

MODELO DE AHORRO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS PARA LA REPUBLICA ARGENTINA

CZAJKOWSKI, Jorge Daniel ¹

Unidad de Investigación 2. Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
Universidad Nacional de La Plata. Calle 47 Nro 162 – (1900) La Plata, Argentina.
Tel/fax: 0221 4236587/90 int 254. http://idehab_fau_unlp.tripod.com/ui2/
Email: czajko@ing.unlp.edu.ar - <http://jdczajko.tripod.com>

RESUMEN

La definición de valores admisibles de uso normativo es de características especiales ya que poseen un cierto grado de arbitrariedad. Esto depende de muchos factores entre los que podemos mencionar los de carácter técnico, científico, práctico y político. La definición de estándares se complejiza por la variabilidad climática y la necesidad de compatibilizar modelos y procedimientos desarrollados para diferentes escalas de aplicación. Se presenta el modelo desarrollado, se discute sobre las dificultades encontradas en la determinación de los valores admisibles para los diversos climas de la Argentina y se comentan las resistencias para su aplicabilidad como normativa.

ABSTRACT

The acceptable values definition of normative use is of special characteristics since they have a certain arbitrariness degree. This depends on many factors, technical, scientific, practical and political. The standard definition turns more complex by the climatic variability and the necessity to compatibilize models and procedures developed for different application degrees. The developed model is presented, the difficulties found in the acceptable values determination for the Argentine diverse climates are discussed and the resistances for its applicability as normative is commented.

1. INTRODUCCIÓN

En la última década los miembros de la Subcomisión de acondicionamiento térmico de edificios del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales “IRAM”, realizaron un importante esfuerzo para lograr la actualización de las Normas. Vale destacar que esta tarea se realizó con el esfuerzo de sus miembros ya que no se contó con apoyo económico para su ejecución y solo en unos pocos casos se contó con un mínimo apoyo de empresas. Es necesario reconocer la activa participación de diversas instituciones académicas, profesionales y empresarias como: CIHE-FADU-UBA, INTI-CECON, AAPE, ICI-Arg., Fac Ing –UBA y el IDEHAB-FAU-UNLP.

Una meta importante consistía en lograr una compatibilidad entre las Normas discutidas en la Subcomisión, con el fin de mejorar su aplicabilidad y evitar las contradicciones existentes entre ellas. Una de las Normas que demandó más tiempo en su discusión y consenso fue la que define la calidad global térmica mínima que debe poseer un edificio, definida por el Coeficiente Global de Pérdidas Térmicas "G" (IRAM 11604, 2000) debido a acuerdos básicos que debían alcanzarse sumados a la demostración de los inconvenientes que suscitaba cada decisión adoptada.

¹ Investigador CONICET, Profesor Titular Instalaciones I-II de la FAU-UNLP. Integrante de la Subcomisión de acondicionamiento térmico de edificios del IRAM por el IDEHAB – FAU - UNLP

$$G_{cal} = \frac{\sum K_m S_m + \sum K_v S_v + \sum \gamma K_r S_r + Per P_p}{V} + 0,35n \quad [\text{Eq. 01}]$$

siendo:

- G_{cal} el coeficiente volumétrico del edificio vivienda calefaccionado, en watt por metro cúbico kelvin;
- K_m la transmitancia térmica de cada uno de los elementos que componen los cerramientos opacos que lindan con el exterior (muros, techos y pisos en contacto con el aire exterior). en watt por metro cuadrado kelvin;
- S_m el área interior de los cerramientos opacos anteriores, en metros cuadrados;
- K_v la transmitancia térmica de cada uno de los elementos que componen los cerramientos no opacos que lindan con el exterior (en muros y techos), en watt por metro cuadrado kelvin;
- S_v el área interior de los cerramientos no opacos anteriores, en metros cuadrados;
- γK_r la transmitancia térmica corregida de cada uno de los elementos que componen los cerramientos opacos y no opacos, que lindan con locales no calefaccionados, en watt por metro cuadrado kelvin;
- S_r el área interior de los cerramientos opacos y no opacos anteriores, en metros cuadrados;
- P_{er} el perímetro del piso en contacto con el aire exterior, en metros;
- P_p las pérdidas por el piso en contacto con el terreno, en watt por metro;
- V el volumen interior del edificio vivienda calefaccionado, en metros cúbicos;
- 0,35 la capacidad específica asumida del aire del aire, en watt hora por metro cúbico kelvin;
- n el número de renovaciones de aire promedio por hora, del edificio vivienda calefaccionado.

Por otra parte al haberse modificado previamente los indicadores bioclimáticos (IRAM 11603, 1996), haberse adoptado tres niveles de calidad térmica en muros y techos (IRAM 11605, 1996) y actualizado los métodos de cálculo del K (IRAM 11601, 1996); el modelo de ahorro de energía en calefacción vigente desde 1986 a la actualidad se volvía prácticamente inaplicable (Prada y Rébora, 1985).

Debido a lo expuesto uno de los integrantes siguió un camino metodológico que rescataba el modelo anterior y el que expone planteó la alternativa que se discute en este trabajo. Luego de intensas discusiones, finalmente se adoptó el expuesto aquí en julio del 2000.

Es de suma importancia someter el modelo a una discusión amplia, ya que de lograrse su aplicación a nivel nacional el impacto positivo para el ambiente y los recursos energéticos sería importante a largo plazo. Por otra parte los usuarios finales se verían beneficiados por un mejoramiento en los niveles de calidad de vida por mejoramiento del confort higrotérmico y reducción del presupuesto familiar dedicado a la climatización durante el período frío en las localidades con Grados Día superiores a 900 e inferiores a 5000 GD base 18°C.

$$GD_c = \left(TB_c - \frac{T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{i}n}}{2} \right) \times Ni \times Xc \quad [\text{Eq. 02}]$$

siendo:

GDc: Grados día de calefacción (°C)

TBc : temperatura base de calefacción (°C) usualmente 16, 18 o 20°C

Tmáx y Tmín: temperaturas máximas y mínimas medias mensuales

Ni : días del mes considerado

Xc : coeficiente lógico que valdrá 1 cuando la temperatura media mensual sea menor a **TBc**.

2. REQUERIMIENTOS DEL MODELO

2.1. Antecedentes:

El modelo previo se basaba en la adopción de tipos de vivienda de tamaño y complejidad crecientes, con una resolución constructiva asimilable a la empleada en los planes de viviendas de interés social y con los requerimientos térmicos estipulados en una versión previa de la NORMA IRAM 11605 que define los valores admisibles de transmitancia térmica “K” en muros y techos. Cada caso se evaluaba en una localidad correspondiente a cada zona bioambiental y con estos datos se generaban curvas que respondían a cada grados día a partir de 750 GD. El problema radicaba en que a pesar de considerarse un procedimiento para el ahorro de energía en la edificación era posible encontrar que las exigencias eran mínimas y donde era dudoso cumplir con el objetivo de la misma respecto de ahorrar energía en calefacción. Esto llevo a que algunas provincias Argentinas desarrollaran procedimientos, pautas y exigencias de calidad superiores a la nacional y adecuadas a sus condiciones ambientales regionales.

2.2. Nuevos condicionantes:

Dado que los valores de calidad térmica de la envolvente, resumidas en el índice de transmitancia térmica “K”, no satisfacían mínimas condiciones de confort se establecieron tres niveles, donde el más bajo corresponde a evitar el riesgo de condensación superficial. Los otros niveles crecen en exigencia y contemplando un buen y muy buen comportamiento tanto en invierno como en verano. Por otra parte en su evaluación se abandonó un engorroso mecanismo de múltiples variables para apoyarse solamente en la temperatura de diseño de la localidad donde se desea evaluar el proyecto edilicio. O sea que deja de utilizarse la regionalización bioambiental en las verificaciones dejando esta con un fin pedagógico para facilitar la interpretación de las recomendaciones de diseño de la NORMA IRAM 11603. Por otra parte se decidió eliminar como requerimiento la determinación del número de renovaciones de aire por ser complejo, confuso e impreciso. A pesar de que en el país hay carpinterías homologadas con permeabilidad conocida, estas corresponden a las fabricadas por unas pocas empresas que han realizado ensayos homologados por laboratorios nacionales. Lamentablemente no hay obligación de etiquetado y homologación en toda carpintería (puertas, ventanas, etc) fabricadas en el país.

2.3. Fundamentos del modelo propuesto:

Como era intención dar libertad al diseñador para materializar el edificio se optó por la definición de un módulo mínimo que crecía en superficie y volumen desde 50 a 10000 m³. Se definió un factor vidriado / opaco que comienza en 0.24 para 900 GD y disminuye linealmente a 0.13 para 5000 GD. Este criterio permite ahorrar energía y se correlaciona con la disminución en la disponibilidad de radiación solar y horas de sol durante el período frío.

El modelo se concibió en función de un cambio de latitud más que en un cambio de altura sobre el nivel del mar. Digo con esto que en el NO cordillerano existen sitios de clima riguroso pero de alta insolación que con un adecuado diseño bioclimático puedan requerir de niveles térmicos específicos.

Para simplificar el modelo y evitar perturbaciones y *saltos* en las curvas se decidió mantener constantes las siguientes variables: coeficiente K de ventanas $K_v = 2.81 \text{ W/m}^2\text{K}$ correspondiente a doble vidriado en toda la zona afectada por el modelo, coeficiente K de piso $K_p = 1.08 \text{ W/m}^2\text{K}$ en una resolución constructiva que incorpora una capa de material aislante de 2 cm de espesor y un valor constante de 2 renovaciones de aire del volumen calefaccionado por hora.

Los valores de K de muros y techos varían entre 1 a $0.624 \text{ W/m}^2\text{K}$ y 0.83 a $0.546 \text{ W/m}^2\text{K}$ respectivamente. Estos valores correspondientes a una calidad media (IRAM 11605, 1996), dado que al resolver el modelo con la calidad mínima nos encontramos con que el valor propuesto de G_{adm} era inferior al de la versión del año 1986. Una síntesis puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1: Indicadores y valores básicos para la determinación de los G admisibles

Grados Día	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	2000	2500	3000	4000	5000
Temp. de Diseño	1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-2.1	-2.4	-2.7	-3	-4.2	-5.7	-7.2	-13.2
Km	1	0.99	0.97	0.958	0.946	0.926	0.922	0.91	0.862	0.809	0.764	0.624
Kv	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
Kp	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
Kt	0.83	0.8	0.785	0.776	0.767	0.758	0.749	0.74	0.714	0.676	0.646	0.546
n	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
FVO	0.24	0.22	0.2	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.13

Otro problema se presentó al momento de compatibilizar datos bioclimáticos, para lo cual se planteo una expresión de conversión de Grados Día de calefacción (*GD*) a Temperatura mínima de diseño (*TDMn*) producto de una correlación entre todos los datos disponibles (Czajkowski J, 1993).

$$TDMn = 1.805 + GD \times (-0.003) \quad [\text{Eq. 03}]$$

En la tabla 2 se sintetizan los valores propuestos de G admisibles que se muestran graficados en las Figuras 2 y 3. Para facilitar los cálculos se desarrolló un programa en Qbasic que se expone en el Cuadro 1.

Tabla 2: Valores de G admisibles en función del volumen calefaccionado y los grados día de calefacción

Volumen calefaccionado (m3)	Grados Día de calefacción (base 18°C)											
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	2000	2500	3000	4000	5000
50	2.713	2.661	2.606	2.560	2.530	2.493	2.469	2.457	2.409	2.353	2.287	2.118
100	2.213	2.173	2.133	2.099	2.077	2.050	2.032	2.022	1.986	1.942	1.893	1.762
200	1.860	1.828	1.798	1.773	1.757	1.737	1.723	1.715	1.687	1.652	1.613	1.510
300	1.704	1.676	1.650	1.629	1.615	1.598	1.587	1.579	1.554	1.523	1.490	1.399
400	1.610	1.585	1.562	1.543	1.531	1.516	1.505	1.498	1.475	1.446	1.416	1.332
500	1.547	1.523	1.502	1.485	1.473	1.459	1.449	1.443	1.421	1.394	1.366	1.287
1000	1.389	1.368	1.352	1.339	1.330	1.319	1.311	1.306	1.287	1.264	1.241	1.174
1500	1.319	1.300	1.286	1.274	1.266	1.257	1.250	1.245	1.228	1.206	1.185	1.124
2000	1.277	1.259	1.246	1.236	1.228	1.220	1.213	1.208	1.193	1.172	1.152	1.094
2500	1.249	1.232	1.219	1.210	1.203	1.195	1.188	1.184	1.169	1.149	1.130	1.074
3000	1.228	1.211	1.199	1.190	1.184	1.176	1.170	1.165	1.151	1.131	1.113	1.059
3500	1.211	1.195	1.184	1.175	1.169	1.162	1.156	1.151	1.137	1.118	1.100	1.048
4000	1.198	1.182	1.171	1.163	1.157	1.150	1.144	1.140	1.126	1.107	1.090	1.038
4500	1.187	1.172	1.161	1.153	1.147	1.140	1.135	1.130	1.117	1.098	1.081	1.030
5000	1.178	1.163	1.152	1.145	1.139	1.132	1.127	1.122	1.109	1.091	1.074	1.024
7500	1.147	1.132	1.123	1.116	1.110	1.104	1.099	1.095	1.082	1.065	1.049	1.002
10000	1.128	1.114	1.105	1.099	1.093	1.088	1.083	1.079	1.067	1.050	1.035	0.988

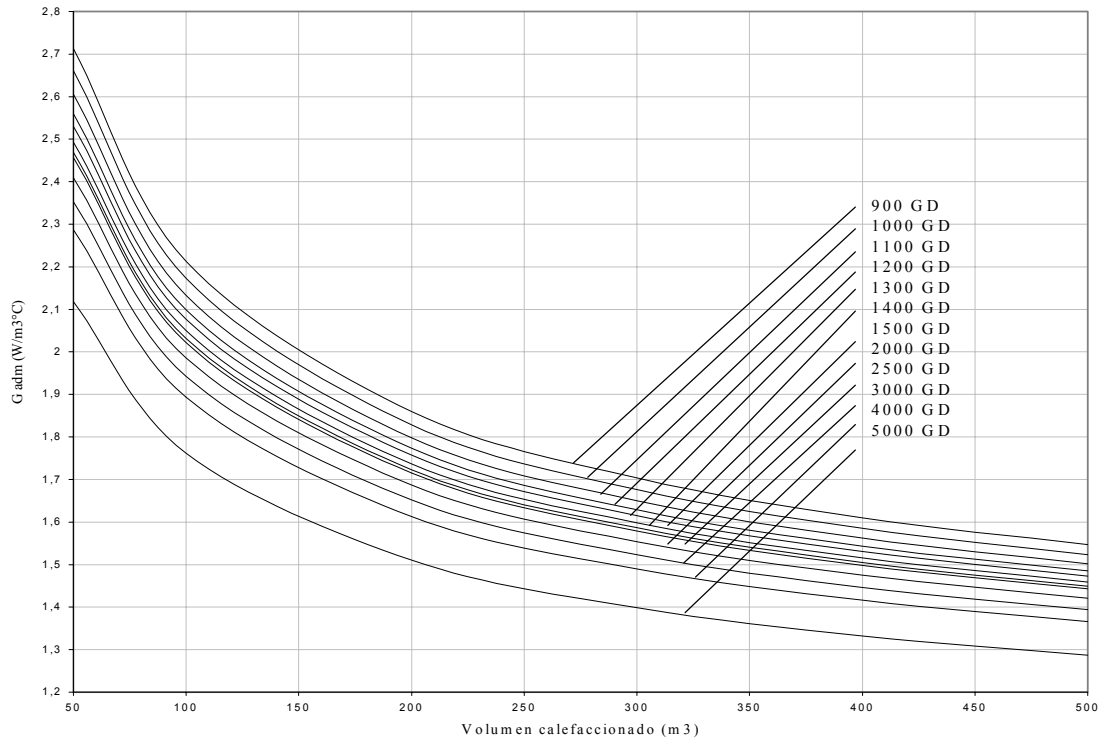


Figura 1: Valores máximos admisibles (G_{adm}) para edificios de vivienda en función del volumen calefactado (Rango 50 a 500 m^3)

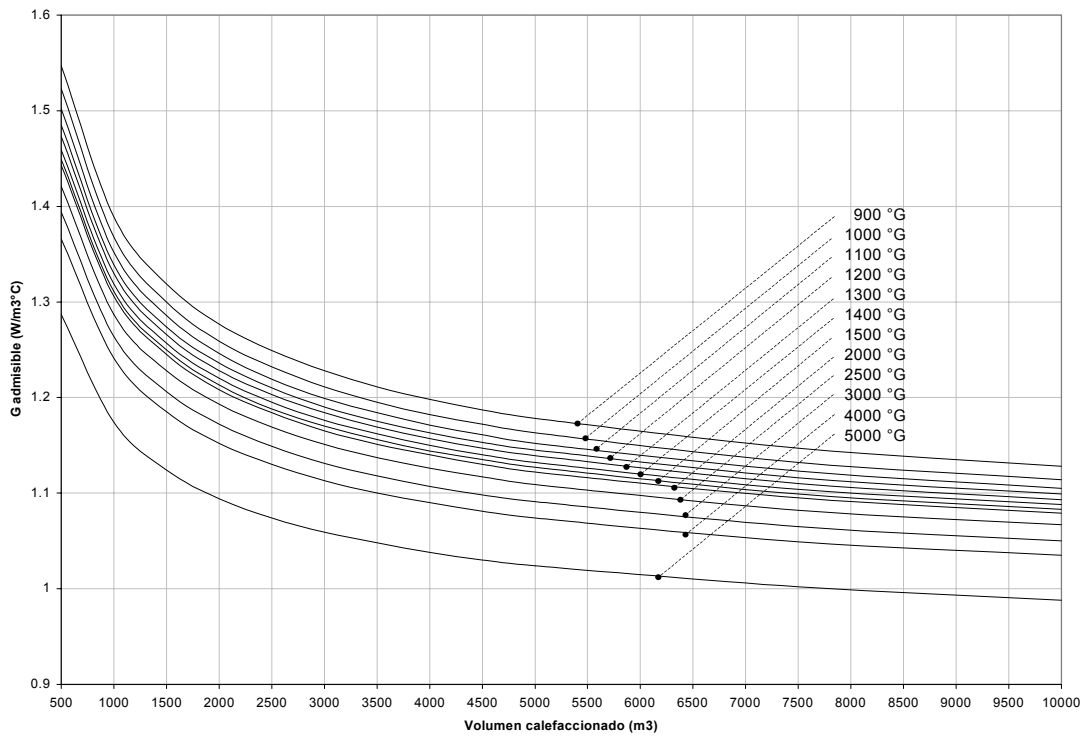


Figura 2: Valores máximos admisibles (G_{adm}) para edificios de vivienda en función del volumen calefactado (Rango 500 a 10000 m^3)

```

REM Calculo del G admisible      Autor: Arq. Jorge Czajkowski
CLS
DIM vol(20, 13), GD(20), Km(20), Kv(20), Kp(20), Kt(20), RA(20), FVO(20), Gadm(20, 13)
Kv = 2.81
Kp = 1.08
RA = 2
FOR y = 1 TO 12
  FOR i = 1 TO 17
    READ vol(i, y)
  NEXT i
NEXT y
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
DATA 50,100,200,300,400,500,1000,1500,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,7500,10000
FOR z = 1 TO 12
  READ GD(z), Km(z), Kt(z), FVO(z)
NEXT z
DATA 900,1,0.83,0.24
DATA 1000,0.99,0.8,0.22
DATA 1100,0.97,0.785,0.2
DATA 1200,0.958,0.776,0.18
DATA 1300,0.946,0.767,0.17
DATA 1400,0.926,0.758,0.16
DATA 1500,0.922,0.749,0.15
DATA 2000,0.91,0.74,0.15
DATA 2500,0.862,0.714,0.15
DATA 3000,0.809,0.676,0.15
DATA 4000,0.764,0.646,0.14
DATA 5000,0.624,0.546,0.13
CLS
FOR y = 1 TO 12
  Suphab = 0: Suppiso = 0: Supvidrio = 0: Supmuros = 0
  FOR i = 1 TO 17
    Suphab = vol(i, y) / 2.7
    Suppiso = SQR(Suphab) * 4
    Supvidrio = (Suppiso * 2.7 * FVO(y))
    Supmuros = (Suppiso * 2.7) - Supvidrio
    permuros = Km(y) * Supmuros
    perpisos = Kp * Suppiso
    pervidrios = Kv * Supvidrio
    pertechos = Kt(y) * Suphab
    perdidasconduccion = permuros + perpisos + pervidrios + pertechos
    Gadm(i, y) = perdidasconduccion / vol(i, y) + .35 * RA
  NEXT i
NEXT y
FOR y = 1 TO 12
  FOR i = 1 TO 17
    PRINT "G adm ("; vol(i, y); ")= "; : PRINT USING "##.###"; Gadm(i, y)
  NEXT i
NEXT y
OPEN "gadm99.dat" FOR OUTPUT AS #1
FOR y = 1 TO 12
  PRINT #1, GD(y)
  FOR i = 1 TO 17
    PRINT #1, USING "##.###"; Gadm(i, y)
  NEXT i
NEXT y
CLOSE #1

```

Cuadro 1: Programa en QBasic para la determinación del Coeficiente G admisible

3. CONCLUSION

El modelo desarrollado permitió simplificar significativamente el proceso de verificación al proyectista, aumentar los requerimientos de calidad térmica edilicia y proponer el ahorro y uso racional de energía.

Es de esperar que la comunidad aplique este y se exprese en acuerdo o disenso ya que es muy difícil establecer pautas que satisfagan a todos los actores involucrados.

Es de esperar que en algún momento exista una legislación nacional que obligue a los Códigos de Edificación municipales de todo el país a contemplar una mejora en la calidad térmica edilicia y que a la larga representará un beneficio a la calidad de vida de los habitantes y una buena forma de generar empleo directo e indirecto. Muchos países ya lo han hecho.

4. REFERENCIAS

- Integrantes: Martin Evans, CIHE-FADU-UBA; Vicente Volantino, INTI-CECON, Pablo Azqueta, AAPE; Paul Bittner, ICI-Arg.; Patricio McDonnell, Fac Ing –UBA; Alberto Englebert, ISOTEX; Ricucci Barrionuevo, CAI; Sergio Lozano y Cecilia Espinoza, IRAM; Darío Mislej, INROTS; Jorge Czajkowski, IDEHAB-FAU-UNLP; entre otros.
- NORMA IRAM 11603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- NORMA IRAM 11605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos admisibles de transmitancia térmica en cerramientos opacos
- NORMA IRAM 11601 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- NORMA IRAM 11604 (2000). 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.
- Prada M E y Rébora R (1985). Determinación de valores límites para el factor de pérdidas globales “G”. Documento INTI, Buenos Aires, Argentina.
- Czajkowski J. (1993). Determinación de datos bioclimáticos para la República Argentina. *Actas resumen de la 13ª Reunión de Trabajo de ASADES*, La Plata.

5. AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar un especial agradecimiento a los integrantes de la Subcomisión de Aislamiento Térmico de Edificios del IRAM. En particular al Arq. Martin Evans por sus aportes a lo largo del proceso y al Ing. Patricio McDonnell con el cual mantuvimos acalorados debates sobre este modelo. Sin el aporte de ellos este trabajo no se hubiera realizado. Tampoco sin la paciencia que demostraron los integrantes del grupo de investigación y mi familia.