de Energías No Convencionales) de la Universidad Nacional de Salta ha participado de experiencias exitosas de edificios bioclimáticos en distintas zonas geográficas del Noroeste de Argentina, entre los que se cuentan construcciones de distinto tipo y uso, como viviendas, edificios de salud, educativos, etc. Desde 1981, se trabajó en el diseño y la evaluación térmica y económica de alternativas tecnológicas de envolventes energéticamente eficientes y de bajo mantenimiento, en función de los materiales y la calidad de mano de obra,

para edificios sociales y educativos, edificios en altura, y construcciones para la producción de plantas en colaboración con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA Catamarca, Argentina). Entre las construcciones de los años 80 cuyo diseño térmico energético estuvo a cargo de investigadores del Instituto se encuentran el barrio solar de 15 viviendas en Cachi (Ibarra y Lesino, 2007) y la vivienda solar en Abra Pampa, de la Estación Experimental del INTA. La vivienda se localiza en la puna jujeña en una planicie a 3.500 m sobre el nivel del mar. Esta zona se encuentra entre las que mayor radiación solar recibe en la Argentina, con muy escasas lluvias estivales, grandes amplitudes térmicas diarias y necesidad permanente de calefacción de los edificios. Es una región clasificada como muy fría y son frecuentes en el invierno temperaturas mínimas de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tanto en la instancia del diseño como el de las de selección de los materiales y construcción de la casa, se tuvo en cuenta el uso de materiales autóctonos, por la distancia a los centros de producción y la adopción de estrategias bioclimáticas por la dureza del clima. Este proyecto se fundamentó sobre criterios constructivos orientados a la conservación de la energía y la aplicación de sistemas solares pasivos. La vivienda tiene una superficie total de  $270\text{ m}^2$  incluyendo el espacio invernadero ubicado en su cara Este y el garaje. Está construida con gruesos muros dobles de piedra con aislamiento térmico en el medio y toda su extensa cara norte es un muro Trombe Michel<sup>4</sup> que incluye ventanas para ganancia directa. La cubierta es liviana, con terminación exterior de chapa de acero y fuertemente aislada en lo térmico. Toda la construcción es antisísmica mediante una rígida estructura de hormigón armado. La vivienda se proyectó con el criterio de vivienda experimental, lo que limitó un tanto la aplicación

de un mayor despliegue de recursos arquitectónicos formales. Fue durante un tiempo objeto de estudio por parte de los especialistas locales y es un interesante ejemplo de adaptación al riguroso clima de la Puna (Lesino et al., 1988).

Entre los desarrollos actuales más relevantes en el Noroeste se encuentra el primer hospital bioclimático del país, ubicado en Susques (Puna Jujeña, 2008), y el edificio de oficinas Palermo (con doble piel de vidrio y fachada verde), en el centro de la ciudad de Salta. Hernandez y Lesino (2007) describen las estrategias de diseño del Hospital Materno Infantil de la localidad de Susques, en la Puna Jujeña, primer hospital bioclimático construido en la Argentina. Tiene una superficie de  $750\text{ m}^2$  y fue financiado conjuntamente por los Gobiernos Nacional y de la Provincia de Jujuy. A fin de calefaccionar el edificio durante el invierno, se incluyeron muros Trombe, ventanas para ganancia directa y colectores solares calentadores de aire. Para el calentamiento del agua de uso sanitario se instalaron, además colectores solares planos con una capacidad de 2.000 litros.

El Edificio Palermo en la Ciudad de Salta, es un edificio comercial con orientación Oeste. Tiene una superficie cubierta de  $5.500\text{ m}^2$ , una altura de 18 m, tres subsuelos que funcionan como estacionamiento, planta baja y cinco pisos de oficina. Las estrategias utilizadas teniendo en cuenta la orientación Oeste, fue la doble fachada vidriada, utilizando vidrios con reducción del ingreso de radiación solar y el uso de fachada verde al Este (Flores Larsen y Filippin, 2015).

Desde sus orígenes en 1975, el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), actual Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE)

del Centro Científico Tecnológico CONICET, Mendoza, ha desarrollado investigaciones interdisciplinarias dirigidas a mejorar el hábitat humano regional. El grupo de investigación ha crecido sostenidamente hasta el presente, con la profundización de los estudios, la ampliación de las líneas de investigación y la transferencia. Las investigaciones están estrechamente relacionadas con el aprovechamiento energético y los aspectos ambientales, con el objetivo de alcanzar el bienestar térmico y lumínico de edificios públicos y privados a través del uso de recursos renovables. Mitchell y Basso (2005) describen algunas de las investigaciones en la provincia de Mendoza. Una de ellas, el diseño y la construcción del primer prototipo experimental argentino de vivienda con aprovechamiento de energía solar "Enrico Tedeschi", dentro del Programa Especial de Investigación y Desarrollo de Vivienda Popular de la Organización de los Estados Americanos (OEA), programa iniciado en 1977 con el apoyo de la Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (SECYT), la Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda (SE-DUV) y el Instituto Provincial de la Vivienda del Gobierno de Mendoza (IPV). Con la inauguración de este prototipo, el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV) dirigido por el Arq. Carlos de Rosa, abre el camino hacia nuevos objetivos en el campo de la construcción y el ahorro energético.

En 1990, el Gobierno de la Provincia de Mendoza, puso en marcha un programa de proyectos de investigación y desarrollo sobre problemas de interés provincial, con resultados de transferencia inmediata. El objetivo fue el desarrollo de edificios escolares rurales energéticamente eficientes, incluyendo medidas de conservación, calefacción solar pasiva, iluminación natural, calenta-

miento solar de agua y sistema fotovoltaico minimizando consumos de energía convencional, dentro de criterios de racionalidad en el uso de los recursos. Entre ellos fueron diseñados y construidos: Escuela 1-374 Petroleros del Sur en Malargüe, Escuela Técnica Agraria Moisés Chade, Escuela N° 4-041 Alicia Moreau de Justo, el Albergue Escuela N° 8-597 Pedro Scalabrini y la Escuela N° 4-110 Presidente Nicolás Avellaneda. Para más detalles ver: Esteves y Fernández Llano (2000); de Rosa et al. (1998); Mitchell et al (1999); de Rosa et al. (1993).

Integrantes del Grupo de Investigación del Instituto de Estudios del Hábitat (IDEHAB), de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) exponen trabajos que ejemplifican de alguna manera el desarrollo de una trayectoria de 25 años de la temática del diseño arquitectónico a partir de la experiencia desde la investigación científica, mediado por una conciencia ambiental. Rosenfeld et al. (2005) detallan, entre esos trabajos el conjunto habitacional CESAD compuesto por 30 viviendas solares localizado en la ciudad de La Plata (Provincia de Buenos Aires), que contempló la conservación de energía, calefacción solar, refrescamiento pasivo y calentamiento solar de agua. Se construyó como unidad demostrativa una de las viviendas que fue premiada con Medalla de Plata y certificado del Distrito de Columbia (EUA), en la Segunda Bienal Internacional de Arquitectura de la UIA, INTERARCH-83 de Bulgaria.

Investigadores del Centro de Investigación Hábitat y Energía de la FADU-UBA en el marco del Programa de Asistencia Técnica en Arquitectura Bioambiental, muestran la factibilidad de realizar proyectos de bajo impacto ambiental y alta efi-

ciencia energética, condiciones de confort por medios naturales, implementar estrategias de diseño bioclimático e incorporar sistemas solares en arquitectura. Entre los casos de estudio de Schiller et al. (2002), describen la Estación de Biósfera Yabotí, centro de estudios en biodiversidad en la Selva Misionera para el PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo). La Estación se localiza en una zona caracterizada como climáticamente "muy cálida".

Di Bernardo et al. (1978, 1979) describen la Casa Sol 55. Una organización lineal de los cuerpos principales apoya según los autores la búsqueda de una idea vigorosa reforzando el énfasis de la orientación norte que permite el acondicionamiento natural de todos los lugares de la vivienda y el aprovechamiento pasivo del recurso solar.

En el Instituto de Acondicionamiento Ambiental - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán, el trabajo 'Sustentabilidad en escuelas de Tucumán. Evaluación ambiental y propuestas de optimización' de Ledesma et al. (2016) tiene como objetivo establecer las condiciones ambientales en los espacios de enseñanza, mediante la evaluación de los aspectos higrotérmicos y lumínicos de aulas de escuelas en situaciones climáticas diferentes, a fin de realizar propuestas para mejorar las condiciones de confort ambiental interior a través de un diseño sustentable. Se determinó, además, la valoración subjetiva de los usuarios sobre las mencionadas condiciones ambientales, a partir de encuestas y entrevistas, con el objetivo de reconocer el grado de aceptación y satisfacción que los alumnos y maestros, tienen sobre las condiciones ambientales de las aulas. A partir de los resultados alcanzados los autores propusieron y evaluaron solu-

ciones de diseño particulares para cada escuela que permitirían optimizar las condiciones ambientales interiores, a la vez de disminuir los consumos energéticos. A través de la implementación de las soluciones planteadas, las cuales son de resolución constructiva simple y económicamente viables, pretenden aportar a la sustentabilidad de los edificios escolares analizados, mejorando la calidad de vida de docentes y alumnos y disminuyendo el consumo energético para el acondicionamiento artificial.

El Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La Plata, entre sus líneas de investigación prioritaria detalla al estudio de los aspectos ambientales, energéticos, políticos y de gestión, en el marco de la sustentabilidad ambiental y social; el uso eficiente de la energía, su modelización, y la problemática del aprovechamiento de las energías renovables; los estudios territoriales, ambientales y de transporte, Los problemas referentes al cambio climático, al mejoramiento de la calidad de vida urbana y su impacto ambiental y la relación entre el crecimiento urbano regional, el ambiente y el paisaje. El valor del suelo en los procesos de crecimiento urbano. Andersen et al. (2017) en su trabajo "Monitoreo energético y estrategias de *retrofit* para viviendas sociales en clima frío", abordan la aplicación de tecnologías y pautas para el reciclado masivo de viviendas urbanas representativas. Evalúan el comportamiento energético actual en una vivienda social "tipo" con un alto nivel de replicabilidad y cuantifican el potencial ahorro energético al aplicar diversas estrategias de mejoramiento de la envolvente edilicia que permitan arribar a valores admisibles de pérdidas térmicas, de acuerdo con la normativa argen-

тина. Describe la tecnología, el comportamiento térmico y energético de una vivienda perteneciente al barrio "645 Viviendas" (desarrollado por El Instituto de Planificación y Promoción de la Vivienda), ubicada en la ciudad de S. C. de Bariloche, en la zona bioambiental IV, muy fría. El barrio presenta una emergencia energética de gran magnitud, ya que no se encuentra conectado a la red de gas natural. Los autores analizan 24 estrategias de mejoramiento de la envolvente térmica, posibilitando la identificación de las estrategias de mayor impacto en la reducción de la demanda energética.

En el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat. Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan., Argentina, Blasco Lucas (2017) en su trabajo "Rehabilitación termoenergética de envolvente en vivienda barrial masiva, localizada en clima semi-árido de Argentina", y con el fin de proponer variantes que mejoren el comportamiento termoenergético de la envolvente de las viviendas construidas en el Gran San Juan, ciudad oasis, estudia las estrategias de diseño más apropiadas para la región; realiza un diagnóstico y la caracterización higrotérmica y energética de las viviendas, y de sus usuarios y una evaluación microeconómica en el ciclo de vida de las diferentes alternativas seleccionadas para contribuir a una mayor eficiencia termo-energética de la vivienda.

En el Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable (LAYHS), Facultad de Arquitectura y Urbanismo de Universidad Nacional de La Plata, Jorge Daniel Czajkowski en el trabajo: "Gestión sustentable de proyectos edilicios y su construcción" (Czajkowski, 2016) detalla: "en la Argentina, la gestión del proyecto y construcción de edificios se ha realizado en gran parte sin tener

en cuenta el clima del sitio, el uso racional y eficiente de la energía, el uso de energías renovables o el contenido energético de los materiales en el cuerpo del edificio. El trabajo trata esta situación que aqueja al país desde la arquitectura y la construcción del hábitat. A modo de conclusión dice el autor, entre otros argumentos, se necesita un programa nacional activo y continuo sobre construcciones sustentables y se debería incorporar el cumplimiento de las Normas IRAM en todos los Códigos de Edificación y reformar el Pliego de bases y condiciones para la obra pública. Es contundente: NO se puede hablar de SUSTENTABILIDAD sin Eficiencia Energética. En el mismo laboratorio, Gómez (2003) evalúa el comportamiento higrotérmico en áreas de reserva y conservación de bienes culturales del Museo Nacional del Grabado. Las condiciones ambientales de la zona templada-húmeda argentina no son favorables para la conservación de bienes culturales. En los establecimientos medidos en los últimos años se registra una permanente situación ambiental que pone en serio riesgo de deterioro del patrimonio cultural. Los responsables de los establecimientos perciben el problema, pero no cuentan con los conocimientos, capacidad de gestión y presupuesto para introducir mejoras. Las soluciones en nuestro medio deben tender a los sistemas pasivos, de bajo mantenimiento, ideales para estas situaciones donde los presupuestos son escasos. Esto debe ser acompañado con un minucioso plan de conservación basado en el trabajo con los profesionales a cargo de las instituciones.

### **EDIFICIOS BIOCLIMÁTICOS EN LA PROVINCIA LA PAMPA.**

Se plantea una reseña más detallada de los estudios en la Pampa dado que las autoras del presente trabajo

han estado involucradas en el diseño, la simulación y el monitoreo térmico-energético cuyos resultados permiten mostrar los beneficios de los edificios bioclimáticos. En la provincia los edificios son convencionales<sup>5</sup> por lo tanto no responde a pautas que tiendan a minimizar el consumo de energía fósil. Poseen Coeficiente Volumétrico de Pérdidas (G) que superan los valores establecidos por la Norma IRAM<sup>6</sup> 11604. Dentro del total de energía consumida anualmente por los edificios escolares el consumo de gas natural, de alta variabilidad estacional, absorbe un porcentaje de alrededor del 90 %, y su destino final es la calefacción de los espacios. En este marco a partir de 1993 la construcción de edificios bioclimáticos fueron promovidos por instituciones públicas: la Universidad Nacional de La Pampa, el Ministerio de Educación de la provincia de La Pampa y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. En la Tabla 1 se observan las coordenadas geográficas y algunos datos climáticos de cada localidad donde fueron emplazados. La Figura 3 muestra la ubicación de la provincia de La Pampa. Los objetivos tenidos en cuenta al diseñar fueron: minimizar el consumo de energía convencional en el acondicionamiento térmico y lumínico, optimizar las condiciones de confort de sus usuarios, usar tecnología tradicional y minimizar el sobrecosto de inversión de los recursos bioclimáticos de diseño. Las estrategias de diseño: solarización y una envolvente energéticamente eficiente, ventilación e iluminación natural. Solarización a partir de la ubicación de las áreas transparentes al norte con aleros y/o protecciones exteriores para sombrear en verano. El diseño arquitectónico se caracteriza por la compacidad y un valor de FAEP menor a 2 (Esteves et al., 1997). Desde el punto de vista tecnológico cada edificio tiene su par-

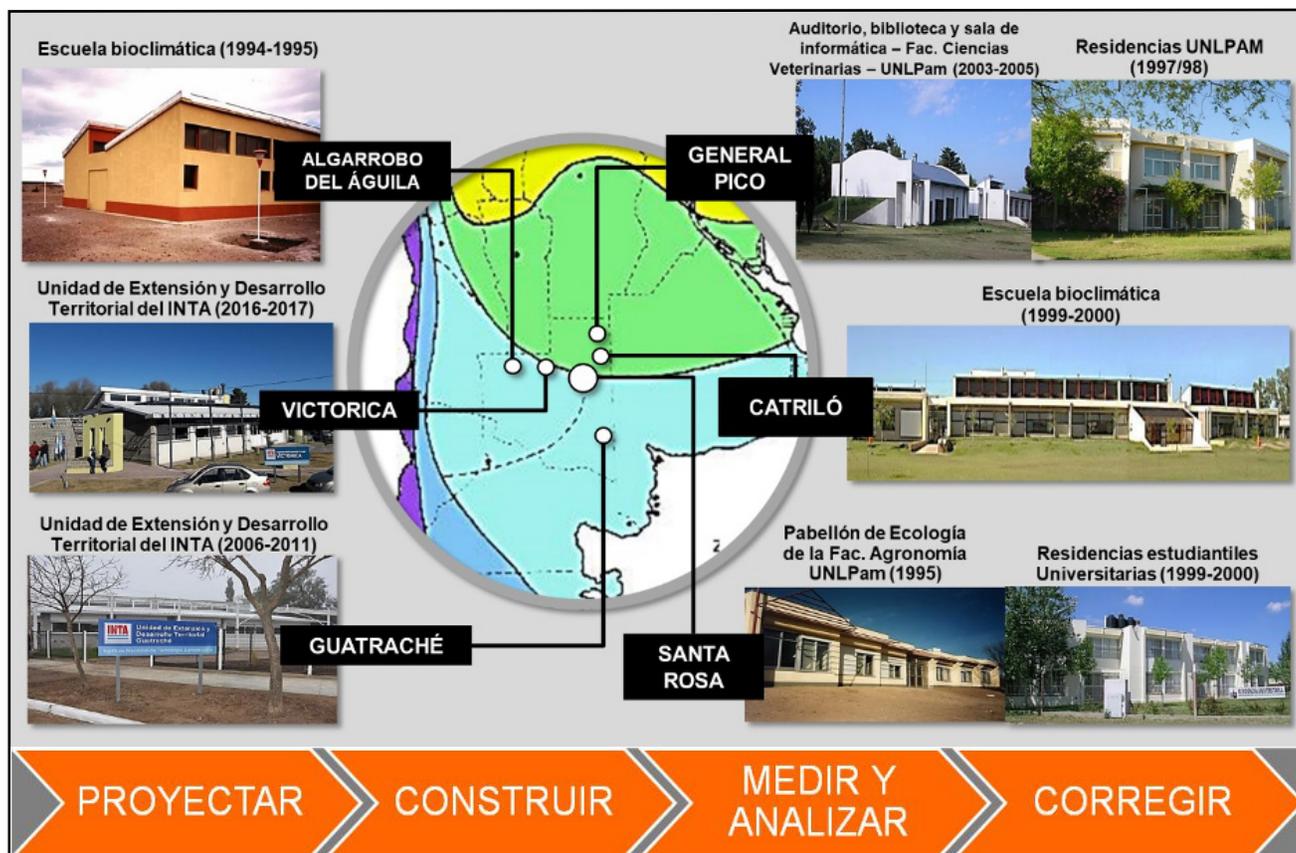


Figura 3: Edificios construidos y monitoreados entre 1994 y 2018

Tabla 1: Coordenadas geográficas y algunos datos climáticos

LOCALIDAD	LATITUD (°)	LONGITUD (°)	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)	TEMPERATURA MEDIA (°C)			GRADOS-DÍA ANUAL (base 18°C)	RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL (MJ/m <sup>2</sup> )	PRECIPITACIÓN (mm)
				ANUAL	MÍNIMA (Julio)	MÁXIMA (Enero)			
ALGARROBO DEL ÁGUILA	36.2	66.1	320	15.6	-0.6	33.3	1646	18.8	340
GUATRACHÉ	37.4	63.3	175	14.6	1.1	31.5	1505	18.8	620
VICTORICA	36.2	65.4	312		1.8	31.5	1396	23.4	380
SANTA ROSA	36.6	191	189	15.5	1.4	30.5	1545	16.3	726
CATRILÓ	36.2	66.5	320	15.1	0.5	30.5	1620	16.3	800
GENERAL PICO	35.7	63.8	145	15.8	1.8	30.3	1187	16.4	900

particularidad, pero en general tienen sus paredes exteriores con de tres capas: 1- una pared maciza de ladrillo que le otorga la masa térmica que almacena la energía solar que ingresa por las ventanas, 2- una capa de aislante térmico y 3- una última capa hacia el exterior, que protege a la anterior y otorga la impronta al edificio. La cubierta está formada por una estructura resistente, la aislación térmica y la impermeabilización hidrófuga, común a cualquier techo. Las áreas transparentes son de doble vidrioado hermético. Los cimientos están aislados para disminuir las pérdidas energéticas hacia el suelo de fundación. La tecnología permite alcanzar valores de un Coeficiente Volumétrico de Pérdidas (G) que satisfacen los requerimientos de la Norma IRAM 11604 (2001).

## DE LOS EDIFICIOS NO RESIDENCIALES:

*Escuela en Algarrobo del Águila:* las escuelas son casos particulares puesto que su período de uso diario concuerda con la mayor disponibilidad del recurso solar y además son edificios con altas cargas internas de energía. La escuela fue la primera experiencia de un edificio bioclimático construido en el ámbito oficial de la provincia, ubicada en el oeste de La Pampa en un ambiente típicamente desértico. La región acusa una densidad poblacional de 0,06 a 0,1 hab/km<sup>2</sup>, con el mayor índice de analfabetismo y el mayor porcentaje de necesidades básicas insatisfechas. El proyecto se desarrolló en una tira de ocho módulos lo que abarcó una superficie total de 357 m<sup>2</sup>. Mediante un quiebre en la cubierta, además de las aulas, también poseen ganancia solar directa al Norte la zona de la administración y los servicios, ubicadas al Sur (Filippín et al., 1993). Las paredes y los techos tienen aislación térmica de acuerdo con la descripción



de párrafos anteriores en Edificios Bioclimáticos en la Provincia de La Pampa y según muestra la Figura 4. Durante 1995 las experiencias realizadas con las maestras y los alumnos mostraron temperaturas exteriores de  $-10^{\circ}\text{C}$  en el mes de julio, y en las aulas  $14^{\circ}\text{C}$  al mediodía sin calor auxiliar (Ver Filippín y de La Mata, 1995). La encuesta socio-ambiental realizada indicó que, si bien suelen considerarse para el diseño temperaturas mínimas de confort alrededor de los  $18^{\circ}\text{C}$ , en este caso particular los alumnos y docentes encuestados dijeron encontrarse en situación

de confort térmico con  $17^{\circ}\text{C}$ . Aún con la posibilidad de poner en funcionamiento los calefactores, éstos permanecieron apagados la mayor parte del tiempo por considerarse innecesarios. El consumo anual de energía en calefacción en 2003 corresponde a un 90 % de ahorro respecto a una escuela de diseño y tecnología convencional para la región en estudio, con lo cual se alcanzó exitosamente el objetivo primordial de diseñar un edificio energéticamente eficiente cuyo costo no superara al de una obra convencional. Una conducta acorde con los prin-

cipios del uso racional de la energía se mantiene desde la inauguración del edificio en el año 1995 (Filippín et al., 2005).

### ■ PABELLÓN DE ECOLOGÍA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA (UNLPAM)

En año 1993 docentes e investigadores de la cátedra de Ecología de la Facultad de Agronomía de la UNLPam solicitan la construcción de un edificio bioclimático. El diseño tuvo desde el inicio un fuerte condicionamiento, su costo, que no debía superar al de un edificio de tecnología convencional. Es de tipología compacta con sus seis oficinas orientadas al norte. Los laboratorios se ubican al sur pero con captación solar a través de ventanas altas al norte. Las distintas áreas funcionales ocupan una superficie de 315 m<sup>2</sup> y un volumen de 631,5 m<sup>3</sup>. El sistema de refrescamiento está integrado por intercambiadores de calor aire - tierra y aspiradores estáticos en la cubierta. El sistema refuerza la ventilación cruzada a través de ventanas.

Su construcción finalizó y se habilitó en julio de 1995. Se inicia en forma inmediata un plan de monitoreo en condiciones reales de ocupación con el objeto de evaluar el comportamiento térmico. Según un informe de los usuarios no hubo calefacción auxiliar y las cortinas de enrollar se levantan totalmente y se bajan, a las 8 y 18h. Amplitudes térmicas de 6 y 19 °C, interior y exterior respectivamente son el resultado de las mediciones realizadas en el período señalado. El consumo anual promedio de energía en calefacción significó un ahorro del 76.5% para un edificio de bajo consumo de acuerdo con Sartori y Hestnes (2007). El mayor consumo de gas se registró en junio, julio y agosto para el período 1998-1999. En el mes de

febrero de 1996 se registran temperaturas interiores, sin acondicionamiento artificial, de 27,4 y 26,6 °C máxima y mínima respectivamente, valores que se ubican en el límite del área de confort sin ningún tipo de acondicionamiento artificial. La incorporación de la ventilación como parte del sistema de refrescamiento favorece la situación de bienestar. En función de los resultados obtenidos el nivel de confort alcanzado, sin acondicionamiento artificial en verano y con ahorro de energía en calefacción resultó superior a cualquier edificio construido tradicionalmente (Filippín et al, 1996; Filippín et. al, 1998). Luego de 22 años de uso del edificio se realizó un análisis termográfico sobre el sector sudoeste de la envolvente. Los resultados mostraron que no hay patologías constructivas relevantes, esto permite inferir que el sistema constructivo utilizado en muros y techos fue adecuado y que soporta adecuadamente el paso del tiempo, a diferencia de otros sistemas constructivos aislados como el descrito en Nardi et al. (2016), que en menos de 7 años ya evidenció considerables deficiencias. Se considera que fue crucial la inspección meticulosa en obra al momento de la instalación de las aislaciones, lo cual aseguró la correcta instalación de las mismas (Filippín y Flores Larsen, 2017).

### AUDITORIO PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

El proyecto del edificio cubre un área de más de 600 m<sup>2</sup>. La región corresponde a un clima templado frío. En marzo de 2000 fue inaugurado el auditorio con capacidad para 200 personas. Por la función específica del edificio y por tratarse de una construcción de uso intermitente y de alta densidad de ocupa-

ción, las pautas de diseño fueron: edificio energéticamente eficiente, lumínicamente controlable y rápida respuesta del ambiente interior al sistema de climatización artificial. En el mes de Junio del 2000 se inició el monitoreo para analizar el comportamiento térmico del auditorio sin usuarios pero con climatización artificial concentrada en tres días. Para el período comprendido entre el 19 y el 30 de Junio de 2000 los registros mostraron una respuesta inmediata del edificio al encendido de la calefacción. (Filippín et al., 2000).

### ESCUELA EN CATRILO

Se localiza en un entorno de viviendas de baja densidad de una sola planta. El acceso principal se plantea hacia el SE. Un espacio abierto al norte permite el desarrollo de actividades lúdicas y deportivas. Todas las áreas destinadas a las actividades de enseñanza - aprendizaje tienen ganancia solar directa. El área de recursos pedagógicos combina ganancia solar directa e indirecta (colectores de aire). Se adosa al laboratorio un invernadero concebido como espacio destinado a actividades pedagógicas y de compensación térmica. Entre la circulación y las áreas pedagógicas se incorporan ventanas, como estrategia de diseño para integrar visualmente los espacios, y como estrategia de climatización para minimizar la zonificación térmica. La tecnología empleada en la envolvente persiguió dos aspectos: almacenar en el interior la energía captada y minimizar las pérdidas. El edificio posee un coeficiente volumétrico de pérdidas (G) de 0.94 W/°Cm<sup>3</sup>. La cifra ofrece una reducción de más del 50 % respecto al valor promedio de edificios escolares en la región en estudio. El uso de ventanas entre zonas pasivas (áreas pedagógicas) y zonas no pasivas (circulación), permitió un intercambio de calor que favorece la climatización

natural de la circulación y la atenuación del sobrecalentamiento en las áreas soleadas. El consumo anual de energía en calefacción corresponde a un ahorro del 49 % respecto a una escuela convencional, para alcanzar una temperatura promedio interior adecuada. En una segunda etapa del monitoreo, y como parte de un proyecto educativo institucional, participaron brigadas de alumnos en la toma de datos en medidores de gas. Se mantuvieron temperaturas que en ciertos momentos superaron los 27 °C. El ahorro se podría optimizar sin perturbar el confort de los usuarios (Filippín, 2005). El análisis de los resultados del monitoreo permitió hacer sugerencias al personal directivo y de maestría de la escuela solar para eficientizar el sistema de calefacción sin perturbar el bienestar.

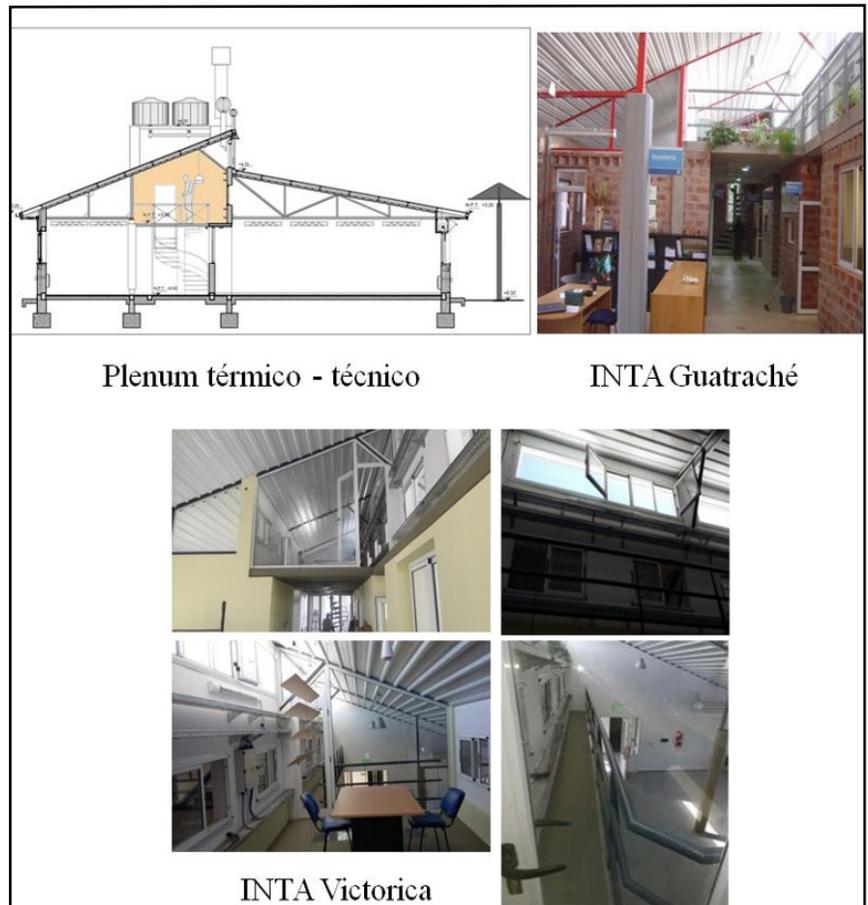
#### AUDITORIO CON ACONDICIONAMIENTO SOLAR CONSTRUIDO EN LA LOCALIDAD DE GENERAL PICO PARA LA UNLPAM

El edificio fue inaugurado en junio de 2005. La superficie de la sala para 200 personas es de 252 m<sup>2</sup>. El edificio fue monitoreado y debido a que el edificio es de uso intermitente, interesan las temperaturas promedio durante el periodo de ocupación (8:00 a 19:00): la media exterior fue de alrededor de 9 °C, mientras que la media en el Auditorio fue de 15°C. El análisis para este periodo indica que, debido al termostato automático, la temperatura interior nunca descendió de los 20 °C, siendo prácticamente independiente de las condiciones climáticas exteriores. Durante el verano el Auditorio se comportó satisfactoriamente: para días con máximas exteriores de hasta 30 °C, los valores máximos en el interior raramente alcanzaron los 27 °C, por lo que el edificio se encontró siempre dentro de la zona de con-

fort aún con el aporte metabólico de 200 alumnos. Este logro es muy importante debido a que las condiciones climáticas de la localidad preveían un sobrecalentamiento del edificio si no se aplicaban técnicas de acondicionamiento adecuadas. La situación se vio favorecida con la incorporación de los toldos de sombreado sobre los colectores solares. Solamente para días con temperaturas exteriores más altas (mayores a 35 °C), sería necesario el uso de un equipo de aire acondicionado si se quiere mantener la temperatura interior por debajo de los 28 °C (ver Flores Larsen et al., 2008).

#### UNIDAD DE EXTENSIÓN Y DESARROLLO TERRITORIAL DEL INTA EN GUATRACHÉ (LA PAMPA)

El edificio se terminó de construir en marzo de 2011. La localidad de Guatraché se ubica en el extremo SE de la provincia. Pertenece a una región sub-húmeda seca, de mesetas, valles, colinas y planicies con cultivos, pastizales bajos y bosques abiertos. El diseño priorizó además de la climatización natural de los espacios, la flexibilidad, su bajo costo de operación y mantenimiento, y una zonificación clara de las distintas áreas funcionales, que se distribuyen sobre un eje E-O con áreas



Plenum térmico - técnico

INTA Guatraché

INTA Victorica

**Figura 5:** Plenum técnico-térmico, un elemento determinante del diseño bioclimático. Permite regular la ventilación natural entre el sector norte y sur del edificio, favorece la iluminación natural en una parte del sector sur. Facilita la apertura y limpieza de ventanas altas

transparentes al norte. El edificio tiene una superficie de 269 m<sup>2</sup>. La resistencia térmica de la envolvente, como en todos los edificios, se logra a través de paredes de tres capas y techos con aislación térmica. Un elemento determinante del diseño es un *plenum* técnico-térmico, con ventanas hacia el ecuador, que se ubica entre la zona norte y la zona sur y a 2,40 m de altura sobre la circulación, área que aloja todas las instalaciones y además actúa como un sector captador-almacenador-compensador de energía solar. El *plenum* fue pensado como un 'volante térmico' que permitiera operar el edificio de modo distinto según las estaciones: reforzará el calentamiento del sector sur del edificio a través de la apertura de las ventanas que se ubican entre ambos sectores y por otro, permitirá un manejo cómodo y conveniente de las ventanas altas para optimizar la ventilación natural y cruzada en verano (ver Figura 5). El costo extra por solarización y conservación fue de alrededor del 8 % (Filippín y Marek, 2010). El consumo energético en calefacción sólo superó en un 5% al valor definido para un edificio de bajo consumo según Sartori y Hestnes (2007). El monitoreo mostró que el comportamiento térmico y el desempeño energético cumplieron con las expectativas tanto de los diseñadores como de los usuarios, y se considera satisfactorio y prometedor para edificios de bajo consumo de energía. (Filippín et al., 2015)

#### **UN EDIFICIO BIOCLIMÁTICO EN UNA ZONA DE ALTA RADIACIÓN DE ARGENTINA: UNIDAD DE EXTENSIÓN Y DESARROLLO TERRITORIAL DEL INTA EN VICTORICA)**

El diseño es compacto con un área de 298 m<sup>2</sup> un índice de compacidad del 95 % y un valor de FAEP (relación envolvente/área útil) de 1,61,

que indicaría la eficiencia energética del sistema. El área colectora solar (área de vidrio efectivo) es del 7 % del área útil del edificio. Las áreas funcionales se distribuyen según un eje E-O. Las oficinas están orientadas hacia el norte y tienen acristalamiento transparente para la ganancia solar directa en invierno. El sector sur aprovecha el recurso solar a través de ventanas altas. La sala de usos múltiples (SUM) está destinada a actividades de divulgación de tareas propias de la institución y de socialización, y está ubicada en el lado NW y mirando hacia el norte. Esta área está conectada con el resto del edificio (gestión-extensión-investigación) a través de una circulación de este a oeste. Un elemento a destacar es el *plenum* técnico-térmico, que tiene ventanas que dan al ecuador y se ubica entre las áreas norte y sur, a una altura de 2,40 m por sobre el pasillo. Este sector debería actuar como regulador de los flujos de aire y energía con un acceso fácil para la apertura de ventanas que favorecen la ventilación natural cruzada en verano y su cierre en el invierno evitando la estratificación térmica con la administración.

Los resultados del monitoreo experimental muestran un entorno térmicamente aceptable. El área colectora al norte del 7 % respecto al área útil es apropiada. El ambiente interior del edificio es térmicamente aceptable durante invierno y verano. El consumo anual de energía en calefacción significó un ahorro del 33% según Sartori y Hestnes (2007). La reducción del área vidriada efectiva al norte a un 7 % de la superficie útil del edificio, sumada a una envolvente energéticamente eficiente, permitió alcanzar el confort térmico con un importante ahorro energético. En el verano, aleros y protecciones externas de las áreas transparentes contribuyen a minimizar el ingreso de radiación solar. Por

otro lado, los usuarios tuvieron una participación activa en el uso de los sistemas pasivos y mecánicos en invierno y verano en acuerdo con las sugerencias realizadas por los profesionales responsables del diseño. Para la semana más calurosa (enero 8-12/2018), el pico de consumo se presenta después del mediodía, debido al uso de refrigeración. Finalmente es pertinente destacar dos aspectos que influyeron en el éxito de este edificio. En primer lugar, se pudo realizar un proceso ordenado y sistemático de estudio durante todas las etapas del edificio, desde el pre-diseño, diseño y construcción hasta su habilitación y monitoreo en condiciones de funcionamiento con una participación activa de los usuarios. En segundo lugar, fueron de fundamental importancia los procedimientos y actitudes de los propios usuarios en cuanto al uso de los sistemas de acondicionamiento natural y/o mecánicos, permitiendo una transferencia de tecnología exitosa al sector público. (Filippín et al., 2020).

#### **DE LOS EDIFICIOS RESIDENCIALES: RESIDENCIAS ESTUDIANTILES EN GENERAL PICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA.**

Para reducir los costos de construcción y mantenimiento, los 12 departamentos se ubican en tres módulos de dos plantas y cuatro departamentos cada uno. La disposición interior de los locales permite que todos ellos, excepto los sanitarios, posean ganancia solar directa. Las áreas transparentes tienen aleros exteriores que permiten el control solar en épocas de mayor radiación. El monitoreo higrotérmico y energético mostró, para el período comprendido entre el 9 de septiembre y 30 de noviembre de 1999, una tendencia creciente de la temperatura exterior, caracterizada por una alternancia de

períodos cálidos y frescos. Para esta situación climática, ante el mismo diseño y tecnología, y la misma ubicación espacial pero distinta orientación, se observó una variación de casi 5 °C entre los registros de los departamentos de planta alta, este y oeste. Para el período comprendido entre el 17 de diciembre de 1999 y el 3 de enero de 2000, con los departamentos ya desocupados, se observa una predominancia de días con temperaturas máximas superiores a los 25 °C. La evolución de la temperatura mostró un flujo de calor desde planta alta hacia planta baja, y desde el oeste hacia el este. La posibilidad de realizar una encuesta en forma simultánea con el monitoreo permitió integrar la componente social con aspectos técnicos y energéticos. En la mayoría de los departamentos el horario de apertura de las cortinas y de las ventanas fue el adecuado durante el invierno, no así durante la primavera y el verano. Hay una preponderancia a considerar a la vivienda como muy calurosa en la primavera. La apertura de las ventanas en horarios inadecuados, además del encendido de los calefactores para secar la ropa, contribuyó al incremento de la temperatura. El consumo real de gas promedio en las 12 unidades habitacionales y refleja la asociación del comportamiento térmico con los hábitos y costumbres de los usuarios. Los valores acusaron algo más de un 60 % de ahorro respecto a viviendas de diseño y tecnología convencional (Filippín et al., 2001).

### **RESIDENCIAS ESTUDIANTILES EN SANTA ROSA**

El conjunto de los 12 departamentos para estudiantes de escasos recursos de la Universidad Nacional de La Pampa se ubica en la periferia de la ciudad de Santa Rosa y en dos bloques. Cada departamento tiene una

superficie de 50 m<sup>2</sup> con capacidad para 4 estudiantes. La pauta inicial fue diseñar un edificio energéticamente eficiente cuyo costo no superara al de una obra convencional. La disposición interior de los locales permitió que todos ellos, excepto los sanitarios, tuvieran ganancia solar directa al norte. Las ventanas se resolvieron con carpintería de aluminio y doble vidriado hermético, sin protecciones solares exteriores. Se colocaron cortinas interiores de tela tipo blackout. Los aleros permiten tener control sobre la ganancia solar en épocas de mayor radiación. Coberturas vegetales en las pérgolas contribuyen a minimizar aún más la radiación recibida en los meses de verano y estaciones intermedias. Las paredes exteriores son tri – capa con aislación térmica de poliestireno expandido. La envolvente horizontal está constituida por losa cerámica, barrera de vapor y poliestireno expandido y un hormigón de perlita de 0,10 m de espesor.

Los edificios fueron inaugurados a finales de diciembre de 2000. La temperatura horaria en los seis departamentos estuvo comprendida entre 17,5 y 27°C. El ahorro de energía en calefacción fue de algo más del 50 % según los casos (Filippín et al., 2002).

### **CONCLUSIONES**

El desarrollo del trabajo permitió describir escuetamente obras bioclimáticas ubicadas en diferentes países con situaciones socioeconómicas y desarrollos tecnológicos diversos. Se expusieron experiencias y trabajos de investigación en Argentina. Con mayor detalle, se reseñan los edificios bioclimáticos diseñados y construidos en la región árida, semiárida y sub-húmeda de La Pampa. Se mostraron datos concretos del consumo y del ahorro de energía

anual para climatizar los espacios de edificios públicos preservando el confort de los usuarios.

Las tecnologías de diseño y construcción han demostrado ser efectivas para suavizar el impacto interior de las condiciones exteriores altamente variables. Se evidenció que no se debe subestimar la consideración de los factores socioambientales en cuanto a los procedimientos y actitudes de los propios usuarios respecto al uso de los sistemas de acondicionamiento natural y/o mecánicos.

Los esfuerzos de diseño y construcción pueden ser completamente inútiles si los habitantes y usuarios no comprenden y manejan adecuadamente los problemas térmicos en los edificios. Claramente, en el futuro se debe poner más énfasis en la comprensión y aplicación de las reglas de buenas prácticas por parte de los usuarios para superar alguna desventaja. El cambio de gestión y de usuarios y el escaso mantenimiento de los edificios condiciona año a año el comportamiento energético y ambiental.

El objeto arquitectónico puede y debe contribuir al ahorro de energía: en el camino de la transición energética y en la mitigación de los efectos del cambio climático. Por un lado, es imprescindible diseñar, construir, medir y corregir a partir de las debilidades y fortalezas observadas en cada caso y en cada etapa del proceso. Asimismo, se requiere minimizar la fragmentación entre los actores involucrados (diseñadores, constructores, comitentes, especialistas, usuarios, etc.), que son fundamentales el diálogo y el compromiso pertinentes a cada etapa del proceso, con el objetivo de disminuir discrepancias entre la estimación de la energía a consumir por el edificio y

el valor real de energía determinada por sus ocupantes. Se fomentará, de este modo, el sentido de pertenencia del usuario con participación activa en el período de uso del edificio bioclimático. Por otro lado, los edificios diseñados hoy deben satisfacer no solo los requisitos arquitectónicos y funcionales del momento, sino también considerar las condiciones climáticas a futuro. El aumento gradual de las temperaturas del planeta a causa del cambio climático se estima impactará en el consumo de energía de los edificios destinada a calentamiento y enfriamiento. Una amplia difusión de mejores prácticas en la arquitectura que hagan uso de tecnologías existentes y ya rentables contribuiría a alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en un contexto político de apoyo internacional y promoción activa en la lucha contra el cambio climático.

## ■ REFERENCIAS

- Andersen, M.; Discoli, C.A.; Viegas, G.M.; Martini, I. (2017). Monitoreo energético y estrategias de retrofit para viviendas sociales en clima frío. *Revista Hábitat Sustentable* Vol. 7, N°. 2. ISSN 0719 - 0700 / Págs. 50-63 <https://doi.org/10.22320/07190700.2017.07.02.05>
- BBC (2018). <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-44941181>
- BHAMARE, D.K.; RATHOD, M.K.; BANERJEE, J. (2019). PASSIVE COOLING TECHNIQUES FOR BUILDING AND THEIR APPLICABILITY IN DIFFERENT CLIMATIC ZONES—THE STATE OF ART. *ENERGY AND BUILDINGS VOLUME 198 (2019) 467-490*
- Blasco Lucas, I. (2017). Rehabilitación termo-energética de envolvente en vivienda barrial masiva. Localizada en clima semi-árido de Argentina. En *Proceedings of the 3rd International Congress on Sustainable Construction and Eco-Efficient Solutions*. (305-319), Sevilla: Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- Camilloni, I. (2008). *Ciencia Hoy*, Volumen 18 número 103 febrero-marzo 2008.
- Camilloni, I. (2018). Argentina y el cambio climático, *Revista CEL, Ciencia e Investigación*, Tomo 68, N\_5 (2018). Edición: Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC), [www.aargentinpaciencias.org](http://www.aargentinpaciencias.org).
- Czajkowski, J.D. (2016). Gestión sustentable de proyectos edificios y su construcción. En: *Hacia el uso racional y eficiente de la energía en la Administración Pública Nacional*. Documentos IEDS sobre Ciencia y Tecnología ISBN: 978-987-1323-47- p.145-161.
- De Rosa, C.; Esteves, A.; Basso, M.; Cortegoso, J.L.; Cantón, M.A.; Pattini, A.; Guisasaola, M. (1993). Solarización de la Escuela Yapeyú, San Carlos, Provincia de Mendoza. *Primeros Resultados*. Argentina. Salta. 1993. Artículo Completo. Workshop. XVI Reunión de Trabajo de ASADES'93.
- De Rosa, C.; Basso, M.; Esteves A.; Pattini A.; Fernández, J.C.; Cortegoso, J.L.; Mitchell, J.; Guisasaola, M.; Lesino, G.; Saravia, L. (1999). Escuela solar técnico agraria en Mendoza. *Análisis del beneficio invernal de la incorporación de un invernadero adosado*, *Rev. ERMA*. Vol. 1 (1999) pp. 11-19. Salta. Argentina
- EEA, 2012. *Urban adaptation to climate change in Europe* —European Environment Agency, European Environment Agency, 2012 (último acceso: 02/08/18). <http://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change>.
- Esteves, A.; Gelardi, D.; Oliva, A.L. (1997). The shape in bioclimatic architecture, in: Marco Sala (Ed.), *II Teaching in Architecture Conference*. Cap. 3, Florence, Italy, pp. 12–18.
- Esteves, A. y Fernández Llano, J. (2000). Sistema de enfriamiento subterráneo para escuelas. Evaluación de su funcionamiento en la escuela Alicia Moreau de Justo, Mendoza, Argentina. Brasil. Porto Alegre. 2000. Libro. Artículo Completo. Congreso. Congreso de Ar Condicionado, refrigeración, aquecimiento e ventilación do Mercosul. Mercofrio 2000.
- Filippín, C.; Esteves, A.; Pattini, A.; De Rosa, C. (1993). Primera Experiencia de una Escuela Solar en un Ecosistema Árido de la Provincia de La Pampa. *Actas de la XVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*. La Plata, Argentina. 1 (1993) 189 - 197.
- Filippin, C. y De La Mata, M. (1995). Primera Experiencia de una Escuela Solar en un Ecosistema Árido de la Provincia de La Pampa. *Primeros Resultados*. *Actas de la XVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar*. San Luis, Argentina. 1 (1995) 02.61-02.67.
- Filippín, C.; Esteves, A.; De Rosa, C.; Cortegoso, L.; Beascochea, A; Estelrich, D. (1996). Un Edificio Solar Pasivo para la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. *Energías Renovables y Medio Ambiente*. 1 (1996) 41-48.

- Filippín, C.; Beascochea, S.; Esteves, A.; De Rosa, C.; Cortegoso, L.; Estelrich, D. (1998). A Passive Solar Building for Ecological Research in Argentina: The First Two Years Experience. *Solar Energy* Vol.63, No. 2 (1998) 105-115.
- Filippín, C.; Beascochea, A.; Lesino, G. (2000), Comportamiento térmico de un sector del pabellón de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Pampa, Comunicaciones del XXIII Congreso de ASADES, 05.09-05.10.
- Filippín, C.; Lesino, G.; Beascochea, A. (2001). Comportamiento térmico y energético de viviendas solares para estudiantes de escasos recursos en La Pampa. *Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol.9 (2001) 25-34. ISSN 0328-932X.
- Filippín, C.; Beascochea, A.; Gorozurre, A.J. (2002). Una escuela solar en la provincia de La Pampa. Diseño y tecnología. Comportamiento higrotérmico y energético en el período invernal. *Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol.10, 2002, 23-32. ISSN 0328-932X
- Filippín, C. (2005). Thermal response of solar and conventional school buildings to design- and human-driven factors, *Renewable Energy* 30 (2005) 353-376.
- Filippín, C.; Flores Larsen, S.; Marek, L.; Lesino, G. (2005). Monitoreo higrotérmico, energético y socio ambiental de una escuela solar en la provincia de La Pampa. *Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 16 (2005) 1-8, Argentina ISSN 0328-932X
- Filippín, C. y Marek, L. (2010). Edificio Bioclimático para la Unidad de Extensión y Desarrollo Territorial del INTA en Guatraché (La Pampa). IN: *Arquitectura Sostenible. Bases, soportes y casos demostrativos* Compiladora: Beatriz Garzon. 1ª ed. Buenos Aires: Nobuko, 2010. 238p. ISBN: 978-987-584-295-3. pp. 53-69.
- Filippín, C.; Flores Larsen, S.; Marek, V. (2015). Experimental monitoring and post-occupancy evaluation of a non-domestic solar building in the central region of Argentina. *Energy and Buildings* 102 (2015) 18–31
- Filippín, C. y Flores Larsen S. (2017). Evaluación de la performance energética y el estado de conservación de una envolvente a través de la termografía. Acta de la XL Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 5, pp. 05.01-05.11, 2017. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5.
- Filippín, C.; Flores Larsen, S.; Marek, L. (2020). Performance térmico-energética de un edificio bioclimático en una zona de alta radiación de Argentina (2020). *Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol.45 (2020) 21-31.
- Flores Larsen, S.; Filippín, C.; Beascochea (2008). A. Eficiencia energética en un edificio no-residencial de uso intermitente y altas cargas internas en Argentina. *Ambiente Construido*, Porto Alegre, v. 8, n. 1 (2008) 37-48, jan./mar. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- Flores Larsen, S.; Rengifo, L.; Filippín, C. (2015). Double skin glazed facades in sunny Mediterranean climates. *Energy and Buildings* 102 (2015) pp. 18-31, Ed. Elsevier. <https://leeb.inenco.unsa.edu.ar/index.php/es/edificios/edificio-palermo-ciudad-de-salta-1200m/>
- Flores Larsen, S.; Filippín, C.; Barea, G. (2019). Impact of climate change on energy use and bioclimatic design of residential buildings in the 21st century in Argentina, *Energy Build.* 184 (2019) 216–229.
- Flores Larsen, S.; Filippín, C. (2021). Energy efficiency, thermal resilience, and health during extreme heat events in low-income housing in Argentina, *Energy Build.* 231 (2021) 110576.
- Garzón, B. (2007). *Arquitectura bioclimática*. 1a ed. – Buenos Aires: Nobuko, 2007. 184 p. ISBN 978-987-584-096-61.
- Gauzin-Müller, D. (2002). Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, España.
- Giambartolomei, M. (2013). “La segunda ola de calor más larga desde 1906”. Buenos Aires: La Nación. Archivado desde el original el 27 de diciembre de 2013. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20131227063453/http://www.lanacion.com.ar/1651000-la-segunda-ola-de-calor-mas-larga-desde-1906>
- Gomez, A. (2003). Evaluación del comportamiento higrotérmico en áreas de reserva y conservación de bienes culturales. Caso museo nacional del grabado, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 7, Nº 1,05.49-05.53 2003. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184
- Gonçalves, H. (2005). Los Edificios Bioclimáticos en los Países de Ibero América. Livro de Ponencias. Editor y Coordinador de la

- Red CYTED “Red Ibero Americana para el Uso de Energías Renovables y Diseño Bioclimático en Viviendas Y Edificios de Interés Social” INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, IP, Departamento de Energias Renováveis Estrada do Paço do Lumiar 1648 038 Lisboa. Programa CYTED 2005
- Hernandez, A. y Lesino, G. (2007). Diseño y simulación computacional de sistemas pasivos y activos de calentamiento de aire para el nuevo hospital materno infantil de la localidad de Susques, provincia de Jujuy. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 11 (2007) 05.81 – 05.88. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184 [http://www.arqsustentable.net/ejemplos\\_hospital.html](http://www.arqsustentable.net/ejemplos_hospital.html)
- Ibarra, P.M. y Lesino, G. (2007). “Barrio solar —FONAVI 15 viviendas, 1985 -2007 - Cachi, provincia de Salta, Argentina”. Libro de ponencias: Los Edificios en el Futuro, Estrategias Bioclimáticas y Sustentabilidad. Red CYTED Red Iberoamericana Para El Uso De Energías Renovables y Diseño Bioclimático En Viviendas Y Edificios De Interés Social (405RT0271), San Luis, Argentina, 2007. Disponible en: [https://repositorio.inneg.pt/bitstream/10400.9/1329/1/Semin%C3%A1rio\\_20\\_Cyted\\_San\\_Luis2007.pdf](https://repositorio.inneg.pt/bitstream/10400.9/1329/1/Semin%C3%A1rio_20_Cyted_San_Luis2007.pdf)
- IRAM 11604 (2011), Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. Buenos Aires.
- IRAM 11605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios.
- Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires, Argentina.
- Lesino, G.; Saravia, L.; Caso, R.; Requena, R. (1988). Actas del 2º Congreso Iberoamericano de Energía Solar, pp 347. Porto, Portugal 1988. [http://www.arqsustentable.net/ejemplos\\_inta.htm](http://www.arqsustentable.net/ejemplos_inta.htm)
- Mitchell, J.; de Rosa, C.; Esteves, A.; Pattini, A.; Basso, M.; Cantón, A.; Mesa, A.; Fernández, J.C.; Cortegoso, J.L. (1999). Escuela Marcelino Blanco. Un edificio energéticamente eficiente en el este de Mendoza, ASADES’99. Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. Publicado en actas. Vol.3, N°2 (1999) pp.5.17-20.
- Nardi, I.; de Rubeis, T.; Perilli S. (2016). Ageing Effects on the Thermal Performance of Two Different Well-Insulated Buildings. *Energy Procedia* 101, pp. 1050-1057.
- Pajak, L.; Košir, M. (2017). Can building energy performance be predicted by a bioclimatic potential analysis? Case study of the Alpine-Adriatic region, *Energy Build.* 139 (2017) 160–173, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.035>.
- Pajak, L.; Potočnik, J.; Košir, M. (2022). The effect of a warming climate on the relevance of passive design measures for heating and cooling of European single-family detached, Buildings. *Energy & Buildings* 261 (2022) 11947
- PSR (2018). Physicians for Social Responsibility. “Health Implications of Global Warming: Heat’s Deadly Effects”. Disponible en: [www.psr.org](http://www.psr.org).
- Sartori, I. y Hestnes, A.G. (2007). Energy Use in the Life Cycle of Conventional and Low-Energy Buildings: A Review Article. *Energy and Buildings*, 39, 249-257.
- Secretaría de Energía. Programa de ahorro y eficiencia energética en edificios públicos. Programa de uso racional y eficiente de la energía en edificios públicos. Informe de resultados de unidades de demostración. Consultado en setiembre 2021, en: [www.energia.gov.ar](http://www.energia.gov.ar).
- SMN (2018). Servicio Meteorológico Nacional. <https://www.smn.gov.ar>
- Sufrategui, F. (1994). Sistemas y componentes. Parámetros que caracterizan a los componentes solares pasivos, *CIEMAT, IER*, (1994) p 25.
- Wikberg, F. y Ekholm, A. (2011). Design Configuration with Architectural Objects. In T. Zupancic, S. Verovsek, M. Juvancic, & A. Jutraz (Ed.), *eCAADe - Education in Computer Aided Architectural Design in Europe*. 29, pp. 451-460. Ljubljana, Slovenia: eCAADe (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe) and UNI Ljubljana, Faculty of Architecture. Retrieved from <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=2201256&fileId=2201262>
- WHO (2014), World Health Organization. “Quantitative Risk Assessment Of The Effects Of Climate Change On Selected Causes Of Death, 2030s And 2050s”, WHO Press, 2014. [http:// www.who.int/globalchange/publications/](http://www.who.int/globalchange/publications/)

quantitative- risk- assessment/en/ (último acceso: Julio de 2018).

## ■ AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Dr. Jaime Moragues quien en vida nos convocó e inspiró a escribir el presente documento; al Dr. Julio Durán (CNEA) por sus importantes aportes y comentarios; y a la Lic. Stella Spurio (Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable - CNEA) por su colaboración en algunas tareas de diseño gráfico.

Nuestro agradecimiento a las Instituciones Públicas que permitieron realizar cada una de las transferencias en la provincia de La Pampa. Nuestro reconocimiento a los usuarios que contribuyeron a la obtención de datos y a quienes estaban a cargo de la gestión que permitieron el monitoreo de cada edificio.

## ■ NOTAS

1 Los objetos arquitectónicos son definidos por Wikberg & Ekholm (2011) como objetos que tienen propiedades técnicas, funcionales y estéticas, que representan situaciones reales de actividad en un proyecto de diseño. Cada objeto puede tener propiedades variables relacionadas con su actividad y elementos de construcción

2 *Capacidad calorífica*: cantidad de calor necesario para elevar en una unidad de temperatura la masa de un sistema.

*Coefficiente volumétrico G de pérdida de calor*: flujo de calor que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen y por unidad de diferencia de temperatura en régimen estacionario (IRAM 11604)

*Envolvente*: cerramiento del edificio. Incluye tanto los opacos como

los transparentes pero no incluye los pisos en contacto con el suelo. Si incluye pisos sobre plantas libres (IRAM 11900, 2009).

*FAEP*: Superficie<sub>techo</sub> + Superficie<sub>muro</sub> + Superficie<sub>ventana</sub> + Superficie<sub>puerta</sub> / superficie cubierta a calefaccionar

*Factor de forma*: relación entre la superficie o volumen de y la superficie de su envolvente en contacto con el exterior

*Grados días*: son un parámetro importante a considerar para la definición de las estrategias de diseño o los requerimientos de climatización (natural o artificial) y, por lo tanto, la demanda de energía de una edificación. Los grados de un período determinado de tiempo (una semana, un mes, etc.) son la suma, para todos los días de ese período de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija o base (16, 18, 20, 22, 25°C) y la temperatura media del día. Cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base, obtendremos los Grados día de calentamiento; si, por el contrario, esa temperatura media diaria es superior a la base, obtendremos los Grados día de enfriamiento. Así que podemos tener dos tipos: de calentamiento o de enfriamiento.

*Grados días de calefacción*: suma de las diferencias de temperaturas entre una temperatura base y la media diaria, para los días en que la media diaria es menor que la temperatura base en un período establecido.

*Masa térmica* está íntimamente relacionado con la cantidad de energía solar que esta masa es capaz de almacenar. En invierno, esta energía almacenada puede devolverse a los espacios disminuyendo las necesidades de calefacción. En verano, esta energía almacenada debe ser evacuada durante las horas noc-

turnas para evitar el sobrecalentamiento de los espacios. Sin embargo, debe recordarse que la masa de acumulación en sí misma, al ceder y acumular calor en cada ciclo, no influye en la temperatura media interior del edificio sino en la amplitud de la temperatura interior.

*Transmitancia térmica*: indica el flujo de calor a través de la unidad de superficie de un elemento constructivo sujeto a una diferencia de temperatura del aire a ambos lados del elemento de 1°C.

*Zona de confort*: condiciones dadas de temperatura y humedad relativa con las que se encuentran confortables la mayor parte de los seres humanos que permiten minimizar el uso de mecanismos de termorregulación de los usuarios. La Norma IRAM 11659 (2004) establece tres niveles diferentes, en grado decreciente A (recomendado); B (medio); C (mínimo).

3 Una *casa pasiva* o “*passive house*” es una vivienda que ofrece alto confort a sus habitantes, consumiendo poca energía de mantenimiento. Esto se debe a la aplicación de estrategias bioclimáticas en su diseño y construcción, minimizando la climatización convencional. La expresión “pasivo” quiere indicar que es capaz de funcionar mediante el uso de técnicas sencillas, sin aporte o con un uso insignificante de recursos activos (equipamientos). Sus ventajas redundan en un menor costo de las facturas por servicios y un mayor respeto ambiental. Lo importante del diseño pasivo es que sin necesidad de agregar costos de inversión o invirtiendo, pero con posibilidad de recupero a corto plazo, permite un importante ahorro energético al minimizar los insumos destinados a agua caliente sanitaria, calefacción y enfriamiento (Guillermo Enrique Gonzalo, 2022).

4 *Muros colectores-acumuladores*: también denominados “muros Trombe Mitchell”, en honor a sus creadores. Esta tecnología de calefacción consiste en utilizar un muro masivo, cuya cara exterior se pinta de un color oscuro para absorber la radiación solar, protegido por un vidrio cuyo efecto es disminuir las pérdidas térmicas del muro. La energía solar se acumula en el muro y se transfiere al ambiente interior, calentándolo, en las horas en que ya no hay sol (cuando calefaccionar es más necesario). Es decir, el muro absorbe la energía del sol y la entrega al ambiente interior con un cierto retardo, que depende principalmente del espesor y material del muro. De

acuerdo al diseño y uso, la cavidad entre el muro y el vidrio puede o no tener circulación de aire, la cual se logra mediante pequeñas aberturas en la parte inferior y superior del muro. Así, el aire frío ingresa por las aberturas inferiores, se calienta progresivamente al entrar en contacto con el muro y finalmente ingresa al ambiente a calefaccionar por las aberturas superiores. En cuanto al material del muro, éste debe ser un buen conductor de calor, por lo que usualmente se utiliza hormigón o algunos tipos especiales de rocas con buena conductividad térmica. El espesor del muro también es una variable importante: a mayor espesor, más tiempo tardará el calor en

transferirse al ambiente interior (y con menor intensidad), mientras que un espesor muy pequeño no permitirá obtener el retardo adecuado para calefaccionar el ambiente interior cuando ya no hay radiación del sol. Usualmente, los espesores de los muros Trombe oscilan entre 30 y 45 cm.

5 *Edificio convencional*: no considera en su diseño arquitectónico la incorporación de estrategias de diseño pasivo.

6 *IRAM - Instituto Argentino de Normalización y Certificación*: objetivo: aplicar la normalización como base de la calidad.