



# EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN VIVIENDAS DE ESQUEL MEDIANTE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

Julián Antonelli<sup>1</sup>, Alejandro D. González<sup>2</sup>

1. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico. E-mail: jantonelli@ciefap.org.ar.

2. Instituto Andino-Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales (IPATEC), CONICET y Universidad Nacional del Comahue.

**Resumen:** En trabajos previos se encontró que el consumo de combustibles en calefacción en Patagonia es alto, no sólo debido al clima muy frío sino a la falta de aislamientos térmicos en las viviendas. Un proyecto en curso del CIEFAP investiga el diseño eficiente de construcción de viviendas con madera de raleos de pino ponderosa, buscando cumplir, a la vez, con un buen aprovechamiento de recursos y con disminución de las necesidades de energía en calefacción. Para la evaluación de los nuevos diseños, es importante conocer las condiciones actuales de consumo en viviendas, y disponer de indicadores de eficiencia energética. En el presente trabajo se estudia el comportamiento térmico-energético de 6 viviendas ubicadas en la ciudad de Esquel, provincia del Chubut, Argentina. Los objetivos son evaluar la temperatura interior y exterior a través del monitoreo experimental, y analizar el consumo de gas natural en calefacción. Se diseñó un protocolo de mediciones para edificios en funcionamiento. Se presenta la metodología utilizada y se discuten los resultados obtenidos. Se utiliza un indicador como parámetro de calidad térmica para comparar las viviendas estudiadas. En todos los casos, durante el período analizado, se observó que los ambientes se encontraron entre 20 °C y 23,5 °C de temperatura promedio, y con valores del indicador de consumo en calefacción en el rango de 1,09 a 1,66 W/m<sup>3</sup>°C. La vivienda con mejor desempeño (1,09 W/m<sup>3</sup>°C) tiene estructura de madera con paneles de madera recuperada de raleos, con aislamiento térmico en paredes y techo realizado con viruta de carpintería.

**Palabras clave:** eficiencia térmica - ahorro energético - envolvente edificios

## Introducción

Cuando se desea ampliar el nivel de conocimientos sobre la relación hábitat – energía en el sector edilicio, debemos pensar en proyectos de investigación que incluyan un plan de auditorías ambientales para determinar el comportamiento de las construcciones respecto del confort y el uso de la energía (Czajkowski, 1999).

De acuerdo con investigaciones de diversos autores, el consumo de energía en calefacción en Argentina es excesivo respecto de las exigencias climáticas, y esto se debe a la falta de diseño térmico de los edificios (Filippín *et al.*, 2011). En la Patagonia, donde el clima es muy frío, la falta de aislamiento térmico en las viviendas conduce a consumos de gas que son de 3 a 5 veces los observados en climas similares de países europeos, en los cuales se implementan medidas de eficiencia energética. Por ejemplo, para San Carlos de Bariloche se encontraron consumos anuales en calefacción de viviendas con provisión de gas natural cercanos a 500 kWh/m<sup>2</sup> (González, 2007, 2008), y para Río Grande, en Tierra del Fuego, Díaz y Czajkowski (2004, 2005) relevaron consumos aún mayores. En este último caso, las auditorías

mostraron que los artefactos de tiro balanceado se dejan encendidos aun en verano y que en esa época del año se regula la temperatura interior abriendo ventanas. En gran medida, estas características del parque edilicio argentino se corresponden con la provisión de gas natural altamente subsidiado, con lo que se promovió la solución de confort interior a través del uso del combustible en lugar de medidas de conservación (véase una compilación de trabajos sobre conservación de energía y arquitectura sustentable en Czajkowski y Gómez, 2011).

Los niveles de subsidios actuales siguen siendo altos en la Región Patagónica debido a que sobre el precio del gas actualizado se realiza una quita cercana al 70 % que, en la facturación de Camuzzi Gas del Sur, se denomina “subsidio zona”. Por ejemplo, entre junio y agosto de 2017 (período que corresponde a este estudio), una factura por 1036 m<sup>3</sup> de gas natural muestra un importe total de gas consumido de \$ 1425 (tarifa de \$1,39/m<sup>3</sup>), y una bonificación por “subsidio zona” de \$ 961, que se descuenta directamente de los \$ 1425 de gas consumido, representando una quita de 69 % sobre el precio de facturación del consumo. En Patagonia

el precio del gas no ha variado en la proporción establecida para otras zonas del país. En trabajos previos, se investigó la influencia del subsidio al gas en los consumos elevados (González, 2009, 2013, 2014).

La Argentina cuenta con normativa relacionada con la calidad térmica edilicia desde hace décadas, que ha sido revisada y actualizada en diversas oportunidades. Sin embargo, hasta el presente, su implementación no ha sido obligatoria. Varios indicadores regulan la calidad edilicia global en cuanto a la prestación térmica y el ahorro de energía en calefacción. Principalmente, se pueden mencionar el indicador  $G$  (Coeficiente Volumétrico de Pérdidas de Calor) definido en la norma IRAM 11604 y, más recientemente, los indicadores  $\tau_m$  (Diferencia Media Ponderada de la Temperatura superficial del ambiente interior), y  $K'm$  (Transmitancia Térmica Media Ponderada) que propone la norma IRAM 11900. Esta última norma está en la actualidad en discusión ya que se pretende incorporar un capítulo destinado a estrategias pasivas que hace hincapié en el potencial bioclimático de cada sector del país.

En el presente trabajo, se utilizó el coeficiente  $G_{aud}$  ( $G$  auditado), conceptualmente definido como “la energía perdida por un local calefaccionado (edificio) por unidad de tiempo, unidad de volumen, y unidad de diferencia de temperatura en régimen estacionario, cuando se quiere mantener la temperatura interior elegida” (Mac Donnell & Mac Donnell, 1999).

No es posible calcular  $\tau_m$  o  $K'm$  porque no se logró contar con todos los detalles constructivos de las viviendas auditadas (espesores de materiales que componen muros, techos, pisos y aberturas). La misma información es también necesaria para calcular el valor de  $G$  de acuerdo con la norma. Por otro lado, es interesante notar que aun en el caso en que se cuente con planos detallados, muchas de las viviendas existentes han sufrido modificaciones o no se han construido de acuerdo a planos, ya sea por omisión o por intención. En este punto se pone de manifiesto una fortaleza del  $G_{aud}$ , que permite identificar defectos térmicos de la construcción, los cuales se reflejan indefectiblemente en las mediciones.

En el marco del proyecto estratégico de CIEFAP “Utilización de madera de raleos de pino ponderosa en la construcción”, se realizó este estudio durante el invierno 2017 en la ciudad de Esquel, provincia de Chubut (Lat.: 42°54'00" S, Long.: 71°19'00" O, altura sobre el nivel del mar 563 m). Bioclimáticamente la ciudad está clasificada, según Norma IRAM 11603, como zona VI (muy fría) con una Temperatura Mínima de Diseño (TDMN) de -13,7 °C y 3483 grados-día de calefacción (base 18).

## Metodología

### Viviendas auditadas e instrumentos utilizados

Durante el invierno de 2017 se monitoreó un total de seis viviendas en zona urbana y suburbana de la ciudad de Esquel con un rango de 53 a 315 m<sup>2</sup> cubiertos. No existen normas en el país para realizar monitoreos o auditorías energéticas en edificios, aunque si hay antecedentes; las primeras campañas fueron realizadas por el proyecto Audibaires entre 1985 y 1989 (Czajkowski, *et al*; 2012).

Las viviendas fueron auditadas técnica y socialmente, mediante un relevamiento que incluyó:

- Plano de arquitectura con medidas y distribución de locales.
- Características generales del sistema constructivo que conforma la envolvente.
- Tipo y tamaño de las aberturas.
- Artefactos de calefacción: cantidad, tipo, potencia, rendimiento y ubicación.
- Habitantes en la vivienda, número, género, edades.

Durante un período de al menos 16 días, se registró diariamente el consumo de gas natural mediante lectura directa en el medidor ubicado en el gabinete que exige la empresa prestataria del servicio. La lectura se efectuó una vez al día, siempre a la misma hora.

Durante ese mismo período se registró temperatura interior de locales utilizando termómetros datalogger TESTO 174H. Los termómetros se distribuyeron en el interior de las viviendas procurando, en la medida de lo posible, ubicar uno en cada local, a 1,5 m de altura con respecto a piso terminado, y disponiéndolos de forma tal que no estuvieran ni muy alejados ni muy cercanos a las aberturas ni a los artefactos de calefacción. El registro de datos se programó con un intervalo de 60 minutos.

También se registró temperatura ambiente exterior mediante un termómetro datalogger del mismo tipo, colocado en el exterior de la vivienda, al reparo de la radiación solar y de la lluvia.



Figura 1 – Equipamiento utilizado

El trabajo incluyó, además, un registro fotográfico de las viviendas mediante termografía infrarroja utilizando para ello una cámara termográfica TESTO 870-1, con el objetivo de detectar y evaluar patologías térmicas.

### Definición del indicador de eficiencia

En función de la información recabada para cada vivienda, en forma diaria se procedió a calcular el indicador  $G_{aud}$  de la siguiente forma:

$$G_{aud} \left[ \frac{W}{^{\circ}C \cdot m^3} \right] = \frac{E}{\Delta T \cdot V \cdot 24h}$$

Donde:

E: Energía consumida en calefacción en el día, en Watt por hora.

$\Delta T$ :  $T_{ip} - T_{ep}$ ; diferencia de temperatura en  $^{\circ}C$

$T_{ep}$ : Temperatura exterior promedio, en grados centígrados

$T_{ip}$ : Promedio ponderado de la temperatura interior de los locales, en grados centígrados.

V: Volumen calefaccionado, en metros cúbicos.

El criterio para interpretar el G es el siguiente: a mayor G, menor es la eficiencia térmica de la vivienda y viceversa.

En el cálculo del parámetro E se tienen en cuenta las siguientes hipótesis:

- Poder calorífico del gas natural se adopta  $10,8 \text{ kWh/m}^3$
- Consumo de gas natural en cocción: se estima en  $0,22 \text{ m}^3/\text{día}$  por cada persona mayor de 18 años
- Consumo de gas natural en agua caliente sanitaria: se estima en  $0,3 \text{ m}^3/\text{día}$  por persona. Se adiciona  $0,25 \text{ m}^3/\text{día}$  por el piloto del termostanque.
- Para el rendimiento de los artefactos se adoptan los datos provistos por el fabricante en el caso de calderas y de calefactores de tiro balanceado se adoptan los rendimientos obtenidos por Juanicó y González (2007) en el Centro Atómico Bariloche.

Producto de la multiplicidad de variables que influyen en los resultados de las mediciones, como radiación solar, intensidad y dirección del viento, comportamiento de los usuarios, etc., el cálculo diario del  $G_{aud}$  arroja un coeficiente de variación que oscila entre el 10,6 % y el 46,4 %. Para poder contemplar esta dispersión se propone utilizar el percentil 90 de este indicador. De esta forma, la herramienta estadística permite trabajar con un solo número que contempla, en forma simultánea, tanto el valor medio de las mediciones como la dispersión. Para ello se adopta como

hipótesis de cálculo que el  $G_{aud}$  responde a una distribución de Gauss, aplicándose entonces la siguiente fórmula:

$$G_{aud90} = \text{Valor medio} + 1,28 \cdot \text{Desviación estándar}$$

Por otra parte, partiendo de los valores de  $G_{aud90}$  y de las temperaturas medias históricas del Servicio Meteorológico Nacional, también se determinó el indicador  $\text{kWh/m}^2$  anual por ser de utilización muy difundida en otros países.

### Descripción de las viviendas estudiadas

En las Figuras 2 a 7 se observan las fachadas de las viviendas auditadas.



Figura 2 - Vivienda N° 1



Figura 3 - Vivienda N° 2



Figura 4 - Vivienda N° 3



Figura 5 - Vivienda N° 4



Figura 6 - Vivienda N° 5



Figura 7 - Vivienda N° 6

En la Tabla 1 se presenta el resumen de las principales características técnicas y sociales de las viviendas auditadas.

### Resultados y discusión

La Tabla 2 muestra los resultados de las mediciones de temperatura y consumo energético en cada caso. También se indican las temperaturas medias históricas para el período de análisis correspondiente a los registros del Servicio Meteorológico Nacional, siendo estos últimos entre  $1,7 \text{ }^{\circ}C$  y  $5,8 \text{ }^{\circ}C$  menores que las temperaturas medias exteriores obtenidas. Es de destacar que los registros del SMN corres-

Tabla 1: Características técnicas y sociales de las viviendas.

Nº	Sistema constructivo	Superficie cubierta (m <sup>2</sup> )	Volumen calefaccionado (m <sup>3</sup> )	Esbeltez (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Tipo de Vidrios	Usuarios			
						Mayor de 18 años	Menor de 18 años	Masculino	Femenino
1	Mampostería encadenada de ladrillos macizos (espesor 18 cm). Cubierta de chapa con estructura de madera y lana de vidrio.	53,5	108,85	2,03	Simples	2	0	1	1
2	Mampostería encadenada de ladrillos huecos (espesor 18 cm). Cubierta de chapa con estructura de madera y lana de vidrio.	86,2	177,6	2,06	Simples	2	1	2	1
3*	Plataea de hormigón. Estructura independiente de madera. Muros de paneles de madera y aislación con viruta. Techo de chapa con estructura de madera y aislación con viruta.	193,0	546,0	2,83	Ventanas: Doble Lucarnas: Simple	4	1	2	3
4	Muros de mampostería de ladrillo macizo. Techo de chapa con estructura de madera y lana de vidrio.	93,7	193,4	2,06	Simples	2	0	1	1
5	Planta baja: Muros de mampostería de ladrillo macizo. Planta alta: entramado de madera. Techo de chapa con estructura de madera y lana de vidrio.	152,0	409,3	2,69	Doble	2	1	2	1
6	Mixto: parte con mampostería encadenada de ladrillo hueco, y parte con sistema tipo cabañero de madera laminada. Techo de chapa con estructura de madera y lana de vidrio.	314,8	897,5	2,85	Parte simples y parte dobles	4	1	2	3

\*La propiedad está compuesta por dos construcciones separadas: una vivienda de 82,7 m<sup>2</sup> y dos departamentos apareados de 110,3 m<sup>2</sup>.

ponden a los del aeropuerto de Esquel, ubicado a 20 km de la planta urbana, con características geográficas distintas a la ciudad y sin su efecto de isla de calor. Por lo tanto, para

una determinación más precisa de los indicadores, los datos obtenidos muestran la necesidad de medir las temperaturas exteriores en cada vivienda.

Tabla 2: Resultados de mediciones por vivienda.

Vivienda Nº	Período de medición	Días válidos	Consumo de gas promedio (m <sup>3</sup> /día)	E <sub>promedio</sub> (kWh/día)	T <sub>i</sub> promedio (°C)	T <sub>e</sub> promedio (°C)	ΔT promedio (°C)	T <sub>e</sub> SMN* (°C)
1	25/4/17 a 10/5/17	16	5,1	21,1	20,0	11,9	8,1	6,0
2	13/5/17 a 28/5/17	16	15,5	93,3	23,3	7,7	15,6	4,7
3	10/6/17 a 29/6/17	16	33,8	244,9	23,5	4,1	19,5	2,4
4	5/7/17 a 31/7/17	27	12,3	73,8	20,7	4,1	16,6	1,5
5	4/8/17 a 22/8/17	19	20,0	179,2	20,3	5,9	14,4	3,2
6	25/8/17 a 19/9/17	26	43,3	427,2	21,3	8,4	13,0	5,0

\* Servicio Meteorológico Nacional. Temperatura promedio en Aeropuerto de Esquel (1961-1990) para el mismo período.

En el Gráfico 1 se representa la relación entre las temperaturas medias interiores y exteriores para cada vivienda, lo que refleja el comportamiento que adopta el usuario frente a la variación de las condiciones meteorológicas. Se destaca que la temperatura interior se mantiene aproximadamente constante en todos los casos, con tendencia notable a incrementarse a medida que aumenta de la temperatura exterior.

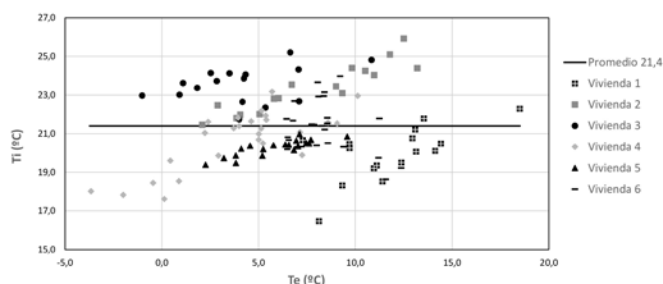


Gráfico 1: Relación entre temperaturas interior y exterior de las viviendas auditadas

La Tabla 3 muestra los resultados de los indicadores  $G_{aud}$  y kWh/m<sup>2</sup> para cada unidad. Las mediciones arrojan, para viviendas construidas completamente con sistemas tradicionales de mampostería (viviendas 1 y 2), un valor de  $G_{aud}$  de 1,65 o cercano. En el caso de la vivienda 4, si bien es tradicional, se trata de una unidad central dentro de un bloque de viviendas, de modo que es razonable esperar un valor de

$G_{aud}$  menor ya que un porcentaje importante de la envolvente limita con locales que están calefaccionados.

La vivienda 3 es la que arroja el menor valor de  $G_{aud}$ , siendo de esta forma la más eficiente, lo cual es esperable por tratarse de un sistema constructivo de madera con aislación térmica incorporada.

Para el caso de viviendas que presentan sistemas mixtos, donde se mezclan sistemas tradicionales con sistemas de madera (viviendas 5 y 6) el indicador arroja valores intermedios entre los casos mencionados anteriormente, lo que es coherente con los resultados anteriores.

En el caso del indicador kWh/m<sup>2</sup>.año, las mediciones arrojan resultados entre 266 y 515, valores altos y similares a los obtenidos en trabajos anteriores en la ciudad de Bariloche (González *et al.*, 2007); para la vivienda 3, que es la de menor  $G_{aud}$  (=1,09), se obtuvo 404 kWh/m<sup>2</sup>.año. Este resultado, muy elevado, pone de manifiesto el potencial de mejora existente, sobre todo si se toma como criterio de comparación las viviendas europeas promedio donde para el mismo indicador se obtienen valores de entre 120 y 150 kWh/m<sup>2</sup>.año (Carlsson-Kanyama *et al.*, 2005). En el presente caso, un consumo de 150 kWh/m<sup>2</sup>.año se correspondería con un  $G_{aud}$  de aproximadamente 0,60. En viviendas de los países europeos con temperatura media anual similar a Esquel, distintos trabajos recientes muestran la evolución en el tiempo de los consumos en calefacción a medida que se fueron implementando medidas de conservación de energía (Corvacho *et al.*, 2016; Sandberg *et al.*, 2016). Aun cuando los códigos actuales exigen consumos tan bajos como 50 kWh/m<sup>2</sup>.año para viviendas unifamiliares nuevas, los consumos promedio se encuentran entre 120 y 150 kWh/m<sup>2</sup>.año.

Tabla 3: Resultados de cálculo de indicadores de eficiencia térmica por vivienda.

Vivienda Nº	$G_{aud}$ (W/m <sup>3</sup> .°C)			$G_{adm}$ (W/m <sup>3</sup> .°C) (IRAM 11604)	kWh/m <sup>2</sup> .año con $G_{aud}$
	Valor medio	COV (%)	Percentil 90*		
1	1,04	46,4	<b>1,65</b>	1,88	336
2	1,41	13,7	<b>1,66</b>	1,69	442
3	0,95	11,5	<b>1,09</b>	1,36	404
4	0,97	19,2	<b>1,21</b>	1,66	266
5	1,28	12,0	<b>1,47</b>	1,42	407
6	1,42	10,6	<b>1,61</b>	1,27	515



En la Tabla 3 también se muestran los valores de G máximos admisibles de acuerdo con la norma IRAM 11604. Dicha norma no establece una escala de categorías, simplemente establece la metodología de cálculo de G, y luego provee gráficos en los que, ingresando con el volumen de la casa y los Grados-día, se obtiene el valor de G máximo admisible. Como se puede ver, en los casos 1 a 4 se obtuvieron valores algo mayores a los medidos pero de rango similar, mientras que en los casos 5 y 6 se obtuvieron valores menores. Este análisis confirma que las viviendas auditadas no son térmicamente eficientes, dado que los valores G son cercanos o mayores a los máximos admisibles. De todos modos, cabe mencionar que el valor admisible de la norma se corresponde con el valor G calculado, para el cual se requieren los detalles constructivos de la vivienda.

### Termografía

Las siguientes figuras muestran ejemplos de deficiencias térmicas halladas recurrentemente en las viviendas auditadas, que explican cualitativamente los resultados obtenidos para los indicadores G de la sección anterior.

En la Figura 8 se muestra una imagen del techo tomada desde el interior de la vivienda. Pueden observarse los puentes térmicos que se forman en las cubiertas ejecutadas con tirantería y machimbre de madera, por falta de continuidad en la aislación debajo de los clavadores. Se midieron diferencias de temperatura del orden de 4 °C entre el sector con aislación y el sector de clavadores. La Figura 9 muestra el perfil de temperaturas en el plano P1 indicado en la Figura 8.

La Figura 10 corresponde a la imagen termográfica del frente de la vivienda N° 2, tomada desde el exterior, donde puede apreciarse la diferencia de temperatura en la superficie de la fachada en los sectores donde se encuentra el encadenado superior y el zócalo inferior. Notablemente, la mayor pérdida de calor se da a través del zócalo, lo cual se aprecia en la Figura 11, en el perfil de temperaturas obtenido.

La Figura 12 es una imagen tomada desde el interior, e ilustra las pérdidas por infiltraciones en una abertura con deficiencia de sellado en su perímetro. En la Figura 13, el perfil de temperaturas en el plano P1 muestra diferencias de hasta 10 °C entre la pared interna y el sello del marco de la ventana.

En la Figura 14 se observa una imagen que ejemplifica una pérdida de calor común en edificios sin aislamiento térmico, que es responsable de condensación en paredes internas. Ilustra las pérdidas térmicas por puentes térmicos geométricos que se producen en los encuentros de muros exteriores, donde se hallaron diferencias de temperatura del orden de 7 °C entre la esquina y el muro adyacente construido con los mismos materiales (Figura 15).



Figura 8: Puente térmico en cubiertas de madera.



Figura 9: Perfil de temperaturas de Figura 8.



Figura 10: Puente térmico en encadenado y zócalo.

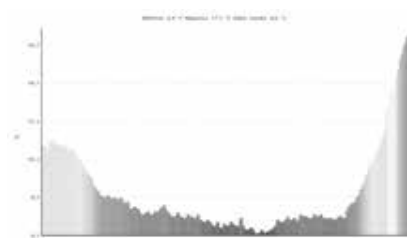


Figura 11: Perfil de temperaturas de Figura 10

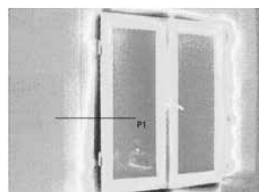


Figura 12: Filtraciones en perímetro de abertura con deficiencias de sellado.



Figura 13: Perfil de temperaturas de Figura 12



Figura 14: Puente térmico geométrico en esquina.



Figura 15: Perfil de temperaturas de Figura 14

## Conclusiones

La metodología de análisis y los instrumentos utilizados nos permitieron obtener, hasta el momento, resultados significativos acordes a los objetivos previstos. Entendemos que los resultados han sido satisfactorios desde el punto de vista del proyecto y el análisis pero que al mismo tiempo reflejan el enorme potencial de mejora para el parque edilicio de la ciudad de Esquel. A pesar del número limitado de casos en esta primera etapa, el  $G_{aud}$  muestra consistencia en los distintos casos y parece comportarse como un indicador válido para analizar edificios existentes en base a auditorías in situ. Una dificultad encontrada fue la falta de detalles constructivos documentados como para calcular indicadores como el G según la Norma IRAM o el K promedio. Por otro lado, se encontró útil que el método usado en el presente trabajo permite el estudio de casos reales en los cuales los detalles constructivos documentados pueden no corresponder a los edificios existentes, ya sea por reformas o por omisión de información. A futuro, faltaría analizar mayor cantidad y diversidad de casos para generar una base estadística confiable. Es parte del proyecto continuar estos estudios incluyendo prototipos de casas construidas con reciclados de madera de pino ponderosa proveniente de raleos, y comparar los resultados con viviendas convencionales.

## Agradecimientos

El presente trabajo se llevó a cabo con apoyo del proyecto estratégico de CIEFAP “Utilización de madera de raleo de pino ponderosa en la construcción”, y del proyecto de la Universidad Nacional del Comahue PIN I B191 “Medioambiente y sociedad: peligros naturales y vulnerabilidad en poblaciones de Patagonia Andina”.

## Bibliografía

- Carlsson-Kanyama A., Engström R., Rixt K. 2005. Indirect and direct energy requirements of city households in Sweden. *Journal of Industrial Ecology* 9 (1-2), 221–235.
- Corvacho H., Alves F.B., Rocha C. 2016. A Reflection on Low Energy Renovation of Residential Complexes in Southern Europe. *Sustainability* 8, 987; doi:10.3390/su8100987.
- Czajkowski, Jorge. 1999. Desarrollo del programa AuditCAD para el análisis de edificios a partir de auditorías ambientales. *Avances en energías renovables y medio ambiente* Vol. 3 Nro 2. Pág 01.39 a 01.42.
- Czajkowski J. 2000. Desarrollo de un modelo de ahorro de energía en edificios de vivienda y determinación de valores límite de calidad térmica para la República Argentina. *Avances en energías renovables y medio ambiente* Vol.4 Nro 2. Pág 01.39 a 01.42.
- Czajkowski J. 2010. Verificación del etiquetado energético de edificios a partir de mediciones en edificios construidos. *Avances en energías renovables y medio ambiente*. Vol. 14.
- Czajkowski J., Gómez A. editores. “Cuadernos de Arquitectura Sustentable”, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Univ. Nac. De La Plata, 2011.
- Czajkowski J., Gómez A., Vagge C., Salvetti B., Marcilese M., Diulio M. P. y García Santa Cruz M. 2012. Evaluación del confort higrotérmico invernal en viviendas unifamiliares del Gran La Plata mediante auditorías. Vol. 16, 101-106.
- Díaz C; Czajkowski J. 2004. Comportamiento térmico de viviendas populares en Tierra del Fuego (Argentina). *Avances en energías renovables y medio ambiente* Vol. 8. Tomo 1.
- Díaz, C. Corredera, C y Czajkowski, J. 2005. Resultados de mediciones de confort higrotérmico en viviendas de interés social en Tierra del Fuego. Campaña de verano. *Avances en energías renovables y medio ambiente* Vol. 9. Tomo 1.
- Filippín C., Flores Larsen S., Mercado V., 2011. Winter energy behaviour in multi-family block buildings in a temperate-cold climate in Argentina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 203–219.
- González A.D., 2014. “Casas confortables con mínimo uso de energía: estudio de casos prácticos para Argentina y Chile”. Libro gratuito y de libre acceso en <http://www.ipatec.conicet.gov.ar/casas-confortables-con-minimo-uso-de-energia-estudio-de-casos-practicos-para-argentina-y-chile/>.
- González A.D., 2013. “Management of disaster risks derived from very large fuel subsidies to natural gas in Argentina”. *Climate Change and Disaster Risk Management, Part 3*, 463-473. Springer-Verlag.
- González A.D., 2009. “Energy subsidies in Argentina lead to inequalities and low thermal efficiency”, *Energies* 2, 769-788 (2009) (open access <http://www.mdpi.com/1996-1073/2/3/769> ).
- González A.D., Carlsson-Kanyama A., Crivelli E., Gortari S., 2007. “Residential energy use in one-family households with natural gas provision in a city of the Patagonian Andean region”. *Energy Policy* 35, 2141-2150.
- González A.D., 2008. “Aumento de eficiencia térmica en la ciudad de Bariloche: propuesta de plan de mejoras con dirección de subsidios a la inversión, y no al consumo”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 12, 07.57-07.64.
- Juanicó L. y González A.D. (2008). Thermal efficiency of natural gas balanced-flue space heaters: Measurements for commercial devices. *Energy and Buildings* 40, 1067-1073.
- Mac Donnell H. & Mac Donnell H. P., 1999. Manual de construcción industrializada. Revista Vivienda SRL. Buenos Aires.
- Norma IRAM 11603 (2012). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Norma IRAM 11604 (2001). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límite.
- Norma IRAM 11900 (2010). Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica.
- Sandberg N.H., Sartori I., Vestrum M.I., Bratebo H. 2016. Explaining the historical energy use in dwelling stocks with a segmented dynamic model: Case study of Norway 1960–2015. *Energy and Buildings* 132,141–153