

## PROCEDIMIENTO PARA DISCRIMINAR CONSUMO DE GAS NATURAL SEGÚN USOS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES.

Carolina Soledad Vagge<sup>1</sup> y Jorge Daniel Czajkowski<sup>2</sup>

Laboratorio de Arquitectura y Habitat Sustentable (LAyHS) FAU- UNLP- CONICET.  
Calle 47 nro 162 1900 La Plata, Argentina.  
Tel / fax : 54 9221 4236587 # 255.  
E - mail: [carolinavagge@yahoo.com.ar](mailto:carolinavagge@yahoo.com.ar)

*Recibido: 28-10-11 Aceptado: 18-11-11.*

**RESUMEN.-** El trabajo de investigación presentado se encuadra dentro de la realización de una beca doctoral tipo II CONICET para aspirar al grado de doctora en Arquitectura y Urbanismo de la FAU-UNLP. El tema de trabajo refiere a un “Modelo alternativo de planeamiento energético-ambiental de áreas metropolitanas MAPS basado en diferenciales de tejido urbano”. Al mismo tiempo se encuentra enmarcado en el proyecto de investigación PICT ANPCyT 2006-956: “Eficiencia energética edilicia en áreas metropolitanas. Evaluación mediante auditorías y propuestas de estándares”.

Este trabajo busca plantear un procedimiento para poder discriminar el consumo de gas natural en calefacción y agua caliente+cocción, con el objetivo de ajustar variables críticas e indicadores energético-ambientales para diferenciales de tejido urbano. Los datos utilizados se obtuvieron en la campaña de medición en junio del año 2008, en dos casa en la ciudad de La Plata de tipología dúplex. Para el procesamiento de los datos se utilizó el Hobo ware, el Excel, EnergoCAD R14, AuditCAD y Discrgas.

**Palabras claves:** consumo de gas natural, calefacción, agua caliente y cocción, vivienda unifamiliar

## PROCEDURE FOR DISCRIMINATION NATURAL GAS CONSUMPTION APPLICATIONS BY DWELLINGS.

**ABSTRACT.-** This Research is part of a type II Conicet Scholarship Project to obtain a PhD in Architecture and Urbanism of the FAU-UNLP (University of La Plata). The topic of the paper refers to an “Alternative model of energy-environmental planning of metropolitan areas (MAPS) based on urban fabric differentials”. It is also framed within the PICT ANPCyT 2006-956 research project: “Building energy efficiency in metropolitan areas. Evaluation through audits and standard proposals.”

This paper seeks to propose a procedure to discriminate natural gas consumption for heating and hot water + cooking, in order to adjust critical variables and indicators for energy and environmental differentials urban fabric. The data used were obtained from the measurement campaign in June 2008 in two houses in the city of La Plata type duplex. For processing the data was used Hobo ware, Excel, EnergoCAD R14, and Discrgas AuditCAD.

**Keywords:** natural gas consumption, heating, hot water and cooking, dwelling.

### 1. INTRODUCCION

Las viviendas auditadas se encuentran en la ciudad de la ciudad de La Plata (lat: -34.9; long: 57,56; alt: 21 mts) a orillas del Río de La Plata sobre la margen occidental. El clima esta clasificado según normas argentinas como templado cálido húmedo, sub-zona IIb (IRAM 11630).

Del análisis de los datos climáticos, surge que posee veranos suaves (tmáxmed= 28.5°C) e inviernos poco rigurosos (tmínmed= 6.7°C) con alta humedad ambiente

(HR= 71 Y 86 %) y vientos predominantes desde el NE a SE. La temperatura de diseño máxima para verano es 34.5°C y la mínima de invierno 2.4 °C (figura 1a). El 17 % de los días de un año estadístico las temperaturas medias se encuentran por debajo del nivel de confort esto implica garantizar el acceso al sol en los ambientes principales y prever un buen aislamiento térmico. Solamente durante el 16 % de las temperaturas máximas superan el confort aunque con temperaturas medias dentro del confort. Según el climograma de Givoni (figura 1b) deberá tenerse en cuenta el sombreado adecuado, ventilación nocturna, mínima ventilación diurna, inercia térmica y aislamiento térmico en techos principalmente (Czajkowski - Gómez 2002).

1. Becaria CONICET

2. Investigador CONICET

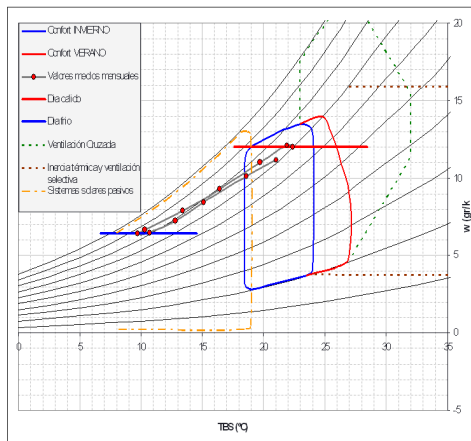
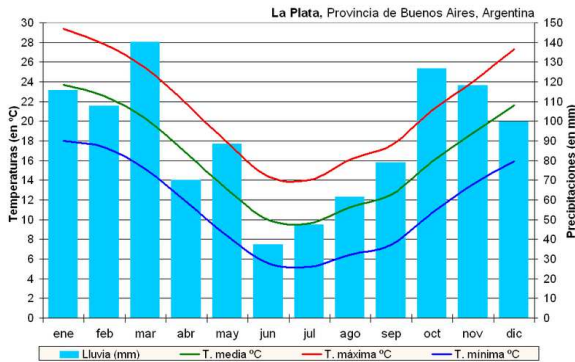


Fig. 1a y b: Izquierda: datos del clima de la Ciudad de Plata. Características bioclimáticas de La Plata, Buenos Aires, Argentina a partir de datos medios de temperatura y humedad e indicando los días típicamente cálidos y fríos.

**CASO A:**

La vivienda A (Figura 2) fue diseñada y construida por un arquitecto local en el año 1996. La familia que habita actualmente la vivienda, la ocupó en el año 1998. Tiene 140 m<sup>2</sup> cubiertos, se encuentra emplazada en un terreno de 10 x 20 m. Es tipo dúplex, compacta, dispuesta en dos

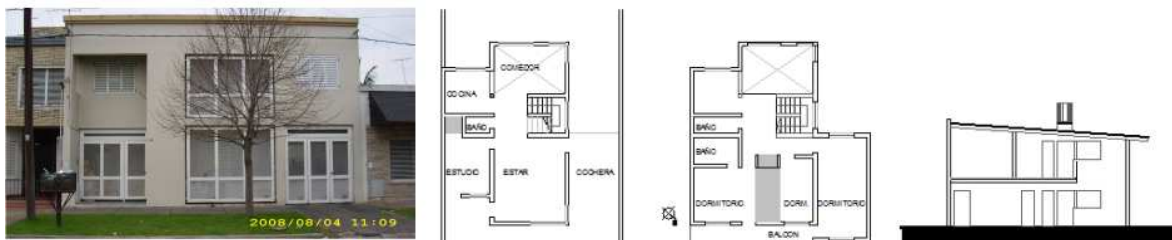


Fig. 2: Fachada, plantas y corte de la vivienda A.

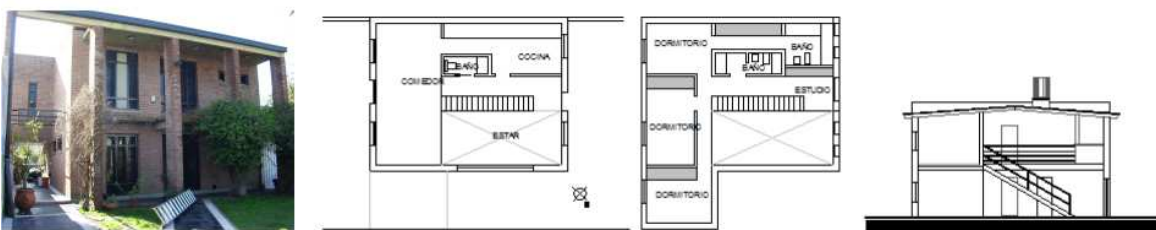


Fig. 3: Fachada plantas y corte de la vivienda.

niveles: en la planta baja se encuentran el estar, comedor, estudio, baño y cocina, y en la planta superior 3 dormitorios, 2 baños y una biblioteca.

**CASO B:**

La vivienda B (figura 3) también pertenece a la tipología dúplex, fue construida entre los años 1994 y 1997. La casa tiene 154 m<sup>2</sup> cubiertos dispuestos en dos plantas: en la planta baja se encuentra el estar, comedor, cocina con lavadero y baño, en la planta alta se encuentran los tres dormitorios, 2 baños y un estudio. Se encuentra emplazada en un terreno 10 x 30 m.

La tecnología constructiva de las viviendas es convencional con estructura de H° A° (bases y vigas de fundación, columnas y vigas) entrepiso de viguetas pretensadas, con ladrillo cerámico hueco y capa de compresión. Cielorraso suspendido de placa de roca de yeso en estructura de hierro galvanizado. La cubierta es de chapa con entablonado de machimbre a la vista de pino, aislamiento térmico e hidrófugo, materializado con cartón alquitranado y EPS de 20 mm y chapa galvanizada ondulada N° 25 (K= 1.8 W/m<sup>2</sup>.K). En el caso A los muros exteriores son de ladrillo hueco de 18x18x33 (K= 1.8 W/m<sup>2</sup>.K). Revoque externo con azotado hidrófugo y jaharro enlucido a la cal. Revoque interior: grueso y fino a la cal. Las carpinterías son de aluminio con vidrio simple de 4 mm y persianas de aluminio (K= 5,8 W/m<sup>2</sup>.K). Los pisos son cerámicos sobre contrapiso de 10 cm de espesor sobre terreno natural. En el caso B los muros exteriores son de ladrillo común a la vista de 0.30 m de espesor con cámara de aire (1,7 W/m<sup>2</sup>.K). En ambos casos el sistema de calefacción cuenta con estufas de tiro balanceado de 2500 kcal/h,

El objetivo de este trabajo es establecer un procedimiento para ajustar variables críticas e indicadores energético-ambientales para diferenciales de tejido urbano, a partir de comparar el consumo de gas calculado y medido y analizar la relación entre consumo de gas en calefacción y agua caliente +cocción.

## 2. INSTRUMENTOS Y MÉTODOS

Se realizó una auditoría detallada que incluyó una encuesta socio-energética y una campaña de medición de invierno entre el 11-06-2008 y el 30-06-2008. Para realizar las auditorías se utilizaron micro-adquisidores de datos HOBO U10-003 (temperatura y humedad), un micro-adquisidor de datos HOBO U12-012 (temperatura, humedad e iluminación), una estación meteorológica HOBO Pro V2 (temperatura y humedad), un termómetro infrarrojo Lutron TM-949 y un termómetro /anemómetro Lutron LM 8000. Para obtener los consumos medidos de cada una de las viviendas, se tomó un registro inicial del consumo de gas y electricidad teniendo en cuenta la hora de inicio de la medición y una semana después al finalizar la medición se tomó nuevamente el consumo en los medidores fijando la hora de finalización de la medición. Luego los datos obtenidos se cotejaron con valores de facturas de gas con el fin de verificar los valores medidos y en tal caso detectar discrepancias.

En cuanto al instrumental de procesamiento de la información se utilizó el "Excel", el "HOBOWarePro", para los datos generados por los hobos. En el análisis de la auditoría se usó el programa AuditCAD (Czajkowski, 1999). Dado que en La Plata la facturación es bimestral se debió convertir los consumos de gas natural y electricidad a valores mensuales a fin de poder contrastar con los valores generados por el AuditCAD (Czajkowski y Corredera, 2003).

Para discriminar el consumo de gas para agua caliente sanitaria (ACS), se utilizó el programa Discrgas (figura 5) que permite calcular el consumo de gas a partir de mediciones de temperatura y humedad relativa con microadquisidores Hobo, en este caso se ubicó en el conducto de salida de gases de combustión a fin de que registre los saltos térmicos provocados por el encendido del quemador (figura 4).



Fig. 4: Ubicación de hobos en el conducto de salida de los termotanques de las viviendas analizadas.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DATOS MEDIDOS - UmeL.DAT			
REGISTRO INICIAL	hora	Temp	HR
1	11:00	26.22	32.74
REGISTRO FINAL	hora	Temp	HR
1	16:00	23.58	22.99
Encendido quemador Total (Temperatura) : 1024.0 minutos			
Total Energía consumida (Temperatura) : 219200.00 Kcal/H			
Gas Natural consumido (Temperatura) : 23.83 m3			
Encendido quemador Total (Humedad Relativa) : 1024.0 minutos			
Total Energía consumida (Humedad Relativa) : 204800.00 Kcal/H			
Gas Natural consumido (Humedad Relativa) : 22.26 m3			
Tiempo total de medición (promedio) : 6400.0 minutos 106.6 horas			
Encendido quemador Total (promedio) : 1099.36 minutos			
Total Energía consumida (promedio) : 212000.00 Kcal/H			
Gas Natural consumido (promedio) : 23.04 m3			

Fig. 5: Ejemplo de salida de resultados del programa Discrgas

Para saber cuanto es el consumo de gas en cocción, teniendo el registro de gas consumido en el periodo auditado, se resta el consumo calculado en calefacción y

ACS. La diferencia entre ambos valores da como resultado el consumo de gas en cocción.

## 3. RESULTADOS

En las figuras 6 y 7 se puede ver la coincidencia entre la curva de consumo promedio medido y los valores medios máximos calculados. Por otro lado se puede inferir que la calefacción es encendida en las viviendas alrededor del mes abril y se apaga para el mes de noviembre, teniendo un pico de máximo consumo en el mes de agosto coincidiendo con el mes más frío en la ciudad de La Plata.

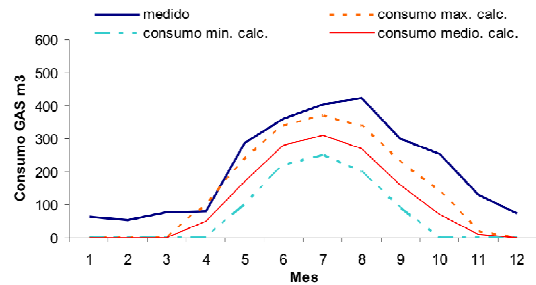


Fig. 6 :Gráfico comparativo entre consumo medido y calculado, casa A.

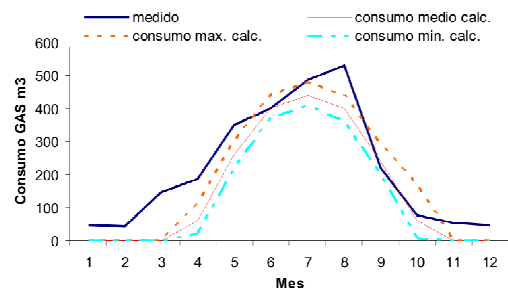


Fig. 7 :Gráfico comparativo entre consumo medido y calculado, casa B.

En la tabla 1 se puede ver los consumos mes por mes medidos obtenidos a partir de la encuesta socio energética y los consumos calculados por el programa AuditCAD a partir de los datos obtenidos por los hobos en las dos viviendas. También se comparan valores totales de consumo, promedios y cantidad de m<sup>3</sup> de GN se gastan por m<sup>2</sup>. El consumo anual total de gas medido es superior al calculado, porque no se está considerando el GN natural consumido para agua caliente y cocción.

Tabla 1: Valores de consumos de gas natural medidos y calculados.

	CASA A		CASA B	
	Consumo GN m <sup>3</sup>	Consumo GN calc. m <sup>3</sup>	Consumo GN m <sup>3</sup>	Consumo GN calc. m <sup>3</sup>
Enero	64	0	48	0
Febrero	54	0	43	0
Marzo	76	0	146	0
Abril	81	50	188	60
Mayo	288	170	350	260
Junio	360	280	401	400
Julio	404	310	488	440
Agosto	423	270	530	400
Septiembre	300	160	219	240
Octubre	254	70	76	60
Noviembre	129	10	55	0
Diciembre	73	0	48	0
<b>Total</b>	<b>2506</b>	<b>1320</b>	<b>2592</b>	<b>1860</b>
<b>Promedio</b>	<b>209</b>	<b>110</b>	<b>214</b>	<b>155</b>
Consumo GN/m <sup>2</sup> año	20	11	21	12

En la vivienda A la medición real de gas para un periodo de 9 días (216 hs.) dio como resultado 123,80 m<sup>3</sup> de gas natural. Con los datos de la auditoria realizada en la vivienda se procesaron los datos con el programa AuditCAD, que arrojó como resultado un consumo de gas natural en calefacción para el periodo medido de 74,66 m<sup>3</sup>. Luego con el programa Discrgas se obtuvo el consumo de gas natural para ACS 45,66 m<sup>3</sup>. Finalmente para obtener el consumo de gas natural en cocción se utilizó la siguiente expresión:

$$GN_m - GN_{cal} - GN_{ACS} = GN_{coc} \quad (1)$$

El resultado con respecto al consumo de GN<sub>coc</sub> fue de 3,47 m<sup>3</sup>.

$$GN_{coc} = (GN_m - GN_{cal} - GN_{ACS}) / h_m \cdot 24 h \quad (2)$$

Donde:

- GN<sub>coc</sub>: Consumo de gas natural en cocción
- GN<sub>m</sub>: Consumo de gas natural medido
- GN<sub>ACS</sub>: Consumo de gas natural en agua caliente sanitaria
- h<sub>m</sub>: Horas de medición

Aplicando la expresión (2) se obtiene un valor de consumo medio diario del periodo de medición para cocción de 0,4 m<sup>3</sup>/día.

Podemos observar entonces, que en la vivienda A el 60% del GN consumido es para calefaccionar, el 36,8% se consume para ACS y solo el 3,2 % del GN consumido es para cocinar (Figura 8).

En el caso B la medición real de gas para un periodo de 8 días (168 hs) dio como resultado 139,39 m<sup>3</sup> de gas natural. El consumo de gas natural en calefacción para el periodo medido es de 94,5 m<sup>3</sup>. Luego con el programa Discrgas se obtuvo el consumo de gas natural para ACS 37,7 m<sup>3</sup>. Utilizando la Eq. 1 se obtuvo el valor de consumo de gas natural para cocción de 7,19m<sup>3</sup>.

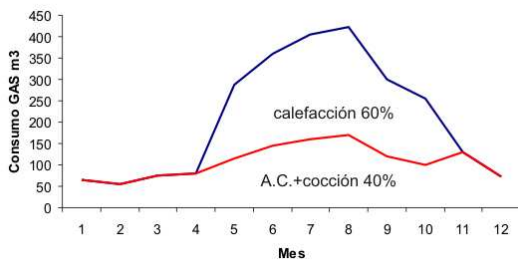


Fig. 8: Gráfico que muestra la discriminación entre consumo de gas para ACS+cocción y calefacción en la casa A.

A partir de la expresión (2), obtenemos el valor de consumo medio diario del periodo de medición para cocción de 1 m<sup>3</sup>/día.

De este modo observamos que en la vivienda B, el 67% del GN consumido es para calefaccionar, el 27% se consume para ACS y solo el 6 % del GN consumido es para cocinar (Figura 9).

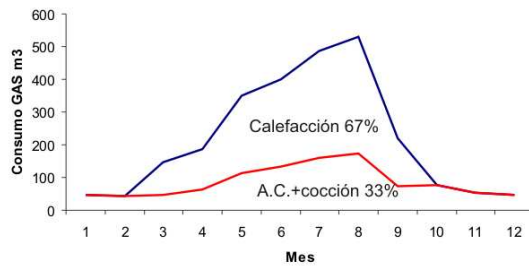


Fig. 9: Gráfico que muestra la discriminación entre consumo de gas para ACS+cocción y calefacción en la casa B.

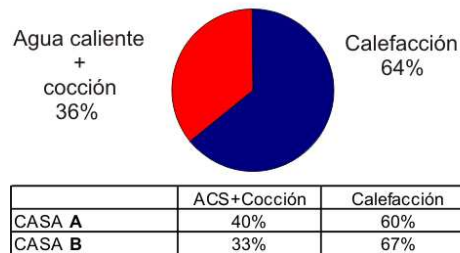


Fig. 10: En la tabla de la izquierda se observan los consumos de GN discriminados por uso. En el gráfico de torta se puede observar el porcentaje promedio de consumo de gas discriminado por usos.

En la figura 10 podemos ver que en el caso de la vivienda A los porcentajes para consumo de GN para ACS+cocción es de 40% y de 60% en calefacción, y para el caso B los porcentajes son del 33% y 67% respectivamente. Con los porcentajes obtenidos a partir de las mediciones en estas dos casas tipo dúplex encontramos como valor medio, los porcentajes que muestra el gráfico de torta siendo 36% para consumo de GN para ACS+cocción y 64% para el consumo de GN en calefacción.

Si contrastamos el consumo específico para usuarios residenciales en el país con estas viviendas se muestra una gran similitud con el consumo específico de los usuarios residenciales, es decir, el consumo diario por usuario.

A esta componente del consumo residencial, se lo denomina consumo de base (ENARGAS, 2009) (figura 11). Estos mencionan que a medida que baja la temperatura, los usuarios comienzan a encender la calefacción. Una vez que toda la calefacción disponible esta encendida, el consumo de nuevo se estabiliza a un valor de saturación. Esto significa que los patrones de consumo residenciales solo dependen de la temperatura y no del tiempo.

Para estimar el consumo base de gas natural varios autores coinciden en suponer que este coincide con el consumo durante los meses de verano donde no hay calefacción, aclarando que esta suposición solo es valida en clima templados, o donde en algún periodo del año no haya calefacción (Czajkowski y Corredera, 2003 - ENARGAS, 2009)

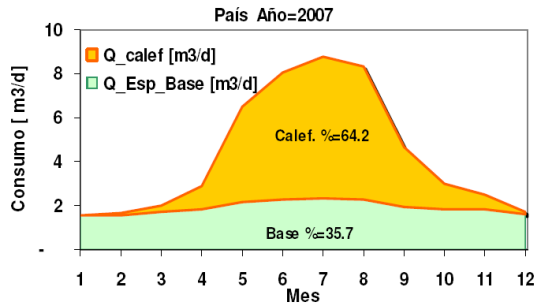


Fig. 11: Estimación del consumo de GN discriminado en base (agua caliente + cocción), con el usado en calefacción para el promedio nacional en viviendas. Valores correspondientes al año 2007. Fuente: ENARGAS, 2009.

#### 4. CONCLUSIONES

El trabajo permitió mostrar que el consumo de gas anual por m<sup>2</sup> es similar en las dos viviendas auditadas (20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.año ).

El consumo de GN para ACS+cocción oscila entre 33% y 40% y el consumo para calefacción entre un 60% y 67% de gas en los casos analizados que se corresponden con lo que podríamos calificar como viviendas urbanas unifamiliares, entre medianeras y de clase media. Encontrando un valor medio de 36% para agua caliente y cocción y 64% para calefacción, valor que no se diferencia significativamente de la media nacional determinada por el ente regulador.

Del procedimiento propuesto encontramos que el tercio correspondiente al consumo de base se puede discriminar en un valor medio para cocción de 5,4 m<sup>3</sup> se corresponde con el 10% del total. Nos lleva a concluir que el procedimiento propuesto apoyado por auditoría y mediciones indirectas no destructivas y de costo razonable nos permiten decir que el 30% del consumo medio

corresponde a ACS Y el 60% corresponde para calefacción.

El trabajo permitió mostrar un procedimiento mediante el cual construir indicadores de demanda de energía, para posteriormente poder completar y elaborar el modelo predictivo, hacer determinaciones y compararlo con trabajos que tratan problemáticas similares en el país.

#### REFERENCIAS

- Czajkowski Jorge (1999). Desarrollo del programa AuditCAD para el análisis de edificios a partir de auditorías ambientales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* N°3. ISSN 0329-5184.
- Czajkowski Jorge y Gómez Analía (2002). Diseño Bioclimático y Economía Energética Edilicia. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Czajkowski Jorge, Corredera Cecilia y Saposnik Mariana. (2003). Análisis de la relación entre demanda de gas natural en calefacción según EnergoCAD y consumos reales en viviendas unifamiliares del gran La Plata. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* N°7. Formosa, Argentina. ISSN 0329-5184.
- ENARGAS (2009). Posibilidades de ahorro de gas natural en Argentina.
- Filippín, Celina (2007). Análisis del consumo de gas natural en viviendas multifamiliares en bloque en un clima templado frío de Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* N°11. Formosa, Argentina. ISSN 0329-5184. San Luis, Argentina.
- Givoni, B. *Hombre clima y arquitectura*. Elsevier, Inglaterra, 1969.
- Norma IRAM 11603. Clasificación bio-ambiental de la República Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Norma IRAM 11604. Aislamiento térmico de edificios. Coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas G. Buenos Aires, Argentina.