

ARQUITECTURA SUSTENTABLE. AJUSTE DEL PROGRAMA DE BALANCE TÉRMICO EN EL CÁLCULO DE ENERGÍA AUXILIAR DE CALEFACCIÓN

Esteves A.^{1,2}, Scalia A.¹, Gelardi D.¹

¹ Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad de Mendoza (UM)
Mendoza – Argentina - Tel.: 54 (0)261-4202017 – email: alfredo.esteves@um.edu.ar

² INAHE – CCT CONICET Mendoza – Av. Ruiz Leal s/n – Mendoza – Argentina

Recibido 14/08/18, aceptado 27/09/18

RESUMEN: la enseñanza de la arquitectura bioclimática y sustentable requiere de pasos concretos hacia la incorporación de estrategias de conservación de energía y sistemas pasivos de acondicionamiento ambiental. Se elaboró el programa de Balance Térmico de Edificios Sustentables, (BTES) que permite obtener datos para el anteproyecto respecto de espesores de aislamiento térmico y sistemas pasivos de calefacción. En 2017 fue ampliado a otros sistemas pasivos. Se presenta el ajuste estudiado en las respuestas de consumo de energía auxiliar, analizando los casos de 7 viviendas, 3 bioclimáticas y 4 de construcción tradicional, con variedad de mampostería y techos que permiten conocer el grado de ajuste de los resultados obtenidos. Estos resultan para valores anuales $R^2=0,9493$ y para valores bimestrales $R^2=0,8623$, de acuerdo a como se factura el consumo de gas natural, concluyendo que el programa (BTES) una herramienta apropiada para conocer, en etapas de anteproyecto, el comportamiento edilicio ante la incorporación de diferentes estrategias bioclimáticas.

Palabras clave: arquitectura bioclimática, energía demandada, transferencia de conocimientos.

INTRODUCCIÓN

En el año 2004 se presentó un programa de Balance Térmico de Edificios Sustentables (Esteves y Gelardi, 2003), el mismo también se expuso en el ámbito del Mercosur (Esteves et al., 2004). En el mismo se consideran las características del edificio, tales como estudio de la forma (Factor de Forma, FF y Factor de Área Envolvente/Piso, FAEP); Balance Térmico de Calefacción, con la posibilidad de calcular la Fracción de Ahorro Solar anual, el consumo auxiliar, el cálculo del coeficiente G (IRAM 11604) y la potencia de calefacción.

Presenta también el balance de enfriamiento, tomando en cuenta la ganancia en el día mas crítico del año para dimensionar los sistemas de aire acondicionado mecánico. En el año 2017 fue ampliado y se incorpora la posibilidad de calcular la masa térmica necesaria para amortiguar el calentamiento de verano, las aberturas para enfriamiento convectivo (para aquellos climas cálidos secos) y aberturas para ventilación natural de confort.

En el sector edilicio, los edificios no se encuentran preparados con sistemas de conservación de energía; por lo tanto, es mucho lo que se puede hacer al respecto. Cuando se trata de incorporar estrategias de conservación de energía y/o sistemas pasivos de calefacción y enfriamiento, se debe recurrir a programas que permiten obtener datos lo más certeros posibles. Flores Larsen y Lesino (2000) y Flores Larsen (2001) presentan el programa SIMEDIF para Windows muy versátil y con grado de ajuste importante en el camino de las temperaturas interiores del edificio con sistemas pasivos. Hernández por su parte, ha realizado un programa que permite obtener datos en forma más rápida PREDISE -V.1.0.1 (Hernández, 2002). Es opinión de los autores que los programas de cálculo deben ser sencillos de utilizar, sobre todo en etapas de anteproyecto, donde la integración de los sistemas todavía es posible y “*donde son tomadas las decisiones más importantes*” (Nielsen, 2005)

Desde el IRAM y el Ministerio de Energía se ha alentado a desarrollar la norma IRAM 11900 la que permitiría contar con una etiqueta del edificio, caracterizando su envolvente, tanto opaca como transparente y determinar además las posibilidades de mejoramiento del edificio incorporando varios aspectos como ventilación, sistemas solares pasivos y activos. Sin embargo, al momento se encuentra en proceso de entrenar profesionales que puedan aplicarla (IRAM 11900, 2010).

El programa de Balance Térmico de Edificios Sustentables (PBES), siempre fue en esa dirección, es decir, tratar de incorporar variables que permitan rápidamente, de forma amigable, obtener datos fundamentales a la hora de proyectar el edificio. Se presenta entonces el ajuste dado a las variables de calor auxiliar anual y mensual obtenida para el edificio en cuestión, cuando el mismo se está proyectando.

Para esto, en este trabajo se presenta el calor auxiliar calculado para 7 edificios, 3 de ellos bioclimáticos y 4 de construcción tradicional, de éstos dos con mampostería de ladrillo macizo y dos de ladrillo hueco. A cada uno se estudia para determinar el grado de ajuste de su respuesta con el PBES comparado con los consumos reales. El grado de ajuste que se obtiene con el programa nos permite determinar la certeza de las variables obtenidas.

METODOLOGÍA

La metodología a implementar en este trabajo sigue los siguientes pasos:

- 1- Mediciones de condiciones interiores de temperatura y humedad relativa. La idea es determinar por un lado a qué temperatura los usuarios mantienen el edificio y cómo es su evolución en las distintas horas. Dado que se trata de edificios residenciales y se toman mediciones de por lo menos una semana, los registros obtenidos permiten inferir las temperaturas a las cuales, los usuarios viven. Por otro lado, se sabe que la humedad relativa interior, sobretudo en climas templados continentales, se encuentra en valores intermedios a la humedad relativa exterior (Esteves Miramont, 2017). De ese modo podemos conocer también entre qué límites se mantiene la humedad relativa interior.
- 2- Se determina la temperatura interior media, que permite obtener los grados-día de calefacción para cada mes, mediante la metodología desarrollada en un trabajo previo (Esteves y Gelardi, 2008). La ecuación 1 relaciona los grados-día mensuales con la temperatura interior media (que aquí se asimila a la temperatura base, T_b).

$$\begin{aligned} \text{GDCm} &= -0,0274(T_b - T_a)^3 + 1,1447(T_b - T_a)^2 + 16,653(T_b - T_a) + 46,369 \\ R^2 &= 0,9979 \end{aligned} \quad (1)$$

Donde:

GDCm= Grados-día de calefacción mensual [C.día/mes]

T_b = Temperatura base (aquí asimilada a la temperatura interior media) [C]

T_a = Temperatura media mensual del aire exterior [C]

R^2 = índice de determinación

- 3- Se aplica el Balance Térmico al edificio determinando la Fracción de Ahorro Solar Mensual del mismo y de ese modo el consumo de energía auxiliar mensual. Para esto, se tiene en cuenta los GDCm e incorporando estos valores en la relación de RS/GD en el cálculo de la Fracción de Ahorro Solar mensual (FASm).
- 4- Paralelamente se procesa la información de las facturas de gas natural, teniendo en cuenta la cantidad de personas que viven en la vivienda y el consumo de gas natural de verano. Se calcula el consumo de combustible para calentamiento de agua y para cocción ajustando para el bimestre de pleno verano, ya sea Dic-Ene o Ene-Feb. Luego calcula el consumo de agua caliente tomando en cuenta la variabilidad de la temperatura del agua a lo largo del año, teniendo en cuenta la

variabilidad de la temperatura mínima media del aire, de acuerdo a la metodología de Censolar, (1989).

- 5- Una vez determinado el consumo en agua caliente y cocción, se resta este valor del consumo del mes y se determina de ese modo, el valor incurrido en el rubro calefacción.
- 6- Se calcula luego el valor consumido en el bimestre/año con el valor calculado por utilizando el programa de BTES.

Listado de edificios considerados

Se han estudiado 7 viviendas, 3 bioclimáticas y 4 de construcción tradicional, cubriendo una variedad de materiales, techos horizontales de losa, inclinados livianos, muros de mampostería de ladrillo macizo, ladrillo hueco y hasta cerramientos livianos verticales. También con y sin masa térmica. A continuación la descripción de los edificios, las mediciones y los consumos de energía y la determinación de la temperatura interior y los consumos.

1- Vivienda Bioclimática en Guaymallén, Mendoza.

Localización geográfica: en Guaymallén, Mendoza. Coordenadas: Latitud 32,92° S; Longitud 68,80° W; Altitud 767 msnm. Clima: semidesértico con clima templado frío. Forma: El FAEP resulta muy elevado = 3,7 m²/m². La Figura 1 muestra la fachada N de la vivienda.



Figura 1: Caso 2, vista de la fachada N de la vivienda. Se observa ventanas de ganancia directa con cortinas de totora como sombra temporal y aleros fijos de sombra permanente.

Muros: de mampostería de ladrillón de 0,17 m de espesor, bolseado interiormente y por el exterior con aislamiento térmico de 4,5 cm en muros y protección conformada de malla de acero electrosoldada de 4,2 mm de espesor y revoque de concreto. La Figura 1 muestra la fachada N y parte de los techos. Estos son en parte inclinados y en parte horizontales: a) inclinados: machimbre interior de ¾" de espesor, barrera de vapor de ruberoid (cartón embreado) al 200 %, aislamiento térmico de 5 cm de lana de vidrio en techos y terminación con teja francesa; b) horizontales: de losa cerámica con pintura asfáltica como barrera de vapor, 5 cm de poliestireno expandido, 10 cm de espesor medio de hormigón alivianado con perlas de poliestireno expandido para dar pendiente y membrana asfáltica con aluminio. Ventanas y puertas de madera, con simple contacto y burletes. Algunas ya poseen DVH y todas poseen cortina de enrollar de totora. Posee un invernadero adosado con carpintería de aluminio con vidrio simple (laminado 3+3).

Sistemas pasivos: ganancia directa con vidrio simple y con aislamiento nocturno (persianas de totora) e invernadero adosado y masa térmica para acumulación de energía solar en invierno.

La Figura 2 (izq.) muestra las temperaturas interiores registradas cuya media se encuentra en 18,5 °C. También indica los consumos bimestrales distribuidos en los distintos destinos, cocción y agua caliente y calefacción. Los valores resultan los indicados en la Tabla 1.

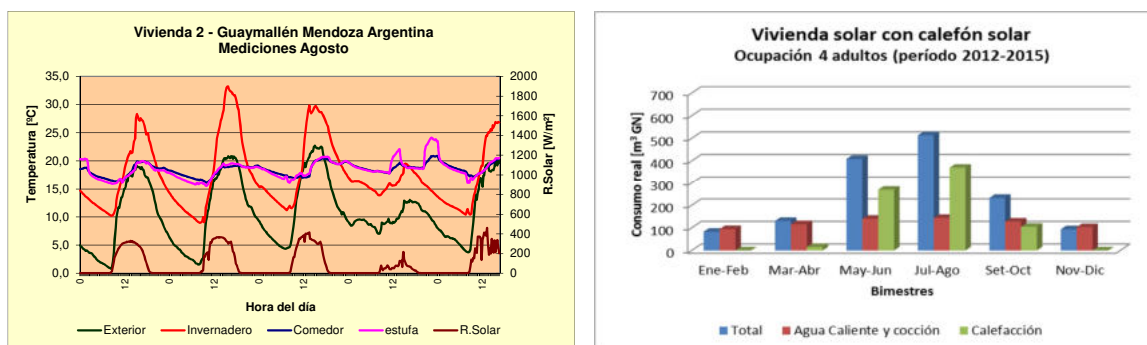


Figura 2: mediciones térmicas en el interior y consumos de energía desagregados por calentamiento de agua y cocción y calefacción.

La Figura 2 (izq.) muestra las temperaturas interiores registradas cuya media se encuentra en 18,5°C. También indica los consumos bimestrales distribuidos en los distintos destinos, cocción y agua caliente y calefacción. Los valores resultan los indicados en la Tabla 1.

2- Vivienda en Chacras de Coria, Luján de Cuyo, Mendoza.

Localización geográfica: en Chacras de Coria, Luján de Cuyo. Coordenadas: Latitud 32,99° S; Longitud 68,89° W; Altitud 960 msnm. Clima: semidesértico con clima templado frío.

Forma: el FAEP para la vivienda es de 1,99. Muros: ladrillón de 0,17 m de espesor, revocado interiormente y por el exterior, con aislamiento térmico de poliestireno expandido de 4,5 cm en muros y protección conformada de malla de acero electrosoldada de 4,2 mm de espesor y revoque de concreto. Techos: a) Inclinados: machimbre interior, barrera de vapor de membrana asfáltica con aluminio, aislamiento térmico de 1,5 cm de poliestireno expandido más 5 cm de lana de vidrio en techos y terminación de teja de cemento gris (Figura 3). b) Horizontales: losa alivianada pintura asfáltica como barrera de vapor, 5 cm de poliestireno expandido, 10 cm de hormigón alivianado con perlas de poliestireno expandido para dar pendiente, carpeta alisada, pintura imprimante y membrana asfáltica con aluminio.

Bimestres	Ene-Feb	Mar-Abr	May-Jun	Jul-Ago	Set-Oct	Nov-Dic	Total anual
Total bimestral	82.7	130.3	408.7	513.3	232.0	93.3	1460.3
Agua caliente y cocción	85.2	103.8	124.5	127.3	113.7	92.8	647.3
Calefacción consumida	0.0	26.5	284.2	386.0	118.3	0.5	815.6
Calefacción calculada	0.0	23.6	391.6	444.8	97.9	0.0	957.9

Tabla 1: valores consumidos de gas natural y calculados según el programa de BTES.

Ventanas y puertas ventanas de madera de cedro simple contacto sin burletes. Presencia de vidrio fijo en frente NE. Las aberturas N, poseen postigos de madera cerrados (salvo ventana de cocina) utilizados para reducir las pérdidas térmicas nocturnas en invierno y en el día de verano para proteger de la radiación solar (sombra temporal). La Fig. 3 muestra la fachada N, NE y NO.

Sistemas pasivos: ganancia directa con vidrio simple y con aislamiento nocturno (postigos de madera ciegos) como sistema de calefacción.

En la Figura 4 se puede observar la marcha de la temperatura interior de la zona del estar y de los dormitorios. La temperatura interior media se sitúa en 21,7 °C, teniendo en cuenta que los dormitorios se encuentran a 20,3 °C y la zona de estar-comedor y cocina a 23,2 °C.

En la Tabla 2, se indican los consumos bimestrales para agua caliente y cocción y para calefacción consumida y calculada con el PBTE. También se indican los valores totales anuales.



Figura 3: Vista de la fachada N, NE y NO con presencia de ventanas y puertas ventanas con postigones cerrados para la sombra temporal y aleros fijos para la sombra permanente.

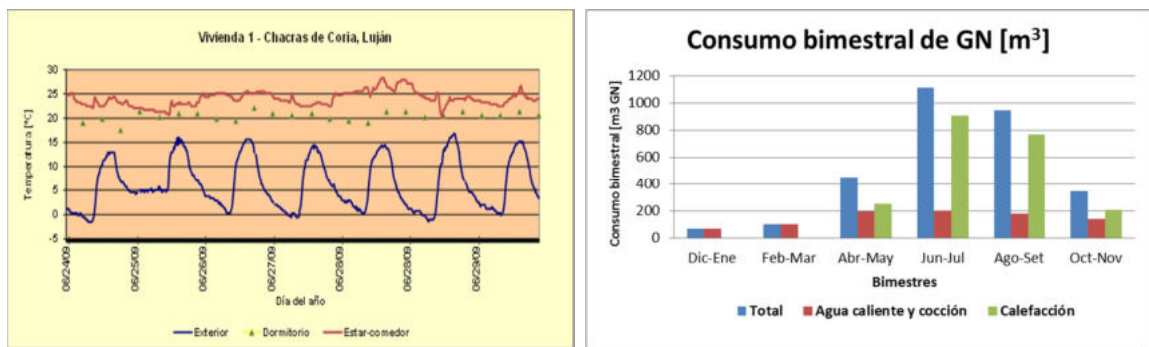


Figura 4: mediciones térmicas en el interior y consumos de energía desagregados por calentamiento de agua y cocción y calefacción.

Bimestres	Dic-Ene	Feb-Mar	Abr-May	Jun-Jul	Ago-Set	Oct-Nov	Total anual
Total bimestral	68,0	103,0	452,0	1113,0	950,0	350,0	3036,0
Agua caliente y cocción	68,0	103,0	198,5	202,1	178,3	140,2	890,0
Calefacción consumida	0,0	0,0	253,5	910,9	771,7	209,8	2146,0
Calefacción calculada	0,0	0,6	395,1	1010,3	597,6	63,7	2067,3

Tabla 2: valores consumidos de gas natural y calculados según el programa de BTES.

3- Vivienda de construcción tradicional de mampostería de ladrillo macizo en Luján de Cuyo

Localización geográfica: en Chacras de Coria, Luján de Cuyo. Coordenadas: Latitud 32,99° S; Longitud 68,89° W; Altitud 956 msnm. Clima: semidesértico con clima templado frío. El FAEP resulta elevado = 2,5 m²/m². Muros: de mampostería de ladrillón de 0,17 m de espesor, bolseado exterior y revocado interior. Ver Figura 5.

Techos: son inclinados machimbre interior de 5/8", barrera de vapor de ruberoid al 200%, aislamiento térmico de 5 cm de lana de vidrio en techos y terminación con teja francesa (Ver Figura 5). Ventanas: Carpintería standard de madera, simple contacto sin burletes con marco metálico y sin aislamiento nocturno, sólo cortinas livianas por el interior.

La Fig. 6 (izq.) muestra la temperatura interior y exterior para 4 días del mes de agosto. Se observan picos de temperatura que es cuando se enciende la calefacción. La curva verde corresponde al dormitorio de P.A. que no se calefacciona, tiene una baja oscilación térmica pero sus valores se encuentran totalmente fuera de confort, para la vestimenta normal. La temperatura media del estar es de 16,9 °C y la del dormitorio 15,1 °C dando una media de 16 °C para toda la vivienda. La Fig. 6

(der.) muestra los consumos reales de la vivienda. En el período considerado la ocupan 2 adultos. En la Tabla 3, se indican los consumos bimestrales para agua caliente y cocción y para calefacción consumida y calculada con el PBTE. También se indican los valores totales anuales.



Figura 5: imágenes de la galería abierta y del resto de la fachada N de la misma. Se observa que parte del estar y del dormitorio en PA posee exposición al N.

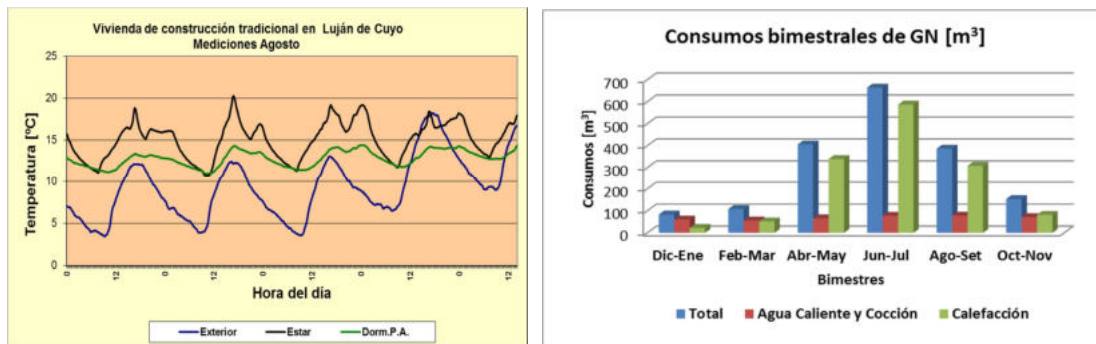


Figura 6: mediciones térmicas en el interior y consumos de energía desagregados por calentamiento de agua y cocción y calefacción.

4- Vivienda de construcción tradicional de ladrillo hueco en Luján de Cuyo

Localización geográfica: en Chacras de Coria, Luján de Cuyo. Coordenadas: Latitud 32,99° S; Longitud 68,89° W; Altitud 951 msnm. Clima: semidesértico con clima templado frío.

El FAEP resulta de 2,06 m²/m², por lo cual, resulta en una forma compacta y racional. Muros: de mampostería de ladrillo hueco y estructura de hormigón armado de 0,20 m de espesor, con revoque de hormigón por el exterior y de yeso aplicado por el interior. Techos: horizontales. se utilizó losa alivianada con aislamiento térmico de 5 cm de lana de vidrio, hormigón alivianado para dar pendiente y terminado con membrana como aislación hidrófuga. Ventanas: carpintería standard de madera de

Bimestres	Dic-Ene	Feb-Mar	Abr-May	Jun-Jul	Ago-Set	Oct-Nov	Total anual
Total bimestral	83,3	108,0	406,0	664,5	387,0	153,7	1802,5
Agua caliente y cocción	60,7	55,7	66,2	77,3	78,4	71,6	409,9
Calefacción consumida	22,6	52,3	339,8	587,2	308,6	82,1	1392,6
Calefacción calculada	0,0	0,0	365,8	805,4	489,4	0,0	1660,6

Tabla 3: valores consumidos de gas natural y calculados según el programa de BTES.

álamo de un solo contacto sin burletes y sin aislamiento nocturno, sólo cortinas por el interior. Ver Fig. 7. La vivienda fue ampliada en 2002, sin embargo, aquí no se considera, dado que se trata de una lavandería que nunca es calefaccionada.



Figura 7.: vivienda de construcción tradicional en ladrillo hueco. Izq. se observa la galería sobre fachada Este; der. se observa el frente N de los dormitorios.

La Figura 8 (izq.) muestra los valores para el mes de Mayo, con temperaturas exteriores entre 5 °C y 20 °C. Se observa constancia de las temperaturas interiores en la construcción de ladrillo hueco, sin embargo, es de destacar que la vivienda posee dos estufas de tiro balanceado que quedan encendidas todo el día. Esto genera una máxima en horas de la noche, dado principalmente por el aporte de calor auxiliar y menor pérdida por infiltración a estas horas. La temperatura interior considerada resulta 23,3 °C.

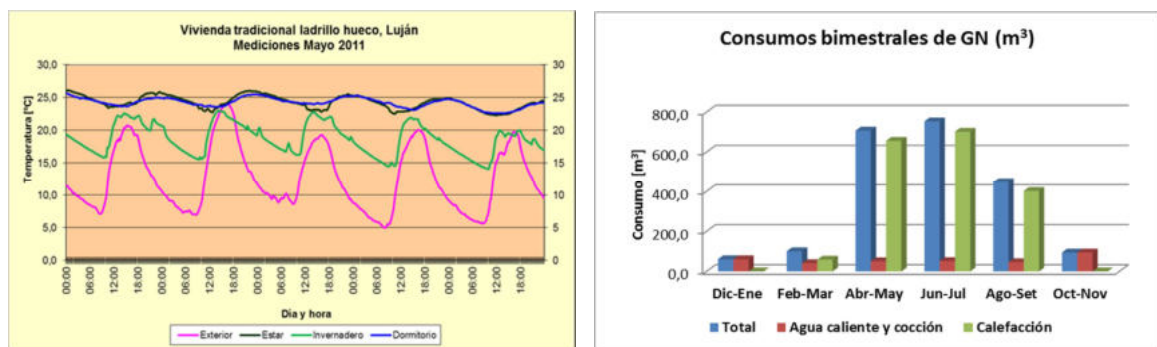


Figura 8: mediciones térmicas en el interior y consumos de energía desagregados por calentamiento de agua y cocción y calefacción.

Los consumos de la vivienda promediados para varios años se pueden observar en la Figura 8 (der.). En la Tabla 4, se indican los consumos bimestrales para agua caliente y cocción y para calefacción consumida y calculada con el PBTE. También se indican los valores totales anuales.

Bimestres	Dic-Ene	Feb-Mar	Abr-May	Jun-Jul	Ago-Set	Oct-Nov	Total anual
Total bimestral	60,8	100,8	707,2	753,6	448,0	94,4	2164,8
Agua caliente y cocción	60,8	41,7	50,6	51,5	46,0	94,4	345,0
Calefacción consumida	0,0	59,1	656,6	702,1	402,0	0,0	1819,8
Calefacción calculada	0,0	0,5	397,9	981,0	593,7	0,0	1973,2

Tabla 4: valores consumidos de gas natural y calculados según el programa de BTES.

5- Vivienda liviana con conservación de energía en Godoy Cruz, Mendoza

La Vivienda se encuentra ubicada en la Calle 25 de Mayo de la Ciudad de Godoy Cruz, Mendoza, Argentina. (32,90° latitud sur, 68,85° longitud oeste y 792 m.s.n.m.). Se encuentra en un terreno en esquina, de reducidas dimensiones (100 m²). La vivienda, inicialmente de una planta, ha sido

construida con estructura de H^oA^o, mampostería de ladrillo hueco revocado en ambos lados con revestimiento vítreo exterior y cubierta de losa maciza de H^oA^o.



Figura 9: vivienda de construcción tradicional en ladrillo hueco. Izq. se observa la galería sobre fachada Este; der. se observa el frente N de los dormitorios.

La ampliación realizada sobre la terraza, por razones sísmicas se ha construido con materiales livianos: la estructura está conformada por un sistema de 2 vigas reticuladas de 2,40 m de altura, ubicadas en los dos lados mayores de un rectángulo de 10 x 5 metros, según cálculo estructural y verificación sísmica el diseño estructural. La separación entre ambos se completa con correas de perfiles C de 120 mm c/50 mm. La envolvente de esta estructura consta de una chapa exterior, con una capa aislante de espuma de poliuretano expandido proyectado por soplete con un espesor de 2" ½. Este material y su particular aplicación, garantiza cubrir toda la superficie de chapa otorgándole la reducción de la transmitancia térmica. El valor de conductancia térmica del muro resulta $K= 0,52 \text{ W/ m}^2$ (Gelardi et al., 2012); el revestimiento interior del aislante térmico es de placas de roca de yeso. La Fig. 9 (izq.) se observa la P.A. y la chapa exterior, también se observa que en coincidencia con las ventanas se colocó una chapa perforada. En la Fig. 9 (der.) se muestra la vivienda total PB y PA desde el frente en esquina.

La figura 10 (izq.) muestra los valores de temperatura para el dormitorio de planta alta (construcción nueva) y para el estar-comedor, ubicado en la planta baja. Como se puede apreciar, la construcción nueva genera temperaturas interiores más elevadas durante el día y valores de temperatura cercanas a la mínima existente en la planta baja en las noches. Se observa una elevada amplitud térmica, producto del sistema constructivo liviano. La temperatura interior media fue de 22,3 °C.

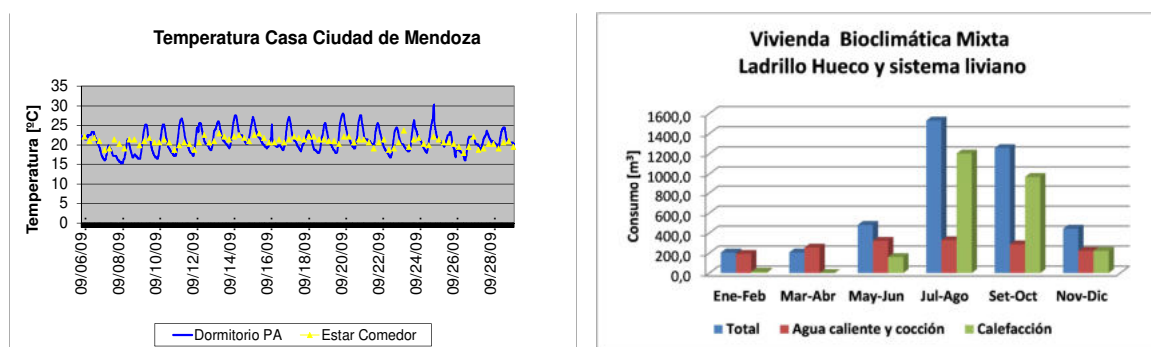


Figura 10.: vivienda de construcción tradicional en ladrillo hueco y ampliación liviana con conservación de energía.(Izq.) se observa las temperaturas registradas;(der).consumos.

En la Tabla 5, se indican los consumos bimestrales para agua caliente y cocción y para calefacción consumida y calculada con el PBTE. También se indican los valores totales anuales.

Bimestres	Dic-Ene	Feb-Mar	Abr-May	Jun-Jul	Ago-Set	Oct-Nov	Total anual
Total bimestral	204,5	205,3	480,3	1529,5	1256,0	442,5	4118,0
Agua caliente y cocción	191,3	253,9	320,9	327,1	286,3	221,1	1600,5
Calefacción consumida	13,2	0,0	159,3	1202,4	969,7	221,4	2566,1
Calefacción calculada	65,4	2,9	508,2	1098,0	697,9	118,2	2490,6

Tabla 5: valores consumidos de gas natural y calculados según el programa de BTES.

6- Vivienda tradicional construida en ladrillo visto en Luján de Cuyo, Mendoza

Localización geográfica: en Chacras de Coria, Luján de Cuyo. Coordenadas: Latitud 32,99° S; Longitud 68,89° W; Altitud 951 msnm. Clima: semidesértico con clima templado frío. La vivienda está construida en dos plantas, la PA cubre parcialmente el techo de la P.B. La superficie cubierta suma 137 m².



Figura 11: vivienda tradicional construida en ladrillo visto. Se observa la construcción en PB con techo horizontal e liviano inclinado y parte de la construcción en PA.

El FAEP resulta de 2,17 m²/m². Muros: de mampostería de ladrillo visto por el exterior y revocado por el interior y de 30 cm de espesor. Estructura de hormigón armado de 0,20 m de espesor. Techos: a) horizontales: de losetas y viguetas, con aislamiento térmico de 5 cm de poliestireno expandido y relleno alivianado y membrana hidrófuga; b) inclinados: con teja exterior, 5 cm de lana de vidrio y machimbre interior de 5/8". Carpintería de madera de cedro, un solo contacto sin burletes y sin aislamiento nocturno, sólo cortinas por el interior (Ver Figura 11).

La Figura 12 muestra los valores para el mes de Mayo, con temperaturas exteriores entre 3 °C y 22 °C e interiores entre 17 °C y 23 °C. Se observa la variabilidad de las temperaturas interiores propia de la construcción sin aislamiento térmico en muros. Los consumos de la vivienda promediados para varios años se pueden observar en la Figura 12 (der.).

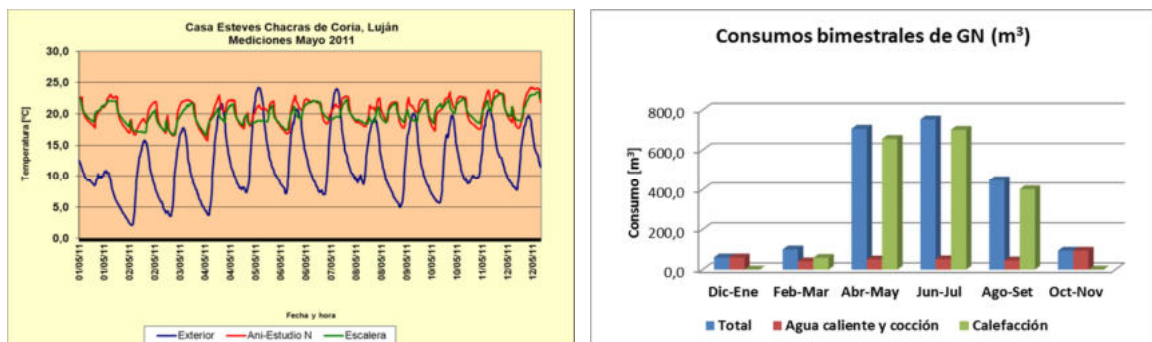


Figura 12.: vivienda de construcción tradicional en ladrillo visto: (Izq.) se observa las temperaturas registradas en Mayo; (der) consumos bimestrales.

En la Tabla 6, se indican los consumos bimestrales para agua caliente y cocción y para calefacción consumida y calculada con el PBTE. También se indican los valores totales anuales.

Bimestres	Dic-Ene	Feb-Mar	Abr-May	Jun-Jul	Ago-Set	Oct-Nov	Total anual
Total bimestral	69,0	87,8	541,0	795,6	433,5	80,3	2007,3
Agua caliente y cocción	69,0	87,8	107,9	109,8	97,5	78,0	550,0
Calefacción consumida	0,0	0,0	433,1	685,9	336,0	2,3	1457,3
Calefacción calculada	0,0	0,0	335,5	758,1	462,1	70,9	1626,6

Tabla 6: valores consumidos de gas natural y calculados según el programa de BTES.

7- Vivienda tradicional construida en ladrillo macizo en Las Heras, Mendoza

La vivienda se ubica en el departamento de Las Heras, Mendoza. Su ubicación geográfica es latitud 32,86° S; longitud 68,80° W; 715 msnm. La vivienda total tiene un FAEP de 2,04 y cuenta con una superficie cubierta total de 144,3 m².



Figura 13: foto del frente (fachada Sur) de la vivienda en Las Heras, Mendoza.

La mampostería es de ladrillo macizo con dos revoques en su envolvente vertical. El techo es de losa alivianada con 5 cm de aislamiento térmico. En la PA se encuentra el estudio que funciona solamente durante las horas diurnas, por lo cual, no se tomará en cuenta para este estudio. Sólo se toma la parte de la vivienda que se encuentra en PB. Una foto de la fachada de la vivienda, que pertenece al Barrio UJEMVI, se puede observar en la Figura 13. En la Fig. 14 (izq.) se puede observar las temperaturas tanto de la zona de estar-comedor, como de la zona de dormitorios.

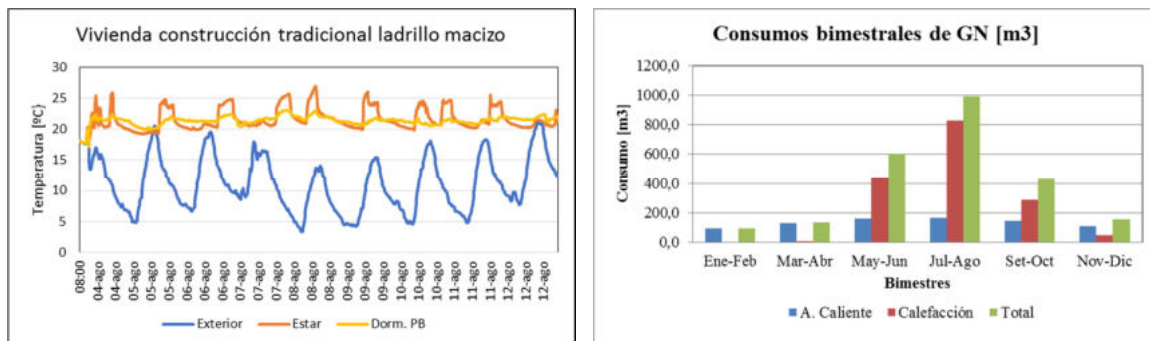


Figura 14: temperaturas registradas de la vivienda y consumos promedio de 3 años.

Se observan los picos de calefacción en la zona de estar (entre 18 °C y 25 °C) y la temperatura más constante en la zona de dormitorios (entre 20 °C y 23 °C). Tomando los promedios se obtiene una temperatura interior de 21,3 °C. En la figura 14 (der.) se pueden observar los consumos bimestrales promediados entre los años 2013 y 2017.

En la Tabla 7, se indican los consumos bimestrales para agua caliente y cocción y para calefacción consumida y calculada con el PBTE. También se indican los valores totales anuales.

Bimestres	Ene-Feb	Mar-Abr	May-Jun	Jul-Ago	Set-Oct	Nov-Dic	Total anual
Total bimestral	92,0	134,2	603,8	991,0	430,6	157,2	2408,8
Agua caliente y cocción	96,6	127,9	161,4	164,5	144,1	111,5	805,9
Calefacción consumida	0,0	6,3	442,4	826,5	286,5	45,7	1607,5
Calefacción calculada	0,0	86,5	667,6	737,6	249,3	0,0	1741,0

Tabla 7: valores consumidos de gas natural y calculados según el programa de BTES.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los valores que arroja el programa se encuentra el consumo mensual y anual del edificio en cuanto a gastos de calefacción. El consumo lo indica en 4 energéticos: energía eléctrica, gas natural, gas envasado, Kerosene y biomasa (leña).

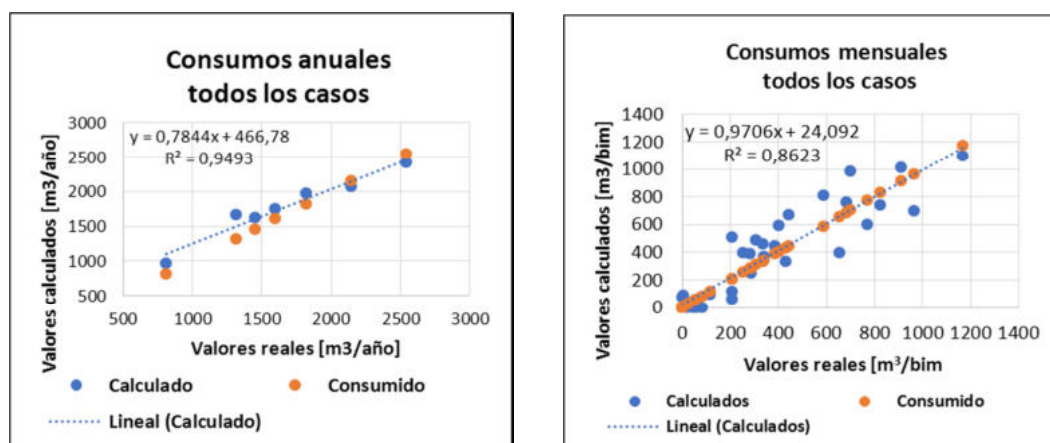


Figura 15: consumos reales vs. Calculados con el programa: (izq.) valores anuales; (der.) valores mensuales.

El consumo anual es lo que queda expuesto para el trabajo normal con el programa, mientras que el consumo mensual, queda oculto. En este caso, se ha hecho visible ambos tipos de consumo para poder conocer el grado de ajuste por bimestres, tal como viene la factura de gas natural.

El grado de ajuste anual se puede observar en la Fig. 15 (izq.) para el total de las viviendas indicadas aquí. Se observa que cuando los consumos son menores a 2000 m³ anuales, el programa da valores mayores de consumo estimado. La diferencia es variable, por debajo de 1000 m³ anuales produce consumos calculados del orden del 20 % más; entre 1000 y 1500 m³ anuales, el valor es mayor en el 10% y por encima de 2000 m³ anuales ajusta bien, para los consumos promediados de varios años (entre 3 y 7 años).

En cuanto al ajuste mensual, se debe indicar que resulta variable, si algún bimestre resulta de menos, al siguiente resulta de más y normalmente se compensa. Esto se puede observar en la Figura 15 (der.). También suele pasar que si no hay lectura, se hacen estimaciones que después se compensan, aunque al decir de ENARGAS, el valor de las lecturas estimadas es del orden del 3 % (ENARGAS, 2018).

Finalmente el valor estacional, es decir, el efecto que un año resulta más frío que otro, o más cálido tampoco se contempla, dado que el programa trabaja con temperaturas medias, promedio de por lo menos 10 años.

Sin embargo, teniendo en cuenta que es un programa de utilización sencilla, de apoyo a la etapa de anteproyecto para evaluar diferentes estrategias bioclimáticas aplicadas al edificio, resulta ser una herramienta interesante.

REFERENCIAS

- Censolar. (1989). Sistemas de aprovechamiento energético II – Tomo IV. Ed. PROGNSA – Promotora General de Estudios. Sevilla.
- ECOGAS. (2018). “Según Ecogas, qué hay que hacer si te llegó una factura de gas con lectura estimada”. Diario Los Andes, 27/07/2018. Secc. Economía. Fecha de consulta: 05/08/2018. <https://losandes.com.ar/article/view?slug=que-hacer-si-te-llego-una-factura-de-gas-con-lectura-estimada>.
- Esteves, A. Gelardi, D. (2003). Docencia en Arquitectura Sustentable: Programa de Optimización de Proyectos de Arquitectura basado en el balance térmico. Avances en energías Renovables y medioambiente, 7, N° 2, 10.31-10.34.
- Esteves A., Gelardi D. (2004). Optimización energética de edificios sustentables basada en un programa computacional que evalúa su forma y sus necesidades de calefacción y enfriamiento. Congreso Mercofrio (2004). Código del tema F3101. Porto Alegre, Brasil.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2000). SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. Rev. AVERMA Vol. 4, N° 2, pp.08.53-08.58. Ed. INENCO, Salta.
- Flores Larsen S., Lesino G. (2001). Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios Rev. Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 9, pp. 15 – 24. Ed INENCO. Salta.
- Hernandez A.(2002). PREDISE – un novedoso y práctico programa de evaluación térmica de edificios. AVERMA Vol. 6, N° 2. 08.61 – 08.66. Salta, Argentina.
- Gelardi D., Esteves A., Barea G. (2012). Ampliación bioclimática de vivienda urbana con tecnología no tradicional. Rev. AVERMA. Vol. 16, 05-131,05-138. Impreso en la Argentina.
- NORMA IRAM 11900. (2010). Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- Nielsen, T.R. (2005). Simple tool to evaluate energy demand and indoor environment in the early stages of building design. Solar Energy, 78 pp. 73-83. Ed. Elsevier.

ABSTRACT: The teaching of bioclimatic and sustainable architecture requires concrete steps towards energy conservation and passive system strategies incorporation in building. The Sustainable Buildings Thermal Balance Program (BTES) was developed (in 2003), which allows to obtain data for the preliminary project with respect to thermal insulation thicknesses and passive heating systems. In 2017 it was extended to other passive systems and this work presents the adjustment studied in the responses of consumption of auxiliary energy, analyzing the cases of 7 buildings, 3 bioclimatic and 4 of traditional construction, with variety of masonry and ceilings that allow to know the degree of adjustment of the results obtained . These result for annual values $R^2 = 0,9493$ and for bimonthly values $R^2 = 0,8623$, according to how the consumption of natural gas is billed, concluding that the program (BTES) is an appropriate tool to know, in preliminary stages, the behavior building in the way of the incorporation of different bioclimatic strategies.

Key words: bioclimatic architecture, auxiliary energy, knowledge transfers.