

XXXIV Encuentro Arquisur.
XIX Congreso: "CIUDADES VULNERABLES. Proyecto o incertidumbre"

La Plata 16, 17 y 18 de septiembre.
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de La Plata

EJE: Investigación
Área 2 – TECNOLOGÍA

ACERCA DE LA EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN AMBIENTAL DEL GRADO DE SUSTENTABILIDAD EN EDIFICIOS CON DIVERSOS USOS EN EL AMBA

**Jorge D. Czajkowski,
Analía F. Gómez,
María Paz Diulio,
Mauro García Santa Cruz,
Gabriela Reus Neto,
David Basualdo,
Mariela Marcilese,
Carolina Vagge,
Belén Salvetti,
Patricia Camporeale,
Roberto Berardi.**

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
Universidad Nacional de La Plata.
Calle 47 Nro 162. 1900 La Plata. Tel 02214236587 int 255. layhs@fau.unlp.edu.ar

Resumen: En el marco del proyecto de investigación 11/U141 "*Certificación de edificios sustentables para la adaptación y mitigación del cambio climático*" se trabajó en el conocimiento del comportamiento ambiental de edificios del área metropolitana de Buenos Aires para usos como: educación, salud, vivienda uni y multifamiliar privada, viviendas de interés social, oficinas y administración, archivos, reservas, bibliotecas y museos. En una región con escasa obligatoriedad de cumplir con normas de acondicionamiento ambiental, lleva a discutir sobre el grado de sustentabilidad y eficiencia energética relativa del parque edilicio construido. Junto a esto aparecen extraños comportamientos sociales en el uso de la energía, donde a pesar del alto nivel de subsidios no se consume energía para sostener un confort adecuado. Así los diversos resultados obtenidos por el grupo de investigación muestran por un lado, la dificultad de apelar a regulaciones generales como las existentes y si la necesidad de segmentar estas para tratar especificidades. Para trabajar en el campo de la evaluación ambiental se requiere de información a nivel de edificio o usuario. Encontramos que hay serias restricciones, además, crecientes en el tiempo. El grupo generó antecedentes que se convirtieron en normas y estas se hicieron obligatorias mediante leyes, decretos reglamentarios y hasta un código de edificación. Pero solo en algunas variables y no en un aspecto global como sería requerido al hablar de sustentabilidad. En función de lo mencionado, el objetivo del trabajo es discutir a partir de resultados sobre las ventajas y desventajas de una regulación como la que existe. Contrastado con las ventajas de poder contar con un modelo de evaluación del grado de sustentabilidad de edificios, segmentado por tipos de usos. Este modelo de evaluación facilitaría la elaboración de un modelo de

certificación que se adecúe a nuestra realidad construida, contemplando aspectos económicos, sociales y productivos. Se exponen resultados de un debate acerca de la necesidad de contar con un modelo y protocolo de evaluación y certificación del grado o nivel de sustentabilidad edilicio.

PALABRAS CLAVE: EVALUACIÓN AMBIENTAL, CERTIFICACIÓN, SUSTENTABILIDAD, EDIFICIOS, AMBA

1 - Introducción: El siguiente trabajo fue desarrollado en el LAyHS - FAU - UNLP. El mismo se encuentra enmarcado dentro de una de las líneas de investigación principales que se desarrollan en el laboratorio, orientada hacia la eficiencia energética edilicia en áreas urbanas. En el marco de los proyectos: PIP CONICET "*Protocolo de construcción de edificios e indicadores de sustentabilidad para la construcción del hábitat*" y proyecto acreditado UNLP 11/U141 - "*Certificación de edificios sustentables para la adaptación y mitigación del cambio climático*". El tema se relaciona con problemas actuales, como: la escasez de recursos y el calentamiento global. Estos están relacionados con la construcción de edificios y la ciudad, en grado significativo [1]. La industria de la construcción está entre las más importantes consumidoras de materias primas y recursos no renovables. Implica un significativo impacto ambiental, no sólo durante los procesos de extracción y elaboración de las materias primas, sino también durante la construcción de edificios, su utilización y aún después, cuando el edificio es demolido y reciclado [2]. Los combustibles fósiles por su parte constituyen la principal fuente de energía empleada en el hábitat construido. En Argentina, por ejemplo, el 96% de la generación eléctrica es mediante centrales de ciclo combinado mientras que para calefacción es intensivo el uso de gas natural [3].

2 - Características del área estudiada y universo de análisis:

El trabajo define como universo de análisis los edificios de centros urbanos localizados principalmente en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y Gran La Plata (GLP).

La Argentina posee una población en hogares de 40.117.096 habitantes que residen en 11.248.194 hogares (INDEC, 2010). La principal zona analizada compuesta por el AMBA+GLP representa el 33,64% de la población y el 36,12 % de hogares. La población es de 43.131.966 (est. ene/2015) [4]. Si discriminamos ciudad de Buenos Aires con provincia respecto al acceso a servicios podemos notar que para ciudad Buenos Aires el 99,6% posee cloaca, el 99,9% agua de red, el 99,0% energía eléctrica de red y el 65,5% gas de red. Mientras que en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires el 50,3% posee cloaca, el 75,1% agua de red, el 96,8% energía eléctrica de red y el 78,4% gas de red. Así esta zona concentra al 33,64% de la población del país y el 90% de la demanda total de energía primaria para el sub-sector edilicio (vivienda, salud, educación, administración).

La muestra principal de edificios analizados en los proyectos citados se encuentran implantados en la ciudad de La Plata. Esta ciudad se encuentra en la Zona Bioclimática IIIb de la Argentina, clima templado - cálido húmedo. Es capital de la Provincia de Buenos Aires, se localiza 70km al sur de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y posee en su área metropolitana 894 253 habitantes siendo la 5ta ciudad del país.

El clima templado en el país presenta veranos e inviernos marcados aunque no rigurosos. Su característica principal es el alto nivel de humedad durante todo el año, con amplitudes térmicas menores a 14°C. En verano las temperaturas medias varían entre los 20 y los 26°C, con máximas que superan los 30°C. En invierno las temperaturas medias varían entre los 8 y los 12°C, con mínimas entre los 5 y los 8°C. Por su parte, la humedad relativa media varía entre el 70 y el 85%. La aglomeración que tiene lugar en las áreas metropolitanas favorece la generación del efecto de "Isla de calor", el cual implica una suba de 3 a 4 °C [5].

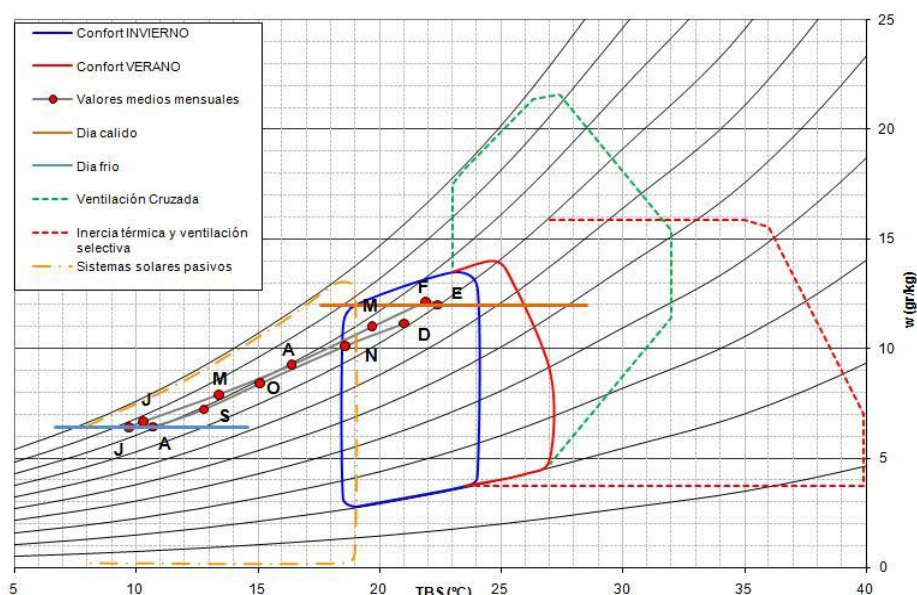


Fig. 1: Climograma de Givoni para La Plata, Argentina. Fuente: propia.

Las Normas IRAM, en particular la 11603, recomienda utilizar colores claros y doble aislamiento térmico en techos con respecto a los muros. Son preferibles fachadas ventiladas en grandes edificios, y ventanas con DVH y protección solar móvil. El aprovechamiento de los vientos predominantes y protección de las carpinterías que dan al S-SE por las fuertes tormentas. La orientación óptima es la NNO-N-NNE porque facilita la protección solar en verano y el asoleamiento en invierno. Según el climograma de Givoni durante gran parte del año deberá tenerse en cuenta el uso de sistemas solares pasivos (Fig. 1).

Se encontró que la mayoría de los edificios construidos de 1980 a 2000 fueron construidos con tecnología constructiva convencional con estructura de hormigón armado y muros de cerramiento exterior de ladrillos huecos de 18x18x33 revocado en ambas caras, sin aislamiento higrotérmico adicional. Por su parte los cerramientos interiores se han materializado con ladrillos huecos de 12x18x33, los que separan a los departamentos entre sí y con las áreas comunes, y con ladrillos de 8x18x33 aquellos que dividen los ambientes interiores de cada departamento. A partir del 2000 se autorizó materializar la envolvente exterior opaca con ladrillos huecos de 12x18x33.

El sistema más usual para calefacción es el uso de estufas de tiro balanceado individuales de 2300 a 6000 Kcal/h de potencia por local o unidad habitacional. Esto hasta el 2003 que comienzan las restricciones de otorgar nuevas conexiones de gas de red y progresivamente aumenta la demanda de energía eléctrica al usarse masivamente equipos de aire acondicionado tipo SPLIT frío-calor, placas radiantes, radiadores de aceite, entre otros. La demanda energética del subsector edilicio representa el 30% al año 2012 sumando los sectores residencial y terciario (Fig. 2), en el total de la República Argentina. A su vez los edificios demandan el 55% del gas natural, el 34% de la energía eléctrica y el 9% de combustibles líquidos y otros derivados del petróleo (kerosene, GLP y gas oil) siendo de solo el 2% el uso de biocombustibles (leña).

En la figura 3 puede verse el gran crecimiento que tuvo el consumo de energía en el sector edilicio (residencial: 20.3% y terciario: 15.1%) en el período 2007 a 2013 siendo más importante en el sector residencial. A pesar de no ser de interés de este trabajo es notorio el crecimiento del consumo en el subsector transporte (26.7%). En el mismo período la población creció un 5.1%.

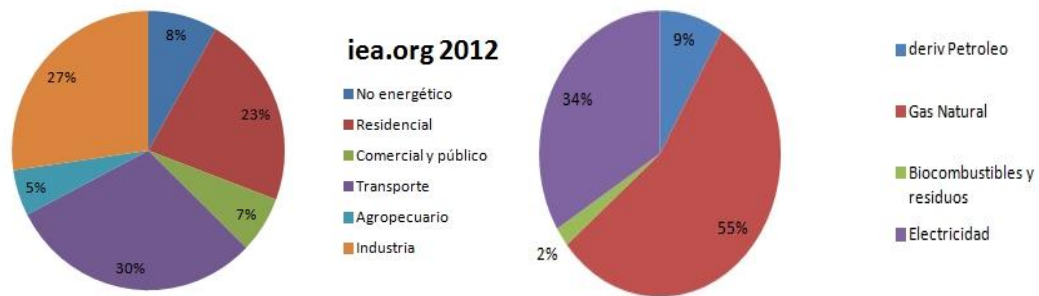


Fig. 2: Argentina - Consumo final de energía por sectores y por fuentes en edificios (residencial + terciario).
Fuente: IEA, elaboración propia.

Un análisis macro a partir de datos de la *International Energy Agency* - IEA, muestra que para 2007 se consumía en el sector residencial 316.90 Mtep/habitante mientras que en el 2012 este valor había crecido a 377.27 Mtep/habitante; un 16%. Por otra parte las emisiones GEI en CO₂ que en 2007 eran de 4,16 Mt/CO₂/hab pasaron a 4,59 Mt/CO₂/hab en 2013. Este leve crecimiento del 9.32% en las emisiones de CO₂ por habitante en el consumo de energía del sector residencial, respecto a un crecimiento del 20.3% en energía hace percibir un posible cambio en la tecnología de climatización; de gas natural a otros sistemas eléctricos.

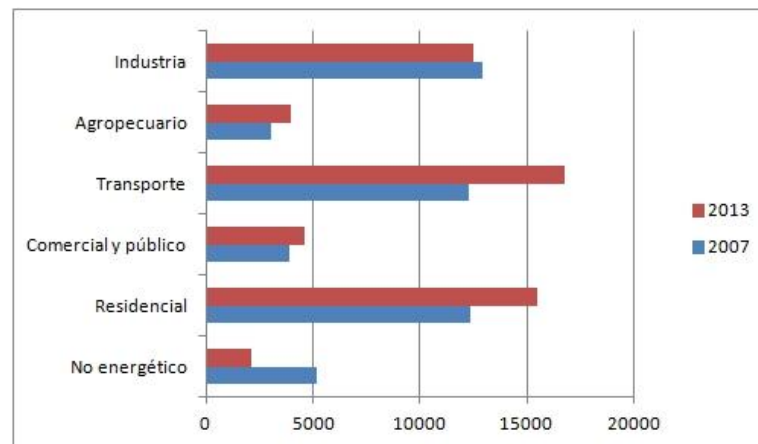


Fig. 3: Argentina - Evolución del consumo total de energía (secundaria) en MTep/año.

Fuente: Secretaría de Energía de la Nación -MECON, elaboración propia.

3.- Instrumentos y métodos

Para la realización del trabajo se auditaron viviendas unifamiliares y edificios de departamentos a lo largo de una década mediante encuestas socio-energéticas, campañas de mediciones y análisis de antecedentes previos. Además otros edificios sean administrativos, para educación y salud, cultura, etc. Para la construcción de indicadores, índices y análisis edilicio se utilizaron los programas EnergoCAD [6] y AuditCAD [7]. Dichos programas permiten analizar mensualmente el comportamiento térmico y energético de edificios, mediante el ingreso de los datos auditados al tiempo que determinan indicadores formales basados en las Normas IRAM [8][9][10][11][12]. Al mismo tiempo se realizó una encuesta para determinar las variaciones en los consumos de gas natural y electricidad para calefacción y refrigeración respectivamente.

Las campañas de medición comprendieron los períodos de verano e invierno. Para la misma se utilizaron micro-adquiridores de datos HOBO U10-003 para medir la

temperatura y humedad de los ambientes interiores y una Estación Meteorológica HOBO ProV2 para medir la temperatura y humedad en el exterior. La radiación solar fue registrada por la estación meteorológica fija Davis "Vantage Pro2". Para el procesamiento de los datos generados por los HOBOS se utilizó el "HOBOWarePro" y el "BoxCarPro".

Durante estos períodos se tomaron mediciones de los consumos de gas natural y electricidad en las unidades habitacionales -UH. Por otra parte se instalaron cuatro HOBOS en cada uno de las UH auditadas. Se colocó uno en el dormitorio principal, otro en el estar-comedor, y los otros dos en el calefón y sobre el horno para poder discriminar el consumo de gas natural para agua caliente sanitaria y cocción respectivamente. El intervalo de tiempo en la toma de datos se fijó en quince minutos para los HOBOS ubicados en los ambientes principales y en la Estación Meteorológica, y un minuto para los HOBOS ubicados sobre el calefón y sobre el horno. Los datos obtenidos fueron exportados a Excel para su análisis.

En otro tipo de edificios y funciones varia la cantidad de instrumental en función de sus dimensiones y características específicas.

3.1. Cálculo coeficiente global de pérdidas G: Según el protocolo de cálculo de la norma IRAM 11604 (INSTITUTO..., 2001c) se calculó el Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor:

$$G_{CAL} = \frac{\sum K_m \cdot S_m + \sum K_v \cdot S_v + \sum \gamma \cdot K_r \cdot S_r + Per \cdot P_p}{Vol} + 0,35 \cdot n$$

Ec. 4

Siendo:

Gcal Coeficiente volumétrico de pérdida de calor del edificio de vivienda;

Km la transmitancia térmica de cada uno de los elementos que componen los cerramientos opacos que lindan con el exterior (W/m²K);

Sm área interior de los cerramientos opacos (m²);

Kv la transmitancia térmica de cada uno de los elementos que componen los cerramientos no opacos que lindan con el exterior (W/m²K);

Sv área interior de los cerramientos no opacos (m²);

γKr transmitancia térmica corregida de cada uno de los elementos que componen los cerramientos

4.- Resultados:

4.1. Caso viviendas y edificios de viviendas:

El parque de viviendas de la región (ver Fig 4) comprende una amplia variedad de tipos y modelos que permiten sintetizar formalmente sus características esenciales, facilitando su estudio pormenorizado por grupos o clusters.



Fig. 4: La Plata - Tipos edificios usuales para uso habitacional.

Fuente: elaboración propia.

Segmento	Gestión	Tipo Código	Tipo designación	Unidad Habitacional	Valores extrapolados	VUH	Cantidad	SEST	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo
				Repr %	SUH m ²	m ³	Unidades	m ²	Electricidad KW.h m ² /año	Electricidad KW.h /año	Gas KW.h m ² /año	Gas KW.h/año
Vivienda Unifamiliar	Privada	1	Chorizo	17	103	350	330.879	34080563	25	862013825	139.10	4.740.604.922
		2	Cajón	41	75	204	798.003	59850201	18.2	1077303618	110.21	6.596.090.652
		4	Racionalista	9	106	297	175.171	18668160	33.31	612749280	190.46	3.536.491.753
		5	Chalet californiano	10	142	503	194.635	27638142	36.07	984973760	260.22	7.191.997.311
	Pública	6	Chalet Estatal	7	85	242	136.244	11580771	14	162130794	134.82	1.561.319.546
		7	Casa Estatal	2	57	150	38.927	2218837	36.2	7986132	297.46	65.894.589
		8	Dúplex Estatal	5	72	188	97.317	7006853	14	98095942	134.82	944.663.921
		9	Renta pasillo	22	64	168	231.093	14789970	15.69	238639520	60.88	900.413.373
Vivienda Multifamiliar	Privada	10	Renta altura	16	55	145	189.076	10399198	39.7	415967920	260.01	2.703.791.480
		11	Edificio P.H.	18	59	155	178.572	10535753	56.7	597377195	285.69	3.002.689.605
	Pública	12	Torre P.H.	17	51	132	168.068	8671460	22.7	194572142	285.69	2.442.866.100
		13	Bloque Estatal	16	61	165	115.547	7048345	17.8	125460541	164.78	1.155.928.580
		14	Torre Estatal	11	75	196	84.034	6302544	20.25	127626516	225.23	1.418.072.400
		15	Placa Estatal	8	58	158	84.034	4873967	9.22	44937975	64.52	311.933.888
						Totales	2.996.771	246.412.199	358.64	5547835160	2613.89	365.727.588.117

Tabla 1: Resultados sintéticos del comportamiento energético de tipos de viviendas en AMBA+GLP.

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 1 muestra una síntesis de los principales resultados obtenidos mostrando las características de demanda energética de cada tipo y el tamaño de la población.

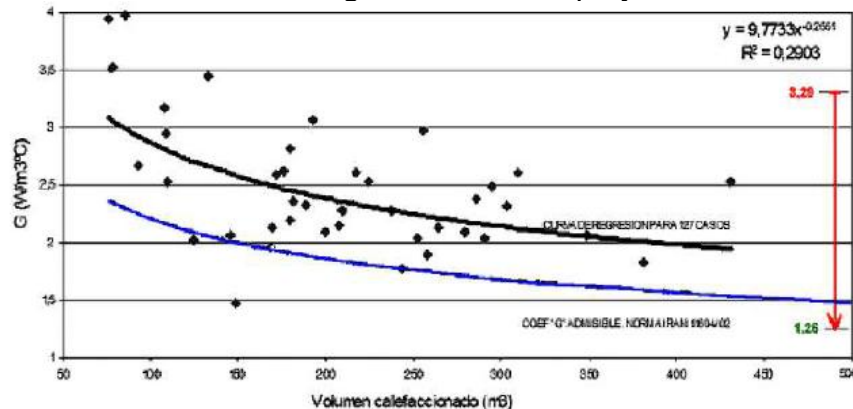


Fig 5: El Gcal como indicador del nivel de eficiencia energética de un parque de viviendas del AGLP.

Fuente: elaboración propia.

La figura 5 sintetiza con claridad la alta ineficiencia energética de las viviendas unifamiliares de la región mediante el uso del Gcal (IRAM 11604/2004) donde con excepción de tres casos de control (viviendas bioclimáticas) el resto de la muestra analizada no cumple con los estándares mínimos exigidos por Normas, Leyes y Decretos.

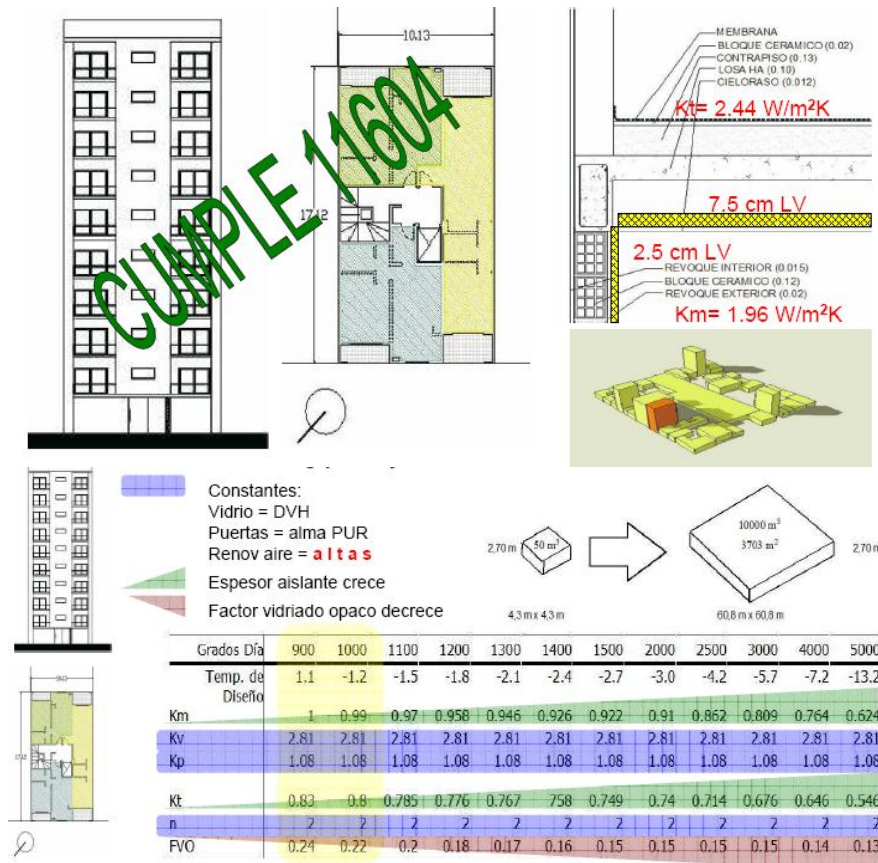


Fig 6: Exigencias para el cumplimiento de la Norma IRAM 11604 exigida por la Ley 13056/03 aplicado a un edificio de departamentos en el AGLP. Fuente: elaboración propia.

4.3. Caso edificios de oficinas:

En el caso de edificios de oficinas es de destacar como con el correr de los años junto a cambios en la cultura de la construcción y la imagen arquitectónica la creciente presencia del vidrio lleva a una progresiva e incesante ineficiencia energética. (Figura 6).

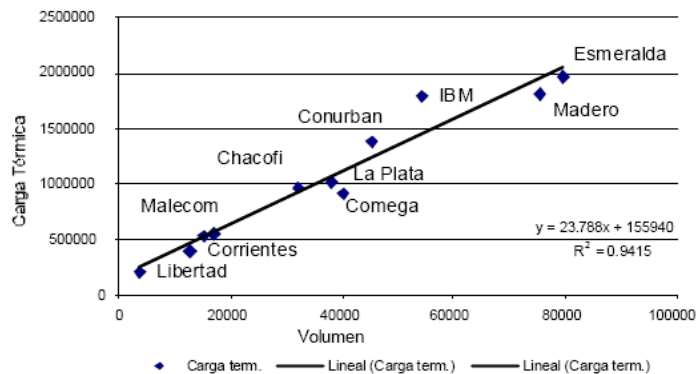


Fig 6: Relación entre la carga térmica anual (kWh/año) y el volumen climatizado (m³), para torres de oficinas. Fuente: Corredera & Czajkowski.

4.4. Caso establecimientos educativos.

Se evaluaron establecimientos educativos en la región del gran La Plata -GLP-, y se muestran los valores de G_{cal} admisibles para escuelas propuesto y en comparación, los sugeri-

dos por la Norma IRAM 11604. El trabajo establece valores aproximadamente entre un 20% y un 13,5% inferiores y por lo tanto, más exigentes a los de la norma, dependiendo del volumen a calefaccionar. En línea de puntos se ha sobresaltado la línea correspondiente a 1210°Dcal(18°C), que equivale, por ejemplo, a la ciudad de La Plata. Luego de evaluar la calidad térmica de los establecimientos educativos se encuentra la necesidad de proponer índices diferenciales a los usados por la IRAM 11604 en viviendas, respecto al indicador Gcal. En la tablas 2 se pueden comparar los valores de Gcal según tres tamaños de escuelas ubicadas en La Plata. En la tabla 3 se comparan valores usados en viviendas respecto de los propuestos para escuelas por tipo funcional formal de establecimiento.

Caso escuela	volumen m3	latitud La Plata	GD18 La Plata	Gcal adm 11604 W/m3.K	Gescuelas W/m3.K	% de reducción
PEQUEÑA	850	34,97	1210	1,28	1,02	-20,31
MEDIANA	2500			1,16	0,97	-16,38
GRANDE	4500			1,11	0,96	-13,51

Tabla 2: Contratación de valores de Gcal por dimensión de establecimientos educativo.

Fuente: elaboración propia.

tipología	perimetro m	sup.envolvente vertical m2	área	volumen m3	GD18 La Plata	Gadm 11604 W/m3.K	Gcal 11604 W/m3.K	Gescuelas W/m3.K
COMPACTA	148,00	414,40	1368,00	3830,4	1210	1,170	0,851	0,968
LINEAL	358,00	1002,40	1413,00	3956,4		1,160	1,485	0,968
CLAUSTRO	235,00	658,00	1079,00	3021,2		1,190	1,221	0,974
NUCLEAR	281,00	786,80	1306,00	3656,8		1,180	1,157	0,969
COMBINADA	304,00	851,20	1398,00	3914,4		1,160	1,160	0,968

Tabla 3: Propuesta de valores diferenciales de Gcal por tipo de establecimientos educativos.

Fuente: elaboración propia.

4.5. Eficiencia energética en función de la densidad edificada

Un tema escasamente tratado es la relación entre la densidad en sectores urbanos respecto de la eficiencia energética caso cumplir o no cumplir con el Decreto 1030/10. La Figura 7 muestra una síntesis de esta relación a fin de mostrar la demanda de energía que implica y demuestra la prudencia para la economía del país y sus habitantes de invertir en eficiencia energética.

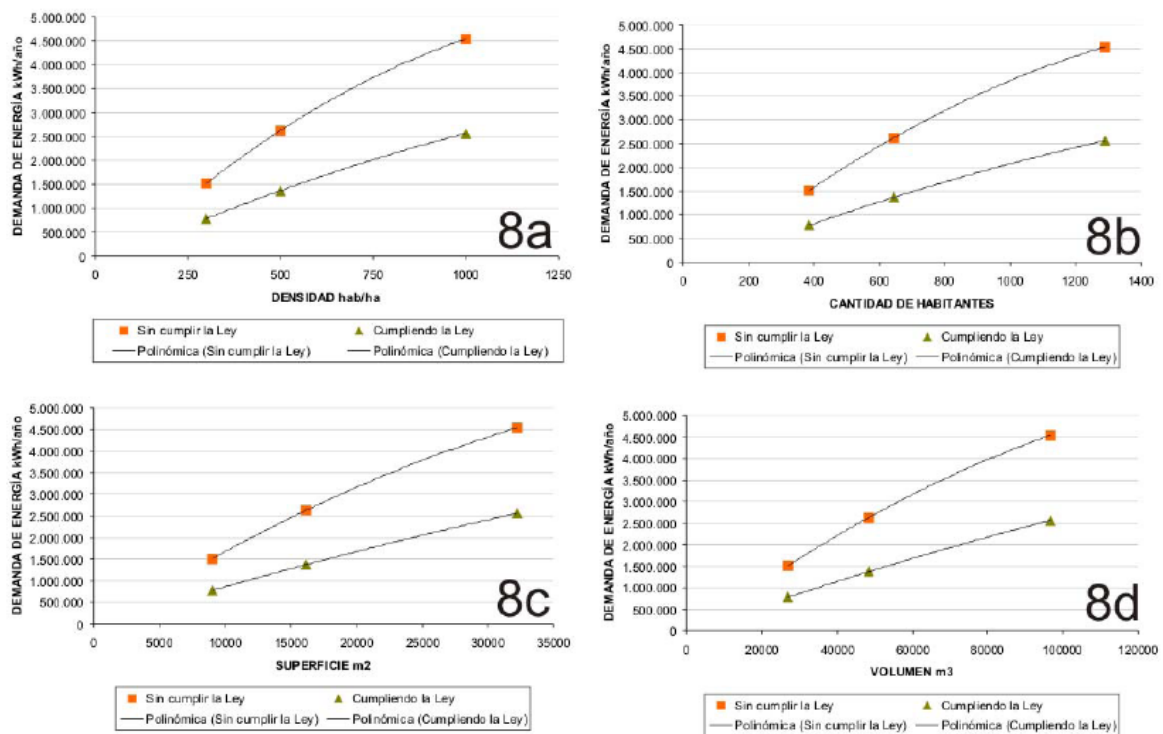


Fig 7: Relación entre la densidad edificada y la demanda de energía en calefacción.

4.6. Inconfort higrotérmico con ineficiencia energética.

Una paradoja que tiene el modelo Argentino es que con altos subsidios al consumo final de energía no se alcanza el confort higrotérmico por la excesiva mala calidad de las envolventes edilicias. Implica derroche de energía, derroche de divisas, insostenibilidad económica que llevará a un total quebranto del país.

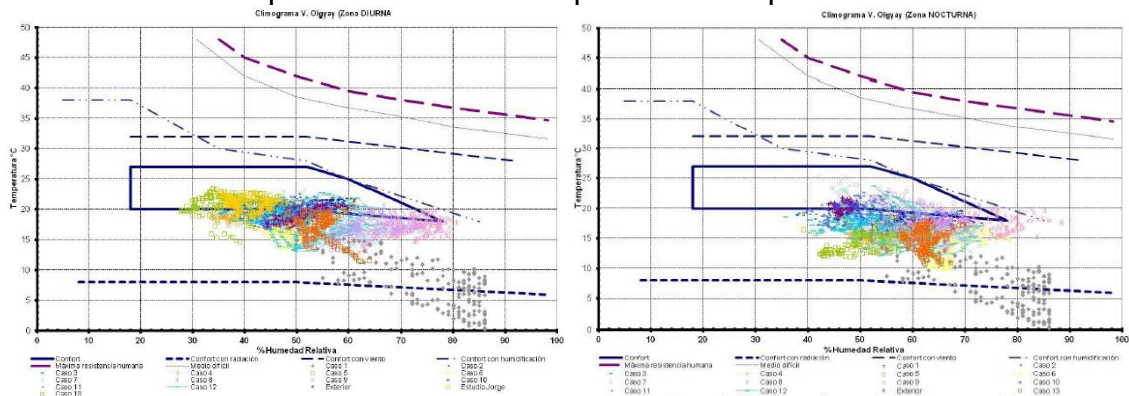


Fig 8-9: Confort higrotérmico en viviendas de clase media. Fuente: propia

Esto puede verse en las 8 y 9 donde se analizan viviendas de clase media de La Plata en base al climograma de confort de V.Olgyay [13].

5. Conclusión:

Los resultados obtenidos en los proyectos que lleva adelante el grupo muestran que es necesario llegar a contar con indicadores e índices acordes a la realidad construida. El mayor peso e incidencia en una matriz de impacto ambiental edilicio debe ser en mejorar la eficiencia energética de los edificios. Las normas IRAM proveen buenas herramientas para materializar un protocolo de certificación pero entendemos que no es suficiente.

Las IRAM fueron pensadas principalmente para regular la calidad de construcción de viviendas de interés social producidas por el estado. Nunca se aplicaron a las viviendas producidas por el sector privado ni por otros actores sociales o tipos edilicios.

La degradación en la calidad térmica de los edificios, al menos hasta los '90, tenía un techo representado por "*las reglas del arte de la construcción*" establecidas en la Ley Nacional de obras públicas 13064/47 y modificaciones y versiones derivadas de esta. Implicando una suerte de modelo de construcción nacional.

Con el neoliberalismo y la consecuente desregulación y licuación del poder del estado las decisiones pasaron al mercado. La oferta de nuevos materiales y su aplicación sin control llevó a la actual situación de alta ineficiencia energética. Recién en el año 2003 la Ley bonaerense 13059 buscó poner un límite pero hasta el presente no se cumple.

Un modelo de certificación debe basarse en Normas nacionales, cuando estas no se actualicen o no existan habrá que proponer antecedentes y quizá utilizarlos sin que pasen por IRAM. Este camino es el que se buscará seguir a fin de elaborar una propuesta de certificación para someterla a debate de la sociedad.

6. Referencias:

- [1] IPCC. (2001). Tercer informe de evaluación del Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambio Climático. Ginebra, Suiza. ISBN 0 52180770 0.
- [2] Edwards, Brian. (2008). Guía básica de la sostenibilidad. Gustavo Gili, SL. Barcelona. ISBN 8425222087.
- [3] Secretaría de Energía de la Nación. (2014). Balance energético Nacional 2013. Ministerio de Economía de la Nación. Buenos Aires. [http://www.energia.gov.ar/.../balances_2014/Ben13.xls]
- [4] INDEC (2015). Estimaciones y proyecciones de población 2010-2040. Total del país.
- [5] Czajkowski, J. & Gómez, A. (2009). Arquitectura Sustentable. Arq. Clarín. Buenos Aires. ISBN 978-987-07-0603-8.
- [6] Czajkowski, Corredera, Saposnik. (2003). Análisis de la relación entre demanda de gas natural en calefacción según "EnergoCAD" y consumos reales en viviendas unifamiliares del Gran La Plata. Revista Avances en energías renovables y ambientales N°7. ISSN 0329-5184.
- [7] Czajkowski, J. (1993). Desarrollo del programa AuditCAD para el análisis de edificios a partir de auditorías ambientales. Revista Avances en energías renovables y ambientales N°3. ISSN 0329-5184.
- [8] IRAM. 11659-2. (2007). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Viviendas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- [9] IRAM. 11601. (2002). Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. IRAM. Buenos Aires.
- [10] IRAM. 11603. (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- [11] IRAM. 11605. (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. IRAM. Buenos Aires.
- [12] IRAM. 11604. (1990). 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. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- [13] Olgyay, Víctor. (1998). *Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili. ISBN: 84-252-1488-2

