

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN TÉRMO–ENERGÉTICA DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL DEL NEA. COMPARACIONES DE DESEMPEÑO MEDIANTE SIMULACIONES CON “ECOTECT”

Di Bernardo, A.; Jacobo, G. J; Alias, H. M.;

Cátedra *Estructuras II*. Área de la Tecnología. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste
Campus Resistencia – Av. Las Heras 727 – 3500 Resistencia – Chaco - Argentina

Tel: (03722) 425573 - e-mail: alvarodibernardo@hotmail.com / heralias@arq.unne.edu.ar / gjjacobo@yahoo.com

RESUMEN: Se realizó una propuesta teórica de mejoramiento de los diseños tecnológico–constructivos implementados en las envolventes perimetrales exteriores de dos tipologías representativas de viviendas de interés social de las provincias de Corrientes y Chaco (NEA), tras un análisis (realizado en un trabajo anterior) de sus desempeños higrótérmicos y energéticos, que evidenció el bajo nivel tecnológico – constructivo e higrótérmico de las mismas, que además de producir discomfort sobre los usuarios, ocasionan un consumo excesivo de energía eléctrica por la incorporación de equipos electromecánicos para generar las condiciones interiores de habitabilidad mínimas necesarias. Mediante el software “ECOTECT versión 5.20”, se realizaron comparaciones de los desempeños higrótérmicos y energéticos, tanto de la situación real como de las situaciones optimizadas propuestas, verificándose, en éstas últimas, mejoras del desempeño térmico y energético.

Palabras Clave: rediseño tecnológico / constructivo / higrótérmico – viviendas - ECOTECT

1. INTRODUCCIÓN

Del análisis de variables situacionales, relacionales y tecnológicas realizado en forma conjunta sobre tipologías de vivienda implementadas masivamente en las provincias de Corrientes y Chaco a través de planes nacionales, desde el año 1970 a la fecha, y luego de la realización de simulaciones dinámicas mediante el software ECOTECT, se desprende que dichas tipologías poseen en general un bajo nivel de habitabilidad higrótérmica, con altos porcentajes de discomfort mensuales durante todo el año (Di Bernardo et al, 2007), para lo que es necesario un alto consumo de energía eléctrica, mediante la instalación de equipos electromecánicos para generar las condiciones de confort de los usuarios. Un factor incidencia preponderante sobre las condiciones de confort es el material constitutivo empleado y tecnología aplicada en la envolvente constructiva de la vivienda (paredes perimetrales externas y techos). También lo son la orientación de los espacios interiores más significativos (de uso cotidiano y prolongado) y la forma del objeto arquitectónico (Factor de Forma). El objetivo es estudiar soluciones tecnológicas teóricas de diseño de las envolventes de viviendas de interés social del NEA, tendientes a producir mejoras en el desempeño térmico y energético de las mismas para su aplicación en próximos emprendimientos a ejecutarse dentro del ámbito regional. Dicha optimización se verificaría mediante la aplicación del soporte informático ECOTECT. Como última etapa, está prevista la contrastación con situaciones medidas para los prototipos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

	Tecnología de Construcción	Porcentajes de Confort Anual				Promedio
		Estar Comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	
U 01	Tradicional - Mamp. Lad. Comunes	74,60	75,80	76,80	76,10	75,83
U 02	Tradicional - Mamp. Lad. Cer. Huecos	73,30	76,20	76,00	-	75,17
U 03	Tradicional - Mamp. Lad. Cer. Huecos	76,50	76,00	75,90	-	76,13
U 04	Tradicional - Mamp. Lad. Cer. Huecos	76,60	76,00	76,10	-	76,23
U 05	Tradicional - Mamp. Lad. Cer. Huecos	75,40	75,00	76,20	-	75,53
U 06	Tradicional - Mamp. Lad. Comunes	76,30	75,90	74,70	74,10	75,25
U 07	Tradicional - Mamp. Lad. Cer. Huecos	77,00	76,30	75,40	75,80	76,13
U 08	Tradicional - Mamp. Lad. Comunes	76,80	76,80	76,80	75,70	76,53
U 09	Tradicional - Mamp. Lad. Comunes	76,10	75,60	76,10	75,80	75,90
U 10	Tradicional - Mamp. Lad. Cer. Huecos	74,10	75,80	72,90	76,80	74,90
U 11	Tradicional - Mamp. Lad. Cer. Huecos	75,30	75,90	76,30	77,10	76,15
U 12	Tradicional - Mamp. Lad. Comunes	75,30	77,20	75,90	75,40	75,95
U 13	Prefabricada - Panel de Madera	74,40	73,70	71,10	-	73,07
U 14	Tradicional - Mamp. Lad. Comunes	76,70	75,00	75,70	-	75,80
U 15	Prefabricada - Panel de Madera	78,00	76,40	73,50	-	75,97
U 16	Prefabricada - Panel de Hormigón	76,50	76,30	75,50	-	76,10
U 17	Prefabricada - Panel de Madera	72,40	73,20	72,40	73,30	72,83

Tabla I: Se destacan, en fondo gris, las UA seleccionadas para aplicar los criterios correctivos, de entre todas las tipologías de viviendas de interés social implementadas masivamente en las provincias de Corrientes y Chaco, cuyo desempeño térmico – energético fue estudiado y simulado en un trabajo anterior mediante la aplicación de la herramienta informática ECOTECT.

La selección de las UA a ser optimizadas se efectuó tras un análisis, realizado en un trabajo anterior (Di Bernardo et al, op. cit.), de los desempeños higrotérmicos y energéticos de diecisiete (17) tipologías de viviendas de interés social de NEA. Las UA seleccionadas para aplicar los criterios correctivos son las que presentan los porcentajes mas bajos de confort anual del conjunto (ver Tabla I). En ambos casos las propuestas de rediseño planteadas no tienen por objetivo principal el de modificar completamente la arquitectura de la UA (prototipo), sino que se promueve potenciar la eficiencia de su comportamiento higrotérmico por medio de correcciones mejoradoras del partido, morfología y otras características particulares de la vivienda. Dichas UA fueron:

- **UA #“10”:** “**Barrio Los Troncos**”, **Resistencia, Chaco** (figura 1, arriba) : se trata de una vivienda social organizada en dos plantas construida en base a una técnica constructiva tradicional húmeda de mampuestos de ladrillos cerámicos huecos de 18 cm de espesor.
- **UA #“17”:** “**MADECOR**”, **Bella Vista, Corrientes** (figura 1, abajo): es una vivienda social de una sola planta con un sistema prefabricado de paneles de madera tipo sándwich.

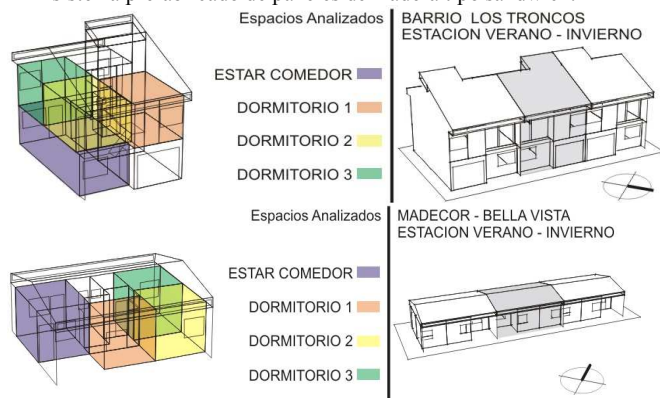


Figura 1: Esquemas de la modelización de las UA, efectuada para la simulación con ECOTECT

3. PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN

Los criterios de optimización fueron los siguientes:

- 3.1. Buscar la mejor orientación para los espacios más significativos,
- 3.2. Ventilar la cámara del techo,
- 3.3. Posibilitar la ventilación cruzada en todos los espacios,
- 3.4. Rediseñar el componente de la envolvente perimetral vertical: el rediseño de los cerramientos de la envolvente se realizó según las exigencias de habitabilidad recomendadas por la normativa IRAM de acondicionamiento térmico de edificios. Para el clima cálido-húmedo es necesario aumentar la resistencia térmica de los cerramientos, recomendable tanto desde el punto de vista del aislamiento térmico como de las condensaciones. Para la UA N°10 la propuesta consiste en un muro doble con cámara de 5 cm con material aislante en su interior (poliestireno expandido). Para el exterior se utilizó el ladrillo cerámico hueco de 8 cm de espesor ya que el coeficiente de transmisión es menor al ladrillo común utilizado en el interior. También se consideró a la superficie exterior con colores claros para reducir la absorción por radiación.

Para la UA N°17, los criterios adoptados fueron los mismos que para el caso anterior, con la particularidad de que el rediseño del componente de la envolvente perimetral consideró hacer uso de un componente ya diseñado y verificado en un trabajo anterior (Alías y Jacobo, 2003). Se buscó verificar su comportamiento en esta vivienda para mejorar las condiciones de habitabilidad internas: *El componente de cerramiento lateral, envolvente, es del tipo “sandwich”, de simple cerramiento y está rigidizado por un bastidor que incluye una solera inferior y otra superior. El bastidor está recubierto en ambas caras por tablas de madera machimbrada de ½” de espesor, y en los interespacios entre parantes y horizontales del bastidor, se plantea un relleno de material aislante (viruta mediana de madera). El revestimiento exterior tipo “siding” de 1” de espesor, clavado sobre tirantes de madera, protege contra la intemperie, generando por detrás una cámara de aire débilmente ventilada que brinda mayores niveles de aislación térmica y acústica, permitiendo su recambio o reposición sin comprometer la habitabilidad del edificio. Este panel, con un espesor nominal de 0,20m, tiene una transmitancia térmica de 0,47 W/m²°C, lo que lo sitúa en un nivel A (óptimo) de construcción (para verano), y en un nivel B (medio) para invierno, según IRAM 11605/96. Dicho componente no presenta riesgo de condensaciones superficiales ni intersticiales en invierno, según verificaciones con el método propuesto por IRAM 11625/99.*

4. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LAS PROPUESTAS DE REDISEÑO TECNOLÓGICO-MORFOLÓGICO-CONSTRUCTIVO

A continuación se expondrá el análisis dinámico realizado sobre el comportamiento higrotérmico, por medio de la aplicación informática “ECOTECT”, de las propuestas de diseño optimizado desarrolladas para las dos UA seleccionadas:

4.1. TEMPERATURAS POR HORA en la UA #“10”: “BARRIO LOS TRONCOS”, RESISTENCIA, CHACO

La figura 2 muestra la temperatura por hora de los espacios interiores más representativos de la vivienda, correspondiente al 4 de Enero. Las líneas punteadas representan los valores climáticos externos de los días seleccionados, mientras que las líneas sólidas se corresponden con los valores de temperatura ambiental de los espacios interiores. Luego de aplicar los distintos factores correctivos, el comportamiento higrotérmico de los ambientes evidencia un mejor comportamiento con respecto al prototipo original reduciéndose las temperaturas interiores un promedio de 2° C en las distintas horas del día, acercándose más al límite superior admisible del área preestablecida de confort (20° C - 29° C). En invierno, no se observan grandes

mejoras, las máximas aumentan sensiblemente en el Estar-Comedor y en los Dormitorios 1 y 2 con respecto al prototipo original.

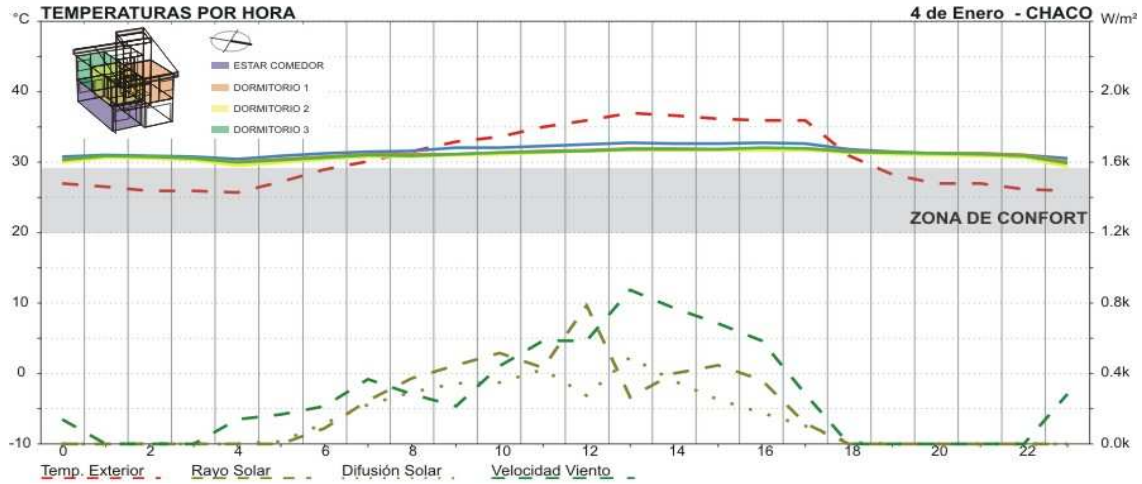


Figura 2: Temperaturas por hora en la propuesta de mejoramiento para el verano.

4.2. PERFORMANCE ENERGÉTICA DE LA SUPERFICIE VERTICAL DE INTERCAMBIO en la UA #“10”:

La “Performance Energética” (tabla II) se refiere a las “ganancias” o “pérdidas” energéticas de la envolvente perimetral vertical (paredes) por unidad de superficie vertical de intercambio (se consideran solamente las caras expuestas de los espacios analizados: Estar Comedor, Dormitorio 1, 2 y 3). Con el rediseño de la envolvente (se reemplazó el uso del paramento exterior de “mampostería tradicional” -ladrillos cerámicos huecos de 18 cm de espesor-, por una “pared doble” -ladrillos comunes de 12 cm, ladrillos cerámicos huecos de 8 cm y una cámara rellena de material aislante de 5 cm-) se mejoró el desempeño energético, cuantificado por medio de la evaluación de la Transmitancia Térmica (K), con un valor original de “K” = 1,69 W/m²°C en la situación original real, a un valor de “K” = 1,09 W/m²°C en la propuesta de mejoramiento, lo que lo sitúa en un nivel “B” (medio) de construcción según norma IRAM 11605/96. Así, el consumo energético en la propuesta de mejoramiento, para mantener las condiciones higrotérmicas adecuadas por unidad de superficie vertical de intercambio (performance energética), se redujo en un **32%** durante el período estival y en un **24%** durante el período invernal, con respecto a la situación original..

Prototipo	Material de la Envolvente	Estación	Estar Comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Gan./Perd.	S.V.I. **	Perf. E.***
			Watts	Watts	Watts	Watts			
Original	Ladrillos Huecos esp. = 18 cm	Verano	6088	1444	790	1055	9377	30	313
		Invierno	-25138	-5485	-2456	-3735	-36814		-1227
Rediseñado	Pared Doble esp. = 30 cm	Verano	5112	1044	1099	649	7904	37	214
		Invierno	-22248	-4538	-4796	-2833	-34415		-930

Tabla II: Cuadro comparativo del análisis del comportamiento térmico de la envolvente constructiva vertical de la UA según la situación real y la propuesta de mejoramiento. Se observa una reducción sustancial del consumo energético en la propuesta de mejoramiento debido a la pérdida o ganancia de energía térmica anual para climatización. Arriba: Comportamiento térmico de la envolvente según la situación real. Abajo: Comportamiento térmico de la envolvente según la propuesta de mejoramiento.

4.3. TEMPERATURAS POR HORA en la UA #“17”: “BARRIO MADECOR”, BELLA VISTA, CORRIENTES

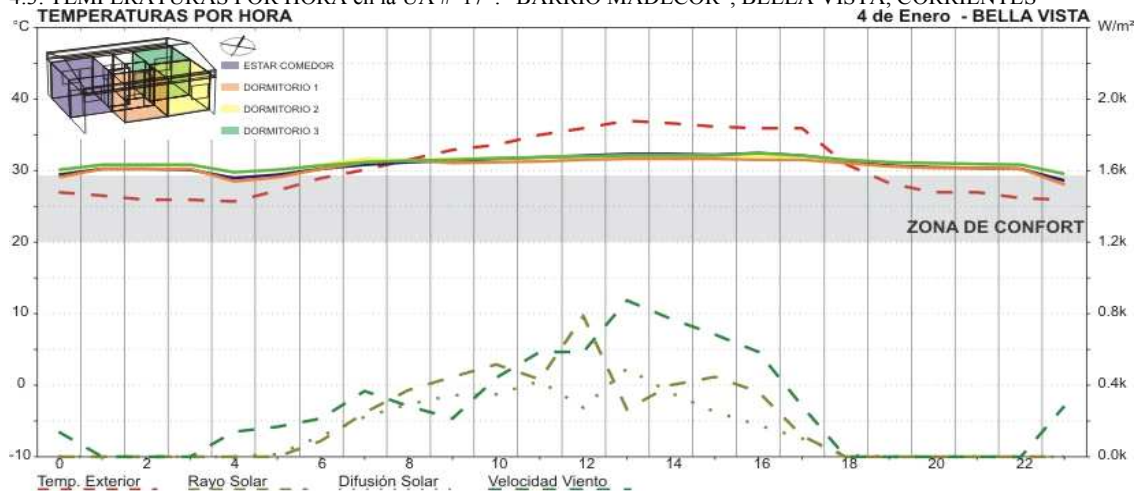


Figura 3: Temperaturas por hora en la propuesta de mejoramiento para el verano.

Si bien el comportamiento higrotérmico de los ambientes, luego de aplicársele los factores correctivos, oscilan según las máximas y mínimas externas, se evidencia un mejor comportamiento con respecto al prototipo original, reduciéndose las temperaturas interiores alrededor de 2° C en las distintas horas del día, acercándose más a los límites admisibles del área preestablecida de confort regional (20° C en invierno y 29° C en verano). Así, la vivienda tiene un comportamiento higrotérmico más favorable durante el período estival.

4.4. PERFORMANCE ENERGÉTICA DE LA SUPERFICIE VERTICAL DE INTERCAMBIO

La “Performance Energética” se expone en tabla III. Con el rediseño del componente constructivo perimetral vertical se mejoró el valor de la “Transmitancia Térmica” “K” = 0,97 W/m²°C en la situación original, a un valor de “K” = 0,47 W/m²°C, ubicándolo en el nivel “A” (óptimo recomendado) de construcción para verano, y en un nivel B (medio) para invierno, según la norma IRAM 11605/96. De esta manera el porcentual de consumo energético para alcanzar el confort térmico por unidad de superficie vertical de intercambio (performance energética) se redujo en un 24% durante el período estival y en un 17% durante el período invernal, con respecto a la situación original.

Prototipo	Material de la Envoltente	Estación	Estar Comedor Watts	Dormitorio 1 Watts	Dormitorio 2 Watts	Dormitorio 3 Watts	Gan./Perd. Watts	S.V.I. ** (m2)	Perf. E.*** W/m2
Original	Panel de Madera esp. = 5,1 cm	Verano	2195	1237	905	839	5176	36	144
		Invierno	-8850	-4933	-3472	-3090	-20345		-565
Rediseñado	Panel de Madera esp. = 20 cm	Verano	2336	685	559	557	4137	38	109
		Invierno	-9995	-2973	-2419	-2393	-17780		-468

Tabla III: Cuadro comparativo del análisis del comportamiento térmico de la envoltente constructiva vertical de la Unidad de Análisis según la situación real y la propuesta de mejoramiento. Se observa una reducción sustancial del consumo energético en la propuesta de mejoramiento debido a la pérdida o ganancia de energía térmica anual para climatización. Arriba: Comportamiento térmico de la envoltente según la situación real. Abajo: Comportamiento térmico de la envoltente según la propuesta de mejoramiento.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante las propuestas teóricas de mejoramiento higrotérmico y energético realizadas, se verifica una disminución del consumo de energía eléctrica para climatización de los espacios interiores de las dos viviendas estudiadas, mejorando los niveles interiores de confort higrotérmico, los que superan ampliamente el 80% del tiempo anual. Vale aclarar que se llega a este valor si se considera a la zona de confort entre 19°C y 29°C, pues el programa ECOTECT proporciona valores numérico pares y solo considera una franja de de confort entre los 20°C a los 28°C. Vale citar como ejemplo el caso de UA #17, en donde el aumento verificado teóricamente ronda el 7 % en cuanto al bienestar higrotérmico en los ambientes más significativos de la vivienda (Estar Comedor y Dormitorios). Este incremento porcentual representa un importante ahorro energético durante el periodo de uso del objeto (vivienda social). Considerando su vida útil, estimada en 40 años, se obtienen 1.014 días en total, o su equivalente de 2,77 años de reducción del consumo energético para la climatización artificial. A priori, resultaría sesgado afirmar que la reducción del consumo energético regional puede basarse solo en aplicar una solución tecnológica, pero las tipologías constructivas analizadas y rediseñadas, representan sin grandes diferencias a la totalidad del Universo de las viviendas construidas y en construcción (oficiales y privadas) en el NEA, por lo que se puede inferir que es posible una reducción general del consumo energético con solo mejorar la calidad del diseño tecnológico y arquitectónico; que la magnitud de la reducción del consumo puede ser de un tercio del consumo total máximo registrado.

6. CONCLUSIONES

Con la aplicación de factores de diseño, como mejor orientación para los espacios más significativos, ventilación cruzada en todos los espacios, ventilación de la cámara del techo y rediseño del componente de la envoltente vertical, se logran reducir notablemente los consumos energéticos para mantener el confort en los ambientes a lo largo del año. Estas verificaciones se lograron teóricamente a través de la aplicación de una herramienta informática específica (ECOTECT) para trabajar con múltiples variables y con situaciones reales, cuyo resultado fue la verificación de que la disminución y ahorro del consumo energético, en equipamientos habitacionales en el NEA, se logra a partir de un ahorro de energía, especialmente la usada para el acondicionamiento del aire. Cuando se reemplazaron los paramentos originales por las nuevas propuestas de envoltentes, en todos los casos el índice de consumo energético para mantener el confort por unidad de superficie se redujo, un 39% durante el verano y un 30% durante el invierno. La instrumentación de las medidas de mejoramiento no supondría costos mucho mayores: el principio a seguir es que todo nuevo gasto destinado a mejorar el rendimiento energético de una solución constructiva debe confrontarse con lo que es capaz de aportar en el plan energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Di Bernardo, A.; Jacobo, G. J.; Alias, H. M. (2007). *Comportamiento térmico-energético de viviendas de interés social en la región NEA, por medio de la aplicación de la herramienta informática “ECOTECT”*. Informe Final Beca Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- Alias, H. M. y Jacobo, G. J. (2003). *Desarrollo y aplicación de criterios de eficiencia energética en construcciones en madera en el NEA, aplicando parámetros de habitabilidad y rendimiento higrotérmico*. Informe Final Beca Perfeccionamiento Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.

ABSTRACT: It was made a proposal of improvement of the technological-constructive designs implemented in the walls that conforming the shell of two representative types of houses of social interest of the counties of Corrientes and Chaco (NEA), after an analysis (made in a previous work) of their hygro - thermal and energetics performances that showed the low technological-constructive and hygro - thermal level of the same ones, that besides producing discomfort on the users, they cause an excessive consumption of electric power for the incorporation of electromechanical HVAC units to generate the habitability interior minimum necessary conditions. By means of the software "ECOTECT version 5.20", they were made comparisons of the hygro - thermal and energetics performances, so much of the real situation as of the improved proposals situations, being verified, in these last, substantial improvements of the performance, so much thermal as energetic. **Keywords:** technological / constructive / hygrothermal remake - houses - ECOTECT