

**AHORRO ENERGÉTICO A PARTIR DEL MEJORAMIENTO DE LA ENVOLVENTE EN VIVIENDAS CARENCIADAS DEL CONURBANO BONAERENSE****Compagnoni, Ana María (1) y Evans, John Martín (2)**

Centro de Investigación, Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria, Buenos Aires, Argentina

- Tel: (011) 4789-6274 -

E-mails: (1) anacompa03@yahoo.com.ar y (2) evansjmartin@gmail.com.**RESUMEN**

La actual crisis energética argentina ha promovido iniciativas tendientes a disminuir el consumo de energía en el hábitat residencial entre las que se incluye el Proyecto 'casas por + energía', programa conjunto de Edenor y la Secretaría de Energía de la Nación, orientado al mejoramiento de viviendas carenciadas del Partido de Moreno, Provincia de Buenos Aires. En este marco se realizó un trabajo de diagnóstico constructivo, condiciones ambientales y confort de los habitantes, conducentes al mejoramiento de condiciones de habitabilidad y rendimiento energético de las viviendas con el fin de reducir el consumo eléctrico destinado a acondicionamiento térmico del hábitat social. Este trabajo tiene como objetivo presentar resultados comparativos obtenidos en la etapa de evaluación energética de las viviendas una vez realizadas las propuestas de mejoramiento de las características constructivas de la envolvente en orden a dar cumplimiento a las Normas IRAM de habitabilidad correspondiente al Nivel Medio. A fin de evaluar efectos producidos por las mejoras, se tomaron como unidades de análisis las viviendas originales, teniendo en cuenta las dos orientaciones dominantes de los módulos. Luego de verificar con planillas electrónicas las condiciones de habitabilidad para la zona, se realizaron simulaciones que permitieron observar reducciones significativas en pérdidas por envolvente y evaluar demanda, costo de electricidad e influencias de aportes solares en relación a la orientación de la vivienda. Los resultados obtenidos permiten observar que en orientaciones favorables el mejoramiento de la envolvente produce una disminución de la demanda superior al 50% que se ve reflejada en la relación entre el costo fijo y el variable y adicionalmente puede observarse que el porcentaje de reducción del consumo por aportes solares se duplica. Esto permite concluir que para lograr condiciones de ahorro energético, el diseño de la envolvente debe equilibrar aspectos constructivos y morfológicos adaptándose a diferentes orientaciones.

Palabras clave: Hábitat social; mejoramiento de la envolvente; ahorro energético**ABSTRACT**

The critical energy situation in Argentina favours actions to reduce energy consumption in social housing, including the 'Houses for +Energy' Project, a program established by Edenor electrical distribution company and the National Energy Secretary, aimed at improving low cost houses in Moreno, Buenos Aires. To improve the living conditions and energy performance of houses, a technical and environmental diagnosis was carried out as well as occupant comfort surveys, in order to reduce electrical consumption for heating of social housing. This paper aims to present comparative results at the energy evaluation stage after proposing construction improvement for the envelope in order to respond to National insulation standards, Intermediate Level. With the aim of evaluating the effects of the proposed improvements, a comparison was made with the original houses, taking into account alternative orientations. After checking living conditions for the specific zone with electronic spread sheets, simulations allowed a rapid detection of significant reductions in heat lost and evaluation of energy demand, electricity costs and solar energy contributions according to house orientation. The results obtained indicate that favourable orientations of the envelope reduce the demand by 50%, reflected in the relation between fixed and variable costs. Additionally it can be observed that solar contribution increases by a factor of two. Finally is possible to infer that to obtain energy savings, envelope design must balance technology and aspects of building form according to orientation.

Keywords: Social Housing; building envelope, energy efficiency

1-INTRODUCCIÓN

La actual crisis energética argentina ha promovido iniciativas tendientes a disminuir el consumo de energía en el hábitat residencial entre las que se incluye el Proyecto ‘casas por + energía’, programa conjunto de Edenor y la Secretaría de Energía de la Nación y el Municipio de Moreno, orientado al mejoramiento de viviendas carenciadas del Barrio Puente Márquez en el Partido de Moreno, Provincia de Buenos Aires. En este marco se realizó un trabajo de diagnóstico constructivo, condiciones ambientales y confort de los habitantes, conducentes al mejoramiento de condiciones de habitabilidad y rendimiento energético de las viviendas con el fin de reducir el consumo eléctrico destinado a acondicionamiento térmico del hábitat social.

Este trabajo se inscribe en el marco de los proyectos de investigación: UBACyT AO20, 2004-07-09: “Certificación de Edificios Sustentables y el Mecanismo del desarrollo limpio aplicado al Sector edilicio”, y PAE 22559, ANPCyT 2007- 2010 “Eficiencia energética en el hábitat construido”, Nodo UBA- Bs. As. El mismo presenta una experiencia de evaluación de eficiencia energética a partir de un trabajo de diagnóstico del parque habitacional en un área residencial carenciada de la localidad de Moreno. El conjunto de viviendas, producto de un plan municipal del año 1980 fue completado espontáneamente por autoconstrucción y cuenta con viviendas en diferente estado de ampliación y modificación de sus condiciones originales.

Se relaciona también con trabajos anteriores a partir de los cuales se detectó la importancia de la implementación de verificación de comportamiento edilicio en combinación con diferentes formas de relevamiento para diagnosticar y proponer mejoras tendientes a optimizar las condiciones de confort y habitabilidad disminuyendo costos energéticos tanto en viviendas existentes como en futuros planes de desarrollo para el hábitat social. (Compagnoni y Evans 2005) y (Compagnoni 2001)

2-OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo presentar resultados comparativos obtenidos en la etapa de evaluación energética de las viviendas una vez realizadas las propuestas de mejoramiento de las características constructivas de la envolvente, en orden a dar cumplimiento a las Normas IRAM de habitabilidad correspondiente al Nivel Medio.



Fig1: Imagen del barrio



Fig. 2: Vivienda adosadas tipo orientada NE/NO

3-METODOLOGÍA

Las propuestas de intervención para mejorar las viviendas se fundamentaron en la búsqueda de soluciones que permitieran lograr mejoras optimizando el comportamiento térmico de esas viviendas y minimizando consumos de energía eléctrica para acondicionamiento térmico en invierno,

considerando que la mayoría de las viviendas utilizan estufas eléctricas para mejorar las condiciones de confort en esta época del año ya que no cuentan con estufas a gas.

El conjunto plantea viviendas adosadas y espejadas de 38m² sobre una superficie de terreno de 150m² y las orientaciones varían así como su forma de acceder (Figs. 1, 2 y 3). A fin de evaluar los efectos producidos por las mejoras constructivas practicadas, se tomaron como unidades de análisis las viviendas originales del barrio, teniendo en cuenta las dos orientaciones dominantes de los módulos NE y NO como buenas orientaciones y SE y SO como orientaciones desfavorables.

En principio se realizaron verificaciones de condiciones de habitabilidad y condiciones de envolvente originales con las planillas Cal-K (Evans y Compagnoni 2002) para lo cual se tomo la vivienda con su sistema constructivo original y teniendo en cuenta las condiciones más comunes en que se encontraban las mismas según los datos obtenidos de encuestas y relevamientos constructivos:

- Un cerramiento horizontal de losa cerámica sin revoque interior, con una capa de compresión y carpeta exterior sin terminación.
- Cerramientos verticales de fachada de bloques de H° A° con revoque a ambos lados y sin aislación hidrófuga vertical
- Una pared medianera de iguales características constructivas que las fachadas y considerada a los efectos de la simulación con pérdidas del 50% respecto de una pared expuesta al exterior por estar expuesta a un ambiente no calefaccionado.

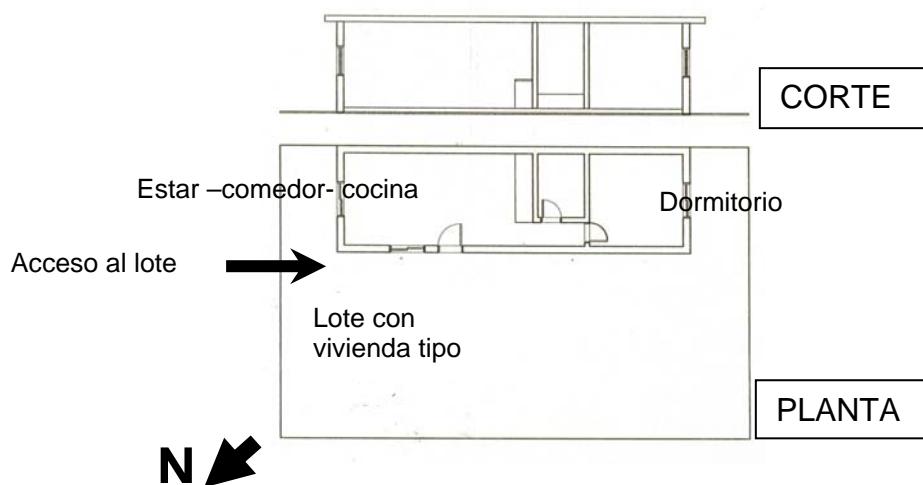


Fig.3: Tipología de vivienda original del barrio con frente al NE y acceso a la unidad por el NO.

Las planillas Cal-K evidenciaron deficiencias del sistema constructivo original que presenta valores de coeficiente de transmitancia térmica K, tanto para techo como para paredes exteriores, que no cumplen con las exigencias del nivel C, Mínimo de la Norma IRAM 11605 para viviendas de interés social (Fig. 4 Valores de K). Adicionalmente se observaron potenciales riesgos de condensación superficial e intersticial según Normas IRAM 11625; 11630 y 11625 en componentes constructivos.

Paralelamente, las simulaciones iniciales con el Evaluador Energético (Evans y de Schiller 2001) permitieron analizar las pérdidas por envolvente y los porcentajes que cada componente aportaba a las pérdidas volumétricas según Normas IRAM 11604. Así se puso en evidencia que, por no responder a las exigencias de valores de transmitancia térmica que recomienda la norma, las viviendas presentan falencias adicionales de orden energético ya que el Coeficiente G de pérdidas por envolvente resultante, supera el valor máximo admisible para la zona y el volumen considerado; lo cual redunda en demandas adicionales de energía para lograr condiciones internas de confort térmico (Fig.5).

EVALUADOR ENERGETICO: DISEÑO Y CONSTRUCCION

Localidad	1 Buenos Aires	Vivienda	Tipo	
Latitud	34	Orientacion	NE y NO	
Envolvente	Material	K	m2	W/K
Techo	8 Losa ceram.120mm +capa compres + carpeta	2.844	42	119.4 30
Paredes	12 bloque Hº 190 mm + revoque a ambos lados	2.285	48.4	110.6 28
Pared medianera	12 bloque Hº 190mm, revocado	2.285	32.4	37.02 9
Ventanas	1 Vidrio simple incoloro 3-5 mm	5.82	3.6	20.95 5
	Tipo (IRAM 11.604)	K/ml	Metros	
Perímetro del piso	6 Sin aislación (zona III y IV)	1.43	18	25.74 6
	Calidad	n/hora		
Renovaciones aire	4 Ventilación normal	2.5	0.33	84.65 21
Volumen edificio	102.6	m3		398
G máximo	Según Vol. y Zona: Norma IRAM 11.604			2.17
G simplificado				3.883 100
Valores de K:	Según espesor de aislación o valor según Norma IRAM 11.601			

Volumen

Superficie cubierta **38**

Altura de locales **2.7**

Volumen calefaccionado **102.6**

Cumplimiento

No cumple

Fig.4: Primer ensayo con Evaluador Energético en vivienda tipo con buena orientación

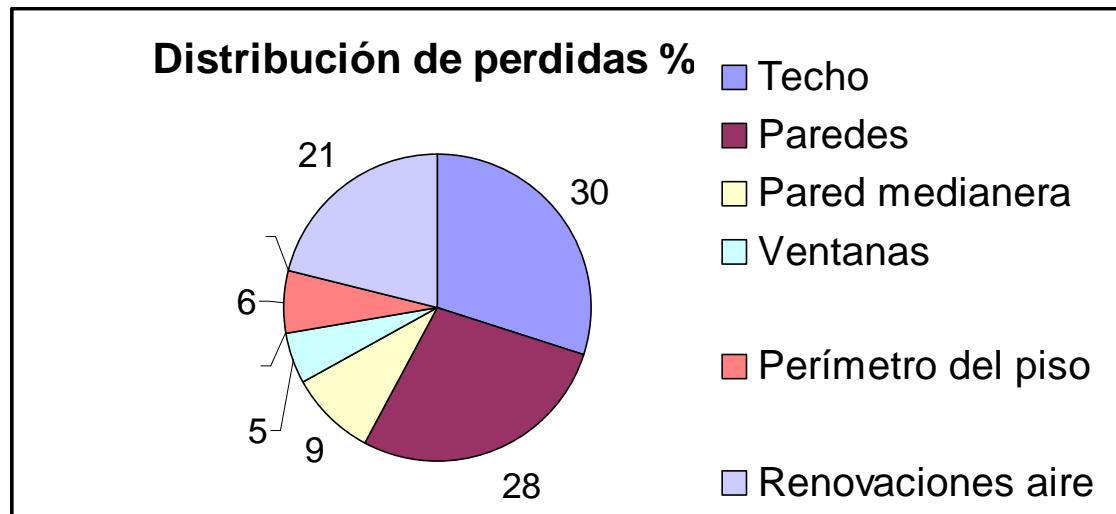
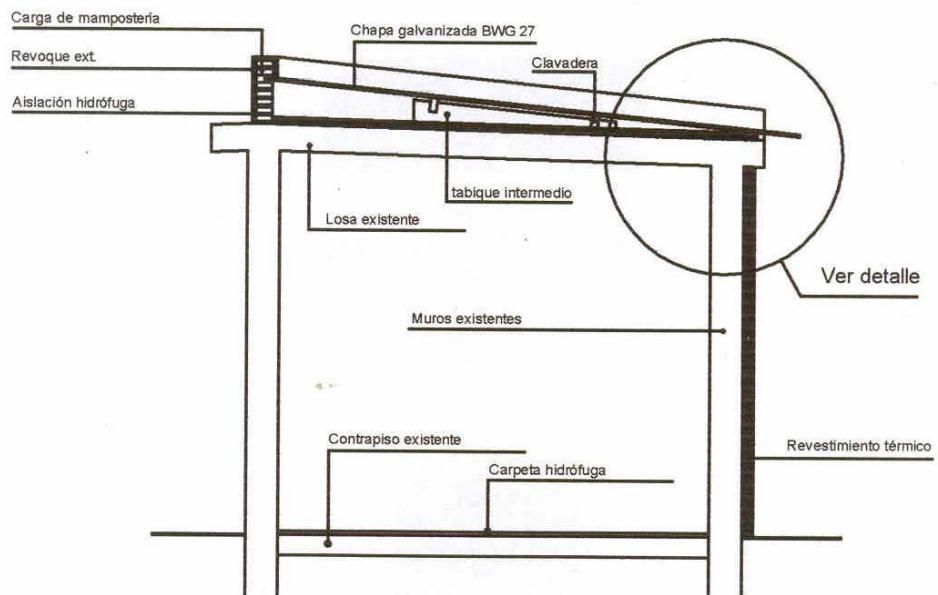


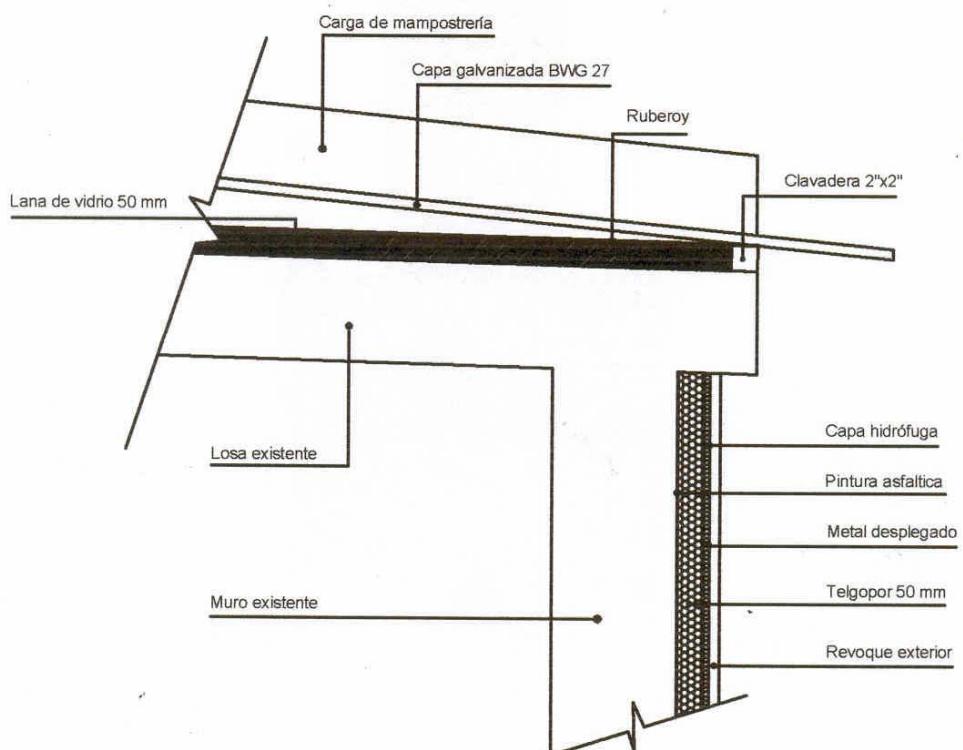
Fig. 5: Distribución de pérdidas en vivienda tipo con buena orientación

Tomando como referencia las viviendas originales del barrio con orientación NE /NO (Ej. Fig. 3), los mayores porcentajes de pérdidas por envolvente se daban en paredes exteriores con un 28 % y en techo con un 30% y en tercer lugar por renovaciones de aire con un 21 %, debido a la mala calidad de las carpinterías. Esto muestra que, casi el 80 % del total de las pérdidas se concentra en estos elementos. (Fig. 5) Por tal motivo se decidió proponer modificaciones prioritariamente en techos y cerramientos exteriores, además de recomendaciones en el uso de burletes y mejoramiento de las carpinterías. (Fig 6).En este sentido la propuesta fue:

- Colocación de techo de chapa con aislación térmica e hidrófuga sobre el techo original
- Recubrimiento de todas las paredes exteriores con aislación térmica cubierta por una malla de metal desplegado para adhesión de los revoques exteriores.
- Mejoras en la calidad de las carpinterías que se evidencian en la cantidad de renovaciones de aire (Ver Fig.8 n/hora)



Corte transversal



Detalle

Fig. 6: Propuesta de mejora constructiva para paredes exteriores y techos

Las mejoras sugeridas fueron producto de sucesivas pruebas con las Planillas Cal-K evaluando resultados con diferentes espesores, materiales y ubicación de aislación térmica para cumplir con el nivel B de la Norma IRAM, considerando economía de recursos, factibilidad de colocación con la vivienda en uso y facilidad de mantenimiento.

Luego se realizó un segundo ensayo con el Evaluador Energético adaptando la versión original basada en el consumo de gas, al consumo de energía eléctrica de modo tal que permitiera hacer una evaluación de las modificaciones en el consumo y relacionarlas con las mejoras constructivas así como analizar los porcentajes de pérdidas por envolvente que cada componente aportaba a las pérdidas volumétricas según Normas IRAM 11604. También fue posible evaluar demanda, costo de electricidad e influencias de aportes solares en relación a la orientación.

EVALUADOR ENERGETICO: DISEÑO Y CONSTRUCCION																			
Localidad	1 Buenos Aires			Vivienda	Mejorada														
Latitud	34			Orientacion	NE y NO														
Envolvente	Material	K	m2	W/K	%														
Techo	8 Losa ceram.120mm + 50mm aislac+camara 170mm+ ch	0.589	42	24.74	13														
Paredes	12 pared bloque Hº revocada + 50mm aislac + revoque	0.554	48.4	26.81	14														
Pared medianera	12 bloque Hº 190mm, revocado	2.285	32.4	37.02	20														
Ventanas	1 Vidrio simple incoloro 3-5 mm	5.82	3.6	20.95	11														
	Tipo (IRAM 11.604)	K/ml	Metros																
Perímetro del piso	6 Sin aislación (zona III y IV)	1.43	18	25.74	14														
	Calidad	n/hora																	
Renovaciones aire	3 Ventilación controlada	1.5	0.33	50.79	27														
Volumen edificio	102.6	m3		186															
G máximo	Según Vol. y Zona: Norma IRAM 11.604			2.17															
G simplificado				1.813	100														
Valores de K:	Según espesor de aislación o valor según Norma IRAM 11.601																		
Fig. 7: Segundo ensayo en vivienda mejorada con buena orientación																			
Distribución de pérdidas % <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Techo</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>Paredes</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Pared medianera</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Ventanas</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Perímetro del piso</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Renovaciones aire</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>						Componente	Porcentaje (%)	Techo	27	Paredes	14	Pared medianera	20	Ventanas	11	Perímetro del piso	14	Renovaciones aire	13
Componente	Porcentaje (%)																		
Techo	27																		
Paredes	14																		
Pared medianera	20																		
Ventanas	11																		
Perímetro del piso	14																		
Renovaciones aire	13																		

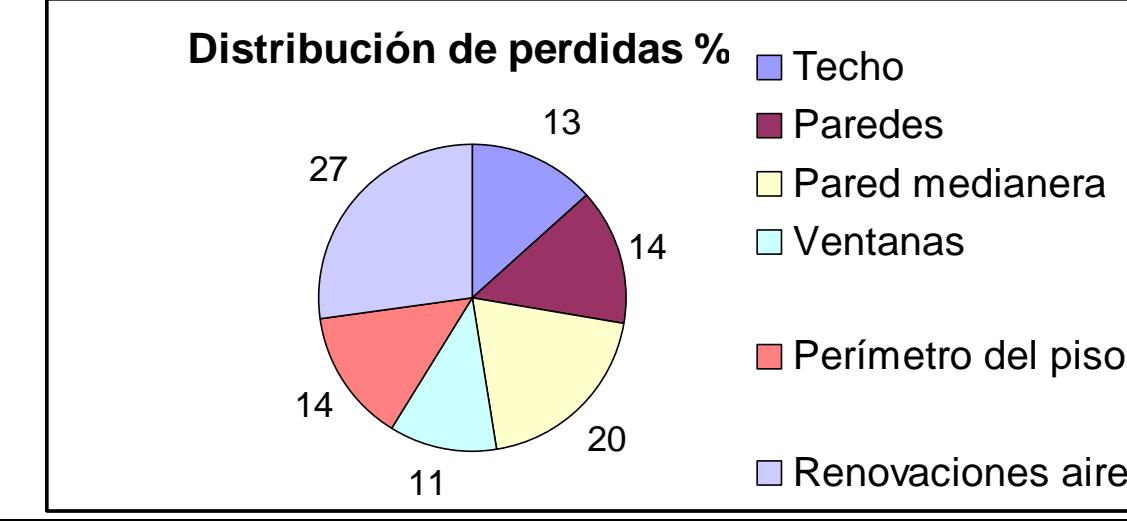


Fig. 8: Distribución de pérdidas en vivienda mejorada con buena orientación

4-RESULTADOS

EL segundo ensayo con Evaluador Energético permitió ratificar las mejoras operadas en la envolvente al verificar que el valor de G alcanzado es inferior al máximo admisible. (Fig. 7) Adicionalmente se observan reducciones de un 50 % en las pérdidas por envolvente para muro exterior y techo, respecto de los que presentaba la vivienda tipo en relación al total de pérdidas. Aunque estos resultados implican un aumento del resto de los porcentajes en relación al total, el mecanismo permite verificar las bondades aportadas por las mejoras en los elementos constructivos que se modificaron. (Fig. 8)

EVALUADOR DE DEMANDA: ENERGIA		
Costo de energía electrica	Eficiencia artefacto	Electricidad
Cargo fijo por bimestre 9.140	1. Lampara 100	Regimen de tarifa 1. Bs As
Costo / KWhr 0.070	2. Estufa 100	Cargo fijo 9.14
Eficiencia artefacto 1.000	3. Otro 100	Costo elec \$/KWhr 0.07
Grados días de calefacción	Control de temperatura	Impuestos %
Grados Dias 18° C 991	Sistema utilizada %	0.00
Grados Días 18° C 991	1. Manual 30	Subsidio % 0
Demanda energía	Ahorros	Facturas/año
Kwatt horas anuales 9473	Ganancias solares 1	6
KWhrs (sol+ocupantes) 7206	Temperatura de diseño 0	
Cargo fijo anual 55	Protección de Viento 2	
Cargo variable 655.76	Total Ahorros 3	
Costo anual calefacción 710.60	Factor de forma (m ² /m ³) 1.07	
Emisiones (Kg/KWhr)	G Coef Vol de Pérdida de calor	Huella ecológica
0.5	W/m ³ K (IRAM 11.604) 3.88	Hectáreas 0.801
GEI CO ² anual 3603.1		
Dias anuales calefacción 186	Cost de calefacción / día 3.81	

Fig. 9: Resultados energéticos en vivienda tipo bien orientada

EVALUADOR DE DEMANDA: ENERGIA		
Costo de energía electrica	Eficiencia artefacto	Electricidad
Cargo fijo por bimestre 9.140	1. Lampara 100	Regimen de tarifa 1. Bs As
Costo / KWhr 0.070	2. Estufa 100	Cargo fijo 9.14
Eficiencia artefacto 1.000	3. Otro 100	Costo elec \$/KWhr 0.07
Grados días de calefacción	Control de temperatura	Impuestos %
Grados Dias 18° C 991	Sistema utilizada %	0.00
Grados Días 18° C 991	1. Manual 30	Subsidio % 0
Demanda energía	Ahorros	Facturas/año
Kwatt horas anuales 4424	Ganancias solares 5	6
KWhrs (sol+ocupantes) 2334	Temperatura de diseño 0	
Cargo fijo anual 55	Protección de Viento 1	
Cargo variable 212.37	Total Ahorros 6	
Costo anual calefacción 267.21	Factor de forma (m ² /m ³) 1.07	
Emisiones (Kg/KWhr)	G Coef Vol de Pérdida de calor	Huella ecológica
0.5	W/m ³ K (IRAM 11.604) 1.81	Hectáreas 0.259
GEI CO ² anual 1166.8		
Dias anuales calefacción 155	Cost de calefacción / día 1.72	

Fig. 10: Resultados energéticos en vivienda mejorada bien orientada

Adicionalmente, los resultados obtenidos permiten observar que en orientaciones favorables el mejoramiento de la envolvente produce una disminución de la demanda superior al 50% que se ve reflejada en la relación entre el costo fijo y el variable y puede observarse además que el porcentaje de reducción del consumo por aportes solares se duplica. (Fig. 9 y 10)

Por otra parte, en orientaciones desfavorables se verifican iguales porcentajes de disminución de pérdidas por envolvente en tanto que la demanda tampoco presenta grandes diferencias respecto de los valores que se obtienen en viviendas con buena orientación. En cuanto a los costos energéticos anuales por calefacción, estos se redujeron en un 63% mientras que la incidencia del cargo fijo sobre el costo final pasa de un 7.7 % a un 20% en las viviendas mejoradas.

En otro orden de cosas, los resultados también muestran una reducción de emisiones de gases efecto invernadero al ambiente aproximada al 70% respecto de las producidas por las viviendas originales.

5-CONCLUSIONES

Para una misma tipología de vivienda, las pérdidas por envolvente no varían significativamente con la orientación sino con la mejora de las características térmicas de los componentes constructivos.

Para lograr condiciones de ahorro energético, el diseño de la envolvente debe equilibrar aspectos constructivos y morfológicos adaptándose a diferentes orientaciones, teniendo en cuenta que los aportes térmicos de ventanas bien orientadas se potencian al combinarse con soluciones constructivas adecuadas para la envolvente en relación a los condicionantes del entorno.

La adaptación de esta planilla permitió sacar conclusiones sobre consumo de energía eléctrica para calefacción en invierno, pero la misma no está diseñada para evaluar energéticamente condiciones estivales por lo que se sugiere avanzar en el desarrollo de una versión que contemple estas condiciones ya que el consumo de energía eléctrica para refrescamiento de las viviendas en Buenos Aires resulta crítico en horas pico de verano, perjudicando especialmente al hábitat popular.

6-REFERENCIAS

- EVANS, JOHN M. Y DE SCHILLER, SILVIA; 2001. **“Evaluador Energético: Método de verificación del comportamiento energético y ambiental de viviendas”** Revista de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente Pag. 07.49-07.53 INENCO, Salta
- COMPAGNONI, ANA M. Y DE SCHILLER, SILVIA; 2000, **“Parámetros de sustentabilidad. Análisis de normativas ambientales en Buenos Aires”**, pag 07.17, Tomo 2, AERMA, Inenco, Salta.
- COMPAGNONI, ANA M.; 2001. **“Análisis de eficiencia energética e impacto ambiental de tecnologías constructivas en vivienda de interés social.”** Revista de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente AERMA, Inenco, Salta.
- EVANS, JOHN M. Y COMPAGNONI, ANA M.; 2002. **”Características térmicas de Elementos constructivos: Planillas de evaluación”** Comunicación en Revista de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente, Vol 6 Pag 05.05-05.06 AERMA, Inenco, Salta.
- COMPAGNONI, ANA M. ET AL; 2003 **“Comportamiento térmico en viviendas de interés social. Mediciones pos- ocupación y simulaciones como herramientas de evaluación de variables de diseño”** Publicado en actas del VII Encontro Nacional sobre Confort no Ambiente Construido ENCAC- COTEDI, Pag. 409 Paraná, Brasil.
- COMPAGNONI, ANA M. Y EVANS, JOHN M.; 2005. **“Evaluación de calidad de construcción y eficiencia energética en vivienda de interés social”** Art. N° AB19 Pag. 67 de las memorias del IV Congreso Latinoamericano sobre Confort y Eficiencia Energética de las Edificaciones COTEDI, México.