

## ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE VIVIENDAS SOCIALES EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (2003-2011)

María Laura Garganta<sup>1</sup>, Gustavo San Juan<sup>2</sup>

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC) <http://www.energiayambiente.com.ar>  
Laboratorio de Modelos y Diseño Ambiental (LAMbDA-λ), [www.fau-lambda.blogspot.com](http://www.fau-lambda.blogspot.com)  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata.  
Calle 47 N° 162, CC 478. Tel/fax +54-0221-4236587/90 int 254. La Plata (1900)  
[laugarganta@gmail.com](mailto:laugarganta@gmail.com), [gustavosanjuan60@hotmail.com](mailto:gustavosanjuan60@hotmail.com)

Recibido: 30/07/12; Aceptado: 25/09/12

**RESUMEN:** El presente trabajo desarrolla un estudio basado en el comportamiento energético y ambiental correspondiente a la producción de viviendas de interés social de la Provincia de Buenos Aires, en el período de gestión 2003-2011, a partir del análisis de las tipologías edilicias. Se toma como variable el consumo de gas para calefacción y se analiza la respuesta en dos hipótesis de trabajo (i) Situación de base, (ii) Situación optimizada, de la capacidad aislante de la envolvente edilicia. Se analiza en un nivel general la situación habitacional, y en un nivel particular el consumo energético necesario y determinando las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se comprueba la disminución de la carga térmica y emisiones -del total del universo- en un 24%, lo que equivale en el período estudiado a 38.422 TEP y 80.675 toneladas (t) de CO<sub>2</sub>. Las medidas de optimización adoptadas corresponden a la aplicación de la Ley 13.059 sobre “Eficiencia Energética”, vigente en la provincia de Buenos Aires.

**Palabras claves:** Vivienda Social, Consumo de Energía, Emisiones de GEI, Impacto Ambiental

### INTRODUCCIÓN

El trabajo se enfoca al estudio del comportamiento energético en cuanto a la climatización invernal (consumo de gas) y las emisiones de CO<sub>2</sub> provocadas y la aplicación de medidas de conservación de la energía en el sector residencial, construido por el Estado en el período de gobierno 2003-2011, en la prov. de Buenos Aires. Este sector se caracteriza por su demanda creciente, así como una necesaria mejora de la calidad edilicia y ambiental interior. Se ha registrado, que las temáticas más abordadas por la discusión sobre Vivienda Social son: déficit habitacional, tecnología constructiva, integración urbana, imagen e identidad, densidad edilicia, servicios básicos, seguridad, apropiación y confort del usuario, y en la actualidad la adecuación técnica a la vigencia de la Ley N° 13.059, sobre Eficiencia Energética en la prov. de Buenos Aires. Asimismo, la importancia de favorecer la integración social urbana y arquitectónica, que como primera instancia, implica desarrollar las condiciones para la inclusión de los actores sociales con mayor grado de vulnerabilidad, accediendo a una vivienda digna.

El concepto de vivienda de “interés social”, suele invocar la acepción referida a “*todo aquello que afecta a una sociedad y le incumbe*”. Sin embargo, dicho término se refiere a un concepto más preciso, representando a un tipo de carencia habitacional que a la sociedad le interesa y debe resolver. Se genera, de esta forma, una responsabilidad de solución que es depositada en el rol del Estado debido a que conlleva un sentimiento intrínseco de solidaridad, equidad y oportunidad, entendiendo que además es un problema que involucra a toda la sociedad, afectando en mayor medida a los que más necesitan o sea, al sector de la población más pobre (Sepúlveda, Carrasco, 1991).

La problemática habitacional no se resuelve sólo construyendo nuevas viviendas. Es necesario introducir nuevas modalidades de gestión a fin de mejorar las condiciones de alojamiento y convivencia de las ya existentes, incorporando el mantenimiento en el proceso de producción de las mismas. La realidad del Hábitat y la Vivienda en Latinoamérica muestra un creciente deterioro en la calidad de vida de la población, especialmente las de menores recursos. Ello se evidencia en déficit habitacionales crecientes, desorganización y deterioro de las áreas urbanas y metropolitanas, así como en acciones poco eficaces en la conservación del parque habitacional y preservación del medio ambiente. (Gaité, 2006).

Las soluciones de vivienda para sectores sociales de recursos escasos, tradicionalmente se basan en respuestas básicamente técnicas sustentadas en la reducción de costos, generalmente sin incluir debidamente variables sociales, culturales, ambientales y productivas conduciendo a problemas en el mediano y largo plazo (Rosenfeld E. et al, 1989) (Rosenfeld E., 2005). Caracterizan la problemática en la provincia de Buenos Aires: i. poseer, a escala territorial, características climáticas diferentes, implicando respuestas tecnológicas apropiadas y apropiables, con lo cual mejorar el confort higro-térmico; ii. destinatarios de baja renta con dificultades técnicas, económicas y físicas para acceder a los recursos energéticos; iii. diseños tipológicos que no responden a las características regionales y sociales; iv. conjuntos de vivienda de baja densidad (vivienda individual y apareada) que se oponen a una lógica de eficiencia en el uso del suelo y de la infraestructura de servicios urbanos; v. insuficiente comunicación y apropiación del uso racional de tecnologías ambientales; vi. crisis energética que

<sup>1</sup> Becario Tipo I - CONICET

<sup>2</sup> Investigador CONICET – (FAU-UNLP)

requiere un manejo racional de los recursos energéticos no renovables; vii. apartamiento de soluciones típicas asociadas a los “Estándares Mínimos de Calidad para la Vivienda de Interés Social”

Se puede deducir que la Argentina cuenta con una serie de estudios y desarrollos en el campo del uso racional de la energía (URE) y uso eficiente de la energía (UEE). Sin embargo, los programas de eficiencia demoraron en implementarse debido a las crisis socio-económica de finales de los años `90 y comienzo del año 2000. En el invierno del año 2007, la Argentina pasó por su peor crisis energética. Como consecuencia, a finales de ese año lanzó el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONURE), con el cual el país emprende la segunda etapa del plan energético iniciado en mayo de 2004 mediante el lanzamiento del PUREE. Entre las premisas principales se pretende reducir la demanda energética a partir de aplicar cambios de horario estacionales, reducción del consumo eléctrico en la vía pública, desarrollo de estándares de eficiencia energética a la producción, importación y/o comercialización de equipos consumidores de energía, otorgamiento de créditos blandos del Banco Nación para la adquisición de equipos más eficientes, entre otras.

Como correlato, en la provincia de Buenos Aires se sanciona la Ley 13.059 (2003) “*Condiciones de Acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de edificios*”, la cual establece las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de edificios para una mejor calidad de vida y disminución del impacto ambiental, promulgada por el Decreto 1.030 (2010). El confort en las viviendas y la reducción de las emisiones se obtendrían aplicando las normas IRAM N°: 11.549, 11.601, 11.603, 11.605 (en su nivel “B”), 11.604, 11.625, 11.630 y complementarias: 11.507-1, 11.507-4, 11.559 y 11.564 (Ver: <http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/institucional/topicas.php>). En este marco, se han realizado acciones como el diseño y construcción de cuatro viviendas bioclimáticas en el Municipio de Tapalqué (San Juan, et al., 2010)<sup>3</sup>. Se entiende que teniendo como marco este proceso evolutivo, en función de tendencias de las políticas actuales de aplicar criterios de eficiencia energética en el sector y basados en la magnitud de la demanda, se *requieren estudios específicos, intensivos y extensivos* que sienten las bases para dicha eficiencia, sustentados por desarrollos científicos, en relación con los organismos del Estado. (Rosenfeld E. et al, 2009)

El consumo de energía en Argentina correspondiente al sector residencial (2003) representa el 35% con respecto al consumo neto total. El consumo de gas para calefacción en el sector residencial correspondiente a un 27% del consumo total, el calentamiento de agua un 35 % y la cocción de alimentos es 35%. El calentamiento global se genera principalmente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de la quema de combustibles fósiles. La necesidad de controlar las emisiones de estos gases debe basarse, en el control de la producción, la distribución y el consumo (eficiencia) de este tipo de energía, siendo uno de los aspectos del presente trabajo.

## DESARROLLO

### 1. Localización geográfica

El universo de análisis se localiza en la Provincia de Buenos Aires, la cual ocupa una extensa región del centro-este de la República Argentina. Desde los orígenes de nuestra nacionalidad ha sido la provincia con mayor gravitación en el país, dada su posición geográfica estratégica, su poderío económico, la benignidad de su clima y sus suelos. Son características de la provincia, el acelerado crecimiento urbano, fundamentalmente distinguiéndose la concentración del Gran Buenos Aires y el despoblado del interior provincial y grandes concentraciones urbanas comerciales-financieras, de actividad industrial y portuaria (San Nicolás, Buenos Aires, Gran La Plata, Mar del Plata, Bahía Blanca).

Según la zonificación bioclimática de la República Argentina (Norma IRAM 11.603, definida por la relación entre las variables meteorológicas y las condiciones deseables para lograr confort térmico en las distintas localidades), en la Provincia de Buenos Aires se establecen dos zonas y dos sub-zonas, con una situación de clima templado, Zona III-Templado Cálido: (IIIa-IIIb) y Zona IV-Templado Frío (IVc- IVd).

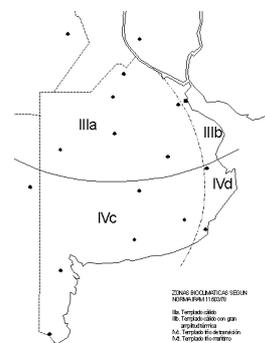


Figura 1: Zonificación bioclimática. Prov. de Bs.As.

### 2. Situación Habitacional

La Provincia de Buenos Aires cuenta con una población de 15.594.428 habitantes (38,8% del País – 40.117.096 habitantes), con una superficie de 308.000 km<sup>2</sup> (11% del País) y con una relación de ancho y largo de 600km y 850km respectivamente. Es conocida históricamente, la dicotomía entre dos modelos de producción de la vivienda social. Aquel que atiende a la demanda en forma cuantitativa orientada a aquella población con necesidades básicas o de alta precariedad, generalmente situadas en enclaves urbanos considerados como suburbios; y por otro lado, aquellas que atienden a una demanda cualitativa con lo cual tender a la mejora de su hábitat. En dicha provincia existe en la actualidad una demanda estimada en 1.091.572 viviendas, de las cuales 862.599 corresponden al déficit cualitativo (79%), que incluye a 198.676 correspondiente a hacinamiento por cuarto, y 228.973 al cuantitativo (21%) (Censo Nacional de Población y Vivienda 2001, proyección 2010).

<sup>3</sup> Convenio: Ministerio de Infraestructura de la Prov. de Buenos Aires, Instituto de la Vivienda de la Provincia de Bs. As.; La Municipalidad de Tapalqué, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y La Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC). “Diseño, construcción y etiquetado de consumo energético, de viviendas de interés social con pautas bioclimáticas”. 2009-2012.

INDEC). Al respecto para paliar esta necesidad, se encuentran en desarrollo un serie de Programas que atienden esta demanda a partir de la acción del Estado: Operatorias Nacionales: Programa Federal de Construcción de Viviendas T.F., T.P.U.; Programa Federal de Construcción de Viviendas con Municipios; Sub-programa Federal de Urbanización de Villas y Asentamientos Precarios; Programa Federal de Mejoramiento de Viviendas “Mejor Vivir” (Soluciones Habitacionales); Programa Federal de Emergencia Habitacional “Techo y Trabajo”, Plurianual ANSES. Operatorias Provinciales: Bonaerense II – “Solidaridad” con Municipios/Entidades; Bonaerense XI, “Compartir”, Nuestra Casa. En la Tabla 1, Fig. 2, se observan los valores de población y déficit habitacional de la Provincia de Buenos Aires, dividida en el Conurbano y el Interior de la Provincia. <http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/institucional/g2009.pdf>.

	Población	Déficit Habitacional
<b>Conurbano Bonaerense</b>	9.910.282	755.925
<b>Interior provincial</b>	5.684.146	335.647
<b>Total</b>	<b>15.594.428</b>	<b>1.091.572</b>

Tabla 1: Población y déficit habitacional de la Provincia de Bs. As.

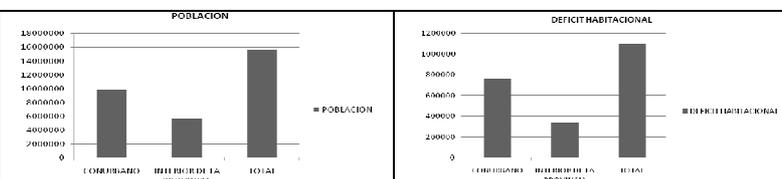


Figura 2: Población y déficit habitacional de la Provincia de Buenos Aires.<sup>4</sup>

Partiendo de conocer la realidad de nuestra provincia, se intenta visualizar el problema habitacional, proponer estrategias, producir tecnología socialmente apropiada contribuyendo al mejoramiento del hábitat, el uso eficiente de la energía y a solucionar el déficit, mejorando su calidad.

### 3. Metodología

Se abordó el problema, trabajando en dos niveles:

(i) **Nivel general**, donde se definió la situación habitacional existente (Relevamiento de las Operatorias construidas por el IVBA, en el período 2003 y 2011).

(ii) **Nivel particular**, dividido en dos etapas.

(ii-a). Donde se definieron y estudiaron las tipologías edilicias representativas y los sistemas constructivos utilizados:  
a. Análisis y síntesis tipológica de viviendas sociales; b. Representatividad tipológica en el universo construido;  
c. Estudio de la materialidad constructiva; d. Cálculo de consumo y emisiones. (Situación de Base).

(ii-b). Determinación y aplicación de pautas de mejoramiento y mitigación, con el objeto de disminuir el consumo energético para climatización invernal (de gas) a partir de medidas de Conservación de la energía (mejoras en muros, en cubierta, y en aberturas) para esas mismas tipologías: a. Diseño de mejoras de la envolvente; b. Evaluación de las nuevas soluciones; c. Cálculo de las pérdidas por envolvente y su carga térmica anual; d. Cálculo de consumos optimizados y emisiones de gases de efecto invernadero. (Situación optimizada).

#### Nivel General: Situación habitacional

Para el abordaje de esta escala de análisis, se trabajó con el universo (U) total. La Tabla 2 sintetiza la situación habitacional y las operatorias llevadas a cabo en el período de estudio (2003-2011) y la cantidad total de viviendas construidas. Se observa el crecimiento temporal, tanto en operatorias provinciales como federales, con un total de **60.138** viviendas construidas.

OPERATORIA	AÑO									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
OPERATORIAS PROVINCIALES										
SOLIDARIDAD	1.379	788	1.127	1.005	1.339	1.848	1.609	997		
COMPARTIR - NUESTRA CASA				1	149	248	580	142	1.451	
OPERATORIAS FEDERALES										
FEDERAL				774	1.993	1.271	4.753	2.099	3.274	
FEDERAL CON MUNICIPIOS				749	8.746	4.131	2.433	3.698	2.295	
VILLAS -URBANIZACIÓN DE VILLAS Y ASENTAMIENTOS PRECARIOS				26	1.265	1.725	1.253	506	2.220	
EMERGENCIA HABITACIONAL - INTEGRACIÓN SOCIOCOMUNITARIA		52	168	28	212	709	803	35	12	
MEJOR VIVIR - MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS					72	44	60			
PLURIANUAL - ANSES										2.069
<b>OPERATORIAS POR AÑO =</b>	<b>1.379</b>	<b>840</b>	<b>1.295</b>	<b>2.583</b>	<b>13.776</b>	<b>9.976</b>	<b>11.491</b>	<b>7.477</b>	<b>11.321</b>	
<b>OPERATORIAS TOTALES =</b>	<b>60.138</b>									

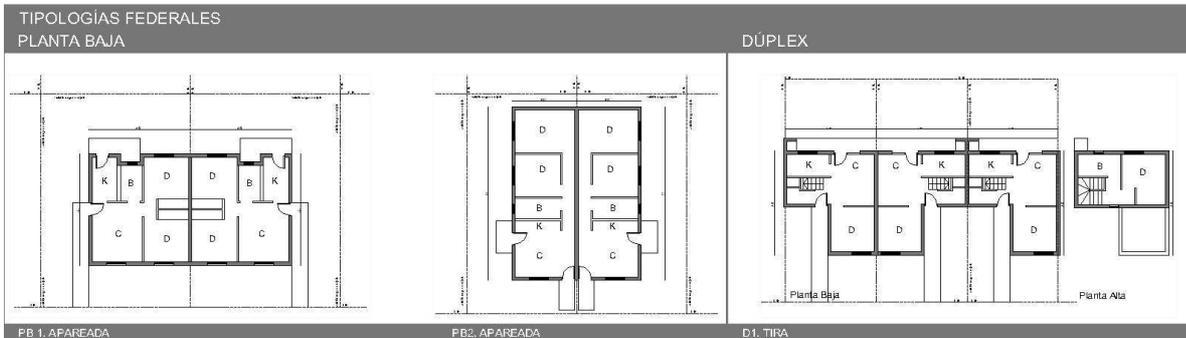
Tabla 2: Período 2003-2011 (Fuente: IVBA: [http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/institucional/vivsocial\\_2parte.pdf](http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/institucional/vivsocial_2parte.pdf))

<sup>4</sup> Se toma como base para la proyección del déficit 2010 la Población por Partidos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (Resultados Provisionales). 2010. INDEC.

**Nivel Particular: Comportamiento energético y ambiental**

*(ii-a) Análisis de tipologías edilicias.*

Se estudiaron las diferentes tipologías edilicias implementadas tanto por operatorias federales como provinciales. Estos tipos edilicios corresponden a “tipos de agrupamiento”, los cuales tienen estrecha relación con el “factor de exposición” (Fe), relacionando el área expuesta al medio y el área envolvente (sin piso). Se agruparon en: a. Aislada, b. Apareada, c. Tira. En la Figura 3 y 4, se resumen las tipologías existentes. La muestra elegida, cuyos resultados se expanden al universo, no es arbitraria sino que se ha adoptado en función de seleccionar los tipos característicos, más usados y con un índice de compacidad (Ic) diferente.



**Figura 3: Tipologías de operatorias Federales en Planta Baja (PB) - Tipología Federal en Dúplex**

**Tipologías Federales.** En la Fig. 3 se exponen los tipos adoptados correspondientes a planta baja y en dúplex. La mayoría de las viviendas en planta baja se agrupan en forma “apareada”, mientras que el dúplex con un agrupamiento en forma de “tira”.  
**Tipologías Provinciales.** En la Fig. 4 se muestran las cuatro tipologías en planta baja, y tres tipologías en Dúplex.



**Figura 4: a) Tipologías Provinciales en Planta Baja (PB)**



**Figura 4: b) Tipologías Provinciales en Dúplex**

### Sistema constructivo utilizado

La tecnología utilizada en su envolvente, en todos los casos, se conforma con los siguientes elementos: Muros (ladrillo cerámico hueco 18x18x33cm revocado ambas caras), con un  $K= 1,48\text{W/m}^2\text{°C}$  + Techo inclinado (chapa, aislación térmica, aislación hidráulica y machimbre a la vista), con una transmitancia térmica (“K”) de  $0,88\text{W/m}^2\text{°C}$  + Aberturas (chapa doblada y vidrio simple) con un  $K= 5,82\text{W/m}^2\text{°C}$ . (Norma IRAM N° 11.601). Ver Figura 5.

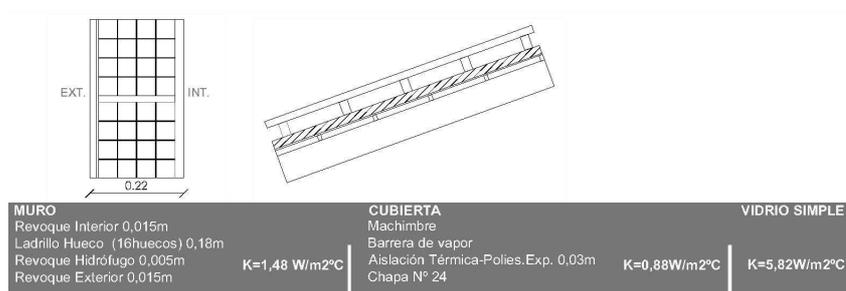


Figura 5: Sistemas Constructivos en Vivienda Social

### Comportamiento de la envolvente y cálculo de demanda de energía (Situación de Base).

A partir de la definición de las tipologías y los sistemas constructivos, se realizó un análisis teniendo en cuenta los indicadores dimensionales, morfológicos y energéticos:  $\text{m}^2$  construidos, índice de Compacidad ( $I_c$ ), el Factor de Forma ( $F_f$ ) y el Factor de Exposición ( $F_e$ ), Transmitancia térmica de los elementos ( $K$ ), Coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas ( $G$ ) y Carga térmica anual ( $Q$ ), realizándose un promedio en grupos de tipologías (Federales y Provinciales: dúplex y planta baja). En la Tabla 3, se resume el porcentaje de pérdidas térmicas y carga térmica de calefacción anual por la envolvente edilicia del total de la muestra. En todas las tipologías las pérdidas a través de aberturas es sumamente importante. La insuficiencia o inexistencia de aislación aumenta las pérdidas y su carga térmica.

Tipologías	Perím. (m)	Área ( $\text{m}^2$ )	Volum. ( $\text{m}^3$ )	Envolv. ( $\text{m}^2$ )	$I_c$	$F_f$	$F_e$	K pared ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	K techo ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	K vidrio ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )	G ( $\text{W/°C m}^3$ )	Q (kwh)	TEP
T.F. PB	28,9	44,3	124	125,3	<b>81,0</b>	<b>1,00</b>	<b>0,84</b>	1,48	0,88	5,82	<b>2,3</b>	<b>8.145,0</b>	<b>0,70</b>
T.F. Dúplex	45,0	48,2	135	152,8	<b>54,2</b>	<b>1,13</b>	<b>0,68</b>	1,48	0,88	5,82	<b>2,5</b>	<b>9.645,5</b>	<b>0,83</b>
T.P. PB	34,5	61,0	171	157,8	<b>80,0</b>	<b>0,92</b>	<b>0,88</b>	1,48	0,88	5,82	<b>2,2</b>	<b>10.585,0</b>	<b>0,91</b>
T.P. Dúplex	51,9	63,6	178	159,8	<b>55,8</b>	<b>0,91</b>	<b>0,81</b>	1,48	0,88	5,82	<b>2,3</b>	<b>11.632,5</b>	<b>1,00</b>

Tabla 3: Situación de BASE. Indicadores dimensionales, morfológicos y energéticos.

Referencias:  $I_c$ , Índice de compacidad;  $F_f$ , Factor de forma;  $F_e$ , Factor de exposición;  $K$ , Transmitancia térmica;  $G$ , Coeficiente global de pérdidas;  $Q$ , Carga Térmica.; TEP, Toneladas equivalente a petróleo.

Como síntesis se adopta un resultado medio entre las tipologías en planta baja y dúplex pertenecientes al mismo grupo u operatoria. Tabla 4.

Tipologías	Q (Mwh)	TEP
Operatorias Federales. (PB-Dúplex)	<b>8,1</b>	<b>0,70</b>
Operatorias provinciales. (PB-Dúplex)	<b>10,6</b>	<b>0,91</b>

Tabla 4: Situación de BASE. Demanda energética promedio de las tipologías

### (ii-b) Evaluación de comportamiento energético y ambiental (Situación Optimizada)

A partir de la situación tipológica y tecnológica de base, se calculó la demanda de energía a partir de la adopción de medidas de Conservación de la energía (C), adoptando los valores mínimos de calidad de la envolvente exigidos por la Norma IRAM 11.605 (Nivel “B”), establecidos en el Decreto Reglamentario de la Ley 13.059, la cual exige el cumplimiento de los valores máximos de calidad para viviendas de interés social con lo cual lograr niveles de habitabilidad higró-térmica y ahorro de energía: Aislación térmica (verificación de  $K$ , nivel “B”, adecuado control de puentes térmicos), verificación de los riesgos de condensación (intersticial y superficial), y disminución de las pérdidas de calor por la envolvente edilicia. Para un estudio particularizado, se obtuvo información de cuatro localidades de la Provincia de Buenos Aires, cada una pertenece a una zona bioclimática diferente. Azul, zona IIIa; La Plata, Zona IIIb; Pigiúé zona IVc; Mar del Plata IVd. Tomando para este análisis la más desfavorable, con una temperatura base de calefacción de  $18^\circ$ . Tabla 5.

	Nivel “A”		Nivel “B”		Nivel “C”	
	Muro	Techo	Muro	Techo	Muro	Techo
Kmax. Inv.	<b>0,33</b>	<b>0,29</b>	<b>0,91</b>	<b>0,74</b>	<b>1,59</b>	<b>1,00</b>
Kmax.Ver.	<b>0,50</b>	<b>0,19</b>	<b>1,25</b>	<b>0,48</b>	<b>2,00</b>	<b>0,76</b>

Tabla 5: Indicadores Kmax. Invierno / Verano.

### Sistema constructivo optimizado

Se adopta una tecnología constructiva optimizando su transmitancia térmica: Muros (ladrillo cerámico hueco 18x18x33cm revocado ambas caras con aislación térmica exterior), con un  $K= 0,80W/m^2\text{°C}$  + Techo inclinado (chapa, aislación térmica, barrera de vapor y machimbre a la vista), con una transmitancia térmica (K) de  $0,39W/m^2\text{°C}$  + Aberturas (chapa doblada, y doble vidrio), con un  $K= 3,23W/m^2\text{°C}$ . Figura 6.

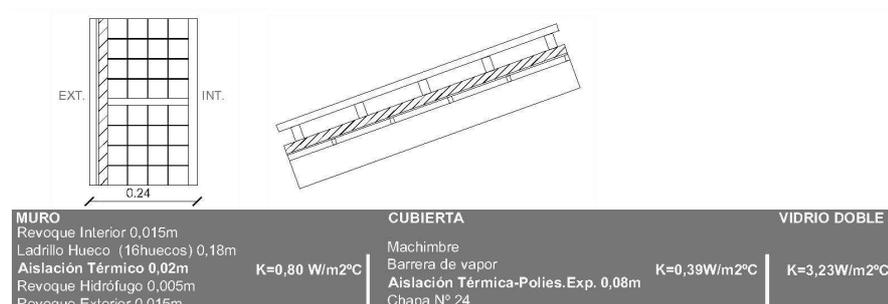


Figura 6: Sistemas Constructivos con mejoras en Vivienda Social

### Comportamiento de la envolvente y cálculo de demanda de energía (Situación Optimizada)

Se realizó un nuevo análisis teniendo en cuenta los indicadores dimensionales, morfológicos y energéticos, a partir de la definición de las mismas Tipologías y el sistema tecnológico optimizado, obteniéndose la disminución de las pérdidas térmicas por la envolvente y de la carga térmica.

Tipologías Mejoradas	Perím. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volum. (m <sup>3</sup> )	Envol. (m <sup>2</sup> )	Ic	Ff	Fe	K pared (W/m <sup>2</sup> °C)	K techo (W/m <sup>2</sup> °C)	K vidrio (W/m <sup>2</sup> °C)	G (W/°Cm <sup>3</sup> )	Q (kwh)	TEP
T.F. PB	28,9	44,3	124	125,3	81,0	1,00	0,84	0,80	0,39	3,23	1,64	5.819,0	0,50
T.F. Duplex	45,0	48,2	134	152,8	54,2	1,13	0,68	0,80	0,39	3,23	1,70	6.651,0	0,57
T.P. PB	34,5	61,0	171	157,8	80,0	0,92	0,88	0,80	0,39	3,23	1,56	7.547,2	0,65
T.P. Duplex	51,9	63,6	178	159,8	55,8	0,91	0,81	0,80	0,39	3,23	1,61	8.087,4	0,69

Tabla 6: Situación OPTIMIZADA. Indicadores dimensionales, morfológicos y energéticos.

Referencias: Ic, Índice de compacidad; Ff – Factor de forma; Fe - Factor de exposición; K, transmitancia térmica; G, Coeficiente global de pérdidas; Q, Carga Térmica; TEP, toneladas equivalente a petróleo.

Se adopta un resultado medio entre las tipologías en P.B. y dúplex pertenecientes al mismo grupo u operatoria. Tabla 7.

Tipologías	Q (Mwh)	TEP
Operatorias Federales. (PB-Dúplex)	6,2	0,54
Operatorias provinciales. (PB-Dúplex)	7,8	0,67

Tabla 7: Situación OPTIMIZADA. Demanda energética promedio de las tipologías.

### 4. Expansión de la muestra al universo

#### Impacto ambiental que generan las viviendas (Situación de BASE)

A partir de contar con el universo total, tomado de la Tabla2, se calculó el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> en el período 2003-2011. En la Tabla 8 se sintetiza la cantidad de viviendas construidas por operatorias federales y provinciales, y el impacto ambiental que causan a partir del consumo energético y las emisiones. Se calcularon las toneladas de CO<sub>2</sub> anuales emitidas al ambiente en función del consumo energético (ITEP de gas = 2,1 toneladas de CO<sub>2</sub>). En las tipologías Federales se construyeron 47.475 viviendas con una energía consumida anualmente de 386.683 Mwh, generando 69.788 toneladas de emisiones CO<sub>2</sub>. En Tipologías Provinciales se construyeron 12.663 viviendas con una energía consumida anualmente de 134.037 Mwh, generando 24.198 toneladas de emisiones CO<sub>2</sub>.

Tipologías	Viviendas Construidas	Q (Mwh)	TEP	Q total anual (Mwh)	Emisiones CO <sub>2</sub> (t)
Operatorias Federales	47.475	8,15	0,70	386.683	69.788
Operatorias Provinciales	12.663	10,59	0,91	134.037	24.198

Tabla 8: Energía consumida y Emisiones de CO<sub>2</sub> de las tipologías.

En la Tabla 9 se observa el consumo energético, en función de la producción de vivienda anual y el total requerido, de **520.795,1 Mwh** y las emisiones totales de **94.281,9 t de CO<sub>2</sub>**, tomando un promedio ponderado de consumo energético anual por las tipologías de 8,66 Mwh.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Viviendas construidas	1.379	840	1.295	2.583	13.776	9.976	11.491	7.477	11.321
Consumo Energético (Mwh)	11.942,1	7.274,4	11.214,7	22.368,8	119.300,2	86.392,2	99.512,1	64.750,8	98.039,9
<b>Consumo Energético 2003-2011</b>	<b>520.795,1 Mwh</b>								
Emisiones de CO <sub>2</sub> (t)	2.161,9	1.316,9	2.030,2	4.049,5	21.597,4	15.640,0	18.015,1	11.722,1	17.748,6
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> 2003-2011</b>	<b>94.281,9 t</b>								

Tabla 9: Impacto ambiental de las tipologías por año – consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub>

*Impacto ambiental que generan las viviendas mejoradas (Situación OPTIMIZADA)*

En la Tabla 10 se observa el impacto ambiental que causan las viviendas mejoradas, a partir del consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Con la misma cantidad de viviendas, las Tipologías Federales se estima una energía consumida anualmente de 296.006,6 Mwh, generando 53.836,6 toneladas de emisiones CO<sub>2</sub>. Mientras que en las Tipologías Provinciales se consume anualmente 98.990,5 Mwh, generando 17.816,8 toneladas de emisiones CO<sub>2</sub>.

Tipologías	Viviendas Construidas	Q (Mwh)	TEP	Q total anual (Mwh)	Emisiones CO <sub>2</sub> (t)
Operatorias Federales	47.475,00	6,235	0,54	<b>296.006,6</b>	<b>53.836,6</b>
Operatorias Provinciales	12.663,00	7,817	0,67	<b>98.990,5</b>	<b>17.816,8</b>

*Tabla 10: Energía consumida y Emisiones de CO<sub>2</sub> de las tipologías mejoradas.*

En la Tabla 11 se puede observar, a partir de las mejoras implementadas en las viviendas en el período 2003-2011, el consumo energético total de **395.106,7 Mwh** y las emisiones totales de **71.527,9 t de CO<sub>2</sub>**. El promedio ponderado tomando del consumo energético anual por todas las tipologías es menor al anterior siendo de 6,57 Mwh.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Viviendas construidas	1.379	840	1.295	2.583	13.776	9.976	11.491	7.477	11.321
Consumo Energético (Mwh)	9.060,0	5.518,8	8.508,2	16.970,3	90.508,3	65.542,3	75.495,9	49.123,9	74.379,0
<b>Consumo Energético 2003-2011</b>	<b>395.106,7 Mwh</b>								
Emisiones de CO <sub>2</sub> (t)	1.640,2	999,1	1.540,3	3.072,2	16.385,1	11.865,4	13.667,4	8.893,1	13.465,2
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> 2003-2011</b>	<b>71.527,9 t</b>								

*Tabla 11: Impacto ambiental de las tipologías mejoradas por año – consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub>.*

## CONCLUSIONES

En la Tabla 12 se sintetizan los resultados obtenidos de energía consumida y emisiones de CO<sub>2</sub> anuales, de la totalidad de las viviendas construidas en el período de estudio, tanto en la situación de base como en la optimizada. Comparando, a su vez, la reducción al incorporar las mejoras, cumpliendo con la Ley 13.059.

En la situación de base se obtiene un consumo energético total de **520.795,1 Mwh**, emitiéndose **94.281,9 t de CO<sub>2</sub>**, mientras que en la optimizada el consumo es de **395.106,7 Mwh**, emitiéndose **71.527,9 t de CO<sub>2</sub>**. De esta manera se obtiene una reducción del 24% en energía (125.688,4 Mwh) y de CO<sub>2</sub> (22.753,9 t) Tabla 12.

	Sistema de base	Sistema Optimizado	Ahorro	%
<b>Energía – Mwh</b>	520.795,1	395.106,7	<b>125.688,4</b>	<b>24,00</b>
<b>CO<sub>2</sub> - t</b>	94.281,9	71.527,9	<b>22.753,9</b>	<b>24,00</b>

*Tabla 12: Síntesis de resultados*

Si consideramos el consumo de la situación de BASE y OPTIMIZADA, en los 9 años estudiados para el universo total de las 60.138 viviendas ejecutadas, entonces obtendremos una reducción del consumo de **445.697 Mwh** y emisión de **80.675 t de CO<sub>2</sub>**. Esto implica que con el ahorro o reducción de consumo resultante se podría contar con energía para climatización en el período invernal de 67.838 viviendas, en el próximo año. O, si adoptamos la tendencia estable de producción sucedida en el último año (2011) de 11.321 viviendas (Ver Tabla 2) -en función del déficit cuantitativo existente- la reducción de energía lograda, podría abastecer la necesidad energética de estas viviendas por los próximos 6 años (hasta el 2017). Tabla 13 y 14. Figuras 7 y 8.

	2003 Mwh	2004 Mwh	2005 Mwh	2006 Mwh	2007 Mwh	2008 Mwh	2009 Mwh	2010 Mwh	2011 Mwh	9 años Mwh	Total TEP
BASE	11.942,1	19.216,5	30.431,2	52.800,0	172.100,2	258.492,4	358.004,5	422.755,3	520.849,2	<b>1.846.591,4</b>	<b>159.189,0</b>
OPTIMIZADA	9.060,0	14.578,8	23.087,0	40.057,3	130.565,6	196.107,9	271.603,8	320.727,7	395.106,7	<b>1.400.894,8</b>	<b>120.767,0</b>
Reducción	2.882,1	4.637,7	7.344,2	12.742,7	41.534,6	62.384,5	86.400,7	102.027,6	125.742,5	<b>445.696,6</b>	<b>38.422,1</b>

*Tabla 13: Consumo y reducción teórica histórica, de la producción de vivienda social en los últimos 9 años.*

	2003 t	2004 t	2005 t	2006 t	2007 t	2008 t	2009 t	2010 t	2011 t	9 años t
BASE	2.161,9	3.478,8	5.509,0	9.558,5	31.155,9	46.795,9	64.811,0	76.533,1	94.281,7	<b>334.285,8</b>
OPTIMIZADA	1.640,2	2.639,3	4.179,6	7.251,8	23.636,9	35.502,3	49.169,7	58.062,8	71.528,0	<b>253.610,6</b>
Reducción	521,7	839,5	1.329,4	2.306,7	7.519,0	11.293,6	15.641,3	18.470,3	22.753,7	<b>80.675,2</b>

*Tabla 14: Emisiones de CO<sub>2</sub> teórica histórica, de la producción de vivienda social en los últimos 9 años.*

Por otro lado, existen otros objetivos que justifican las medidas propuestas, en función de la aplicación de la Ley Provincial N°13.059 de Eficiencia Energética, actualmente vigente: (i) Mejorar las condiciones de confort térmico (calidad de vida) de los ocupantes, a partir de la estabilidad de la temperatura interior. Cabe aclarar que como base de cálculo se ha adoptado – para este estudio- una temperatura mínima de confort de 18°C, aunque se podría haber estimado 20°C, como medida razonable, mejorando la situación; (ii) Reducir el “hacinamiento térmico”, realidad registrada cuando el núcleo familiar incorpora calefacción sólo en un ambiente, generalmente el estar-comedor, con lo cual mantener la temperatura estable en toda la vivienda (E. Rosenfeld, 1997); (iii) Realizar un uso eficiente del recurso energético no renovable, en función de la crisis energética nacional y mundial, la cual se acrecentará en los próximos años; (iv) Lo mismo sucede con las emisiones de GEI a la atmósfera, disminuyendo el impacto ambiental; (v) Reducir el consumo y por consiguiente la facturación que abona el usuario, sobre todo pensando en familias con situación de vulnerabilidad; (vi) Disminuir las patologías constructivas,

evitando el deterioro físico de la construcción, al eliminar los puentes térmicos y la condensación superficial e intersticial; (vii) Mejorar las condiciones de salud de la población, por eliminación de hongos producidos por la condensación superficial, y eliminación del estrés térmico de los ocupantes, debido a la exposición corporal a diferenciales excesivos de temperatura entre el interior-exterior, y entre ambientes.

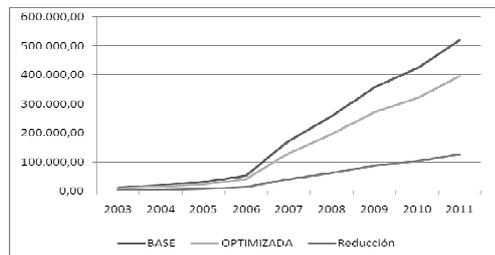


Figura 7: Consumo histórico (Mwh)

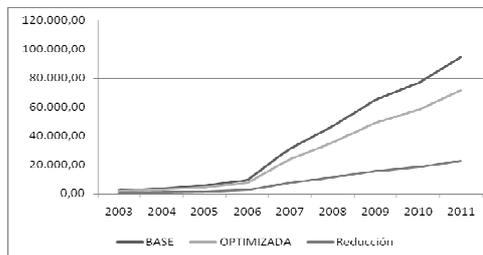


Figura 8: Emisiones de CO<sub>2</sub>: (t)

En cuanto a la continuidad del estudio, se prevé (a) Trabajar en el déficit cuantitativo de viviendas para los próximos años; (b) Ajustar el modelo de cálculo en función de la representatividad por tipología; (c) Desarrollar modelos tecnológicos para el déficit cualitativo; (d) Incorporar otras pautas de diseño para la vivienda social, como la orientación y sistemas pasivos; (e) Trabajar en el estudio y optimización de modelos tipológicos en función de indicadores dimensionales tales como: Ff, Fe, Ic, G; (f) Desarrollar modelos optimizados para baja y media densidad; (g). Estudiar la inversión necesaria y su amortización.

Como conclusión se arriba a la aseveración de la conveniencia de aplicar criterios de conservación de la energía, en el marco de la Ley provincial 13.059, en la producción de vivienda de interés social.

## REFERENCIAS

- Gaite, Arnoldo. (2006). "El proyecto de la vivienda económica". Editorial Nobuko. ISBN-10: 987-584-063-7
- INDEC Instituto nacional de Estadísticas y Censos. Censo Nacional de Población y Vivienda 2001, proyección 2010.
- IVBA Instituto de la Vivienda de la prov. de Buenos Aires. (<http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/institucional/topicas.php>).
- Norma IRAM N° 11601. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Aislamiento térmico de edificios. "Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total".
- Norma IRAM N° 11603. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Aislamiento térmico de edificios. "Clasificación bioambiental de la República Argentina".
- Norma IRAM N° 11604. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. "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 N° 11605. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. "Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximas admisibles de transmitancia térmica K en cerramientos opacos".
- Rosenfeld, E. 1997(1985-1986). Proyecto AUDIBAIRES. "Plan Piloto de Evaluaciones Energéticas de la Zona de Capital Federal y Gran Buenos Aires. AUDIBAIRES". Secretaría de Energía. UI N°2-IDEHAB-FAU-UNLP.
- Rosenfeld E, et al (1989-1991). Proyecto: Mejoramiento de las condiciones energéticas y de habitabilidad del hábitat bonaerense. P.I.D. (Programa de Investigación y Desarrollo, CONICET). UI N°2- IDEHAB-FAU-UNLP. Colaborador.
- Rosenfeld E (2005). Las interacciones entre la energía y el hábitat en la Argentina. El caso de la región de Buenos Aires. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Exactas. Área Energías Renovables.
- Rosenfeld E. et al (2009). La casa solar de La Plata. La Plata, Octubre de 2009. IAS-FIPE y el IIPAC.
- San Juan G, Discoli C, Viegas G., Ferreyro C., Rodriguez L. (2010). Proyecto de viviendas bioclimáticas de interés social. Tapalqué, prov. de Buenos Aires. Revista "Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente", de ASADES. ISSN 0329-5184. Indexada por: infohab.org.br. Vol 13. Pp 79-86. 2009.
- Sepúlveda Mellado Orlando, Carrasco Pérez Gustavo (1991). "Sectorización habitacional del territorio y vivienda regionalizada. Un argumento para descentralizar". Instituto de la vivienda. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Proy. FONDECYT 0617-88.

**ABSTRACT:** The present study develops an analysis based on the energy and environmental performance corresponding to social housing construction in Buenos Aires Province during the term of office from 2003 to 2011, taking into account the building typologies. Gas consumption for heating is considered a variable and the result is studied through two working hypotheses: 1) baseline situation and 2) optimization of the building envelope insulation. Housing situation is analyzed from a general perspective, while the necessary energy consumption is analyzed from a particular view by calculating CO<sub>2</sub> emissions. The decrease of 24% in thermal load and emissions (of the whole universe) is proved, which is equivalent to 38,422 TOE and 80,675 t of CO<sub>2</sub> in the period examined. The optimization measures adopted correspond to the imposition of Law 13059 on "Energy Efficiency", in force in Buenos Aires Province.

**Keywords:** Social Housing, Energy consumption, GHGs Emissions, Environmental impact