

DESEMPEÑO TÉRMICO-ENERGÉTICO DE VIVIENDAS SOCIALES DEL NEA. SIMULACIONES CON LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA “ECOTECT”

Di Bernardo, A.; Jacobo, G. J.; Alías, 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: dibernardo@hotmail.com / heralias@arq.unne.edu.ar / gijacobo@yahoo.com

RESUMEN: El objetivo es realizar un análisis de los diseños tecnológico-constructivos implementados en las viviendas de interés social del NEA, para poder proponer soluciones superadoras en futuros emprendimientos. Como Unidades de Análisis se consideraron tipologías de viviendas implementadas masivamente en las provincias de Corrientes y Chaco a través de planes nacionales, desde el año 1970 a la fecha. Se verificó que el software “ECOTECT versión 5.20”, posibilita estudiar el comportamiento dinámico térmico-energético, a nivel espacial de las viviendas, procesando en poco tiempo gran volumen de información, y que por la naturaleza visual de regeneración del cálculo resulta muy útil en fases iniciales del proyecto. Se detectaron deficiencias higrotérmico - constructivas en el parque habitacional de interés social del NEA, que además de producir *discomfort* sobre los usuarios, ocasionan un consumo excesivo de electricidad por la incorporación de equipos electromecánicos para generar las condiciones interiores de habitabilidad mínimas necesarias.

Palabras Clave: desempeño energético / térmico - viviendas de interés social – ECOTECT

1. INTRODUCCIÓN

En el NEA, cuando la temperatura del aire alcanza el valor de 30° C, la gran mayoría de usuarios que posee equipos electromecánicos de acondicionamiento ambiental instalados, los pone en servicio, y de manera casi simultánea. Si estuvieran adecuadamente materializados los cerramientos perimetrales de los edificios, con dicha temperatura solo se necesitaría activar la ventilación artificial en los espacios interiores. Debido a esta situación la mayoría de las edificaciones posee equipos electromecánicos de acondicionamiento ambiental, que trabajan un promedio de 12 horas al día en el período estival. Otro factor que incide en esta situación es el uso masivo de la tecnología de la construcción “tipo FONAVI” en todo tipo de obra arquitectónica, sea un emprendimiento oficial o privado, la cual es realmente baja en “inversión inicial”, pero de altos costos durante toda la vida útil del edificio, debido al mantenimiento continuo que debe ser realizado, a los altos costos energéticos que genera y a la reducción de la calidad de vida de los usuarios (Hreňuk y Jacobo, 2002).

El objetivo del trabajo es realizar un estudio y análisis crítico de los diseños tecnológico-constructivos implementados en las viviendas de interés social de la región NEA, con respecto al comportamiento dinámico térmico-energético, a nivel espacial del edificio.

Se parte de la hipótesis según la cual las patologías higrotérmico - constructivas verificables en el parque habitacional de interés social existente en el NEA, generan el efecto de *discomfort psicofísico* sobre los usuarios de las mismas, lo que ocasiona a su vez un consumo excesivo de energía eléctrica por la incorporación de equipos electromecánicos a los ambientes interiores para generar las condiciones de habitabilidad mínimas necesarias en los mismos.

Además, el estudio sistemático, mediante el soporte informático ECOTECT, del comportamiento dinámico térmico-energético de viviendas de interés social regionales, permitiría detectar las debilidades en el diseño formal-tecnológico-constructivo implementados y así proponer recomendaciones de diseño (tecnológicas y formales si fueran necesarias) tendientes al logro de soluciones mejoradoras y recuperadoras del parque habitacional regional existente, y para futuros emprendimientos regionales habitacionales de interés social.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los casos de viviendas analizados de las ciudades del NEA o Unidades de Análisis (UA) se exponen en tabla I, y representan una mayoría significativa entre los prototipos de viviendas implementados, abarcando casi el 80% de las tipologías ejecutadas en el NEA, pues los partidos arquitectónicos, organizaciones formales y espaciales y soluciones tecnológico-constructivo-estructural son similares, variando solamente en dimensiones y en algunos tipos de materiales de construcción. Por tal motivo se procedió al análisis dinámico de las mismas aplicando una herramienta informática que permite procesar la información de todas las UA considerando todas las variables climáticas de la Región NEA y según las condiciones reales de emplazamiento geográfico y de materialización constructiva.

El programa, al ofrecer una interfaz 3D de modelización, permitió simular a cada UA tal cual se la ve en la realidad, incluyendo sus viviendas vecinas, considerando a cada espacio interior como una zona térmica distinta. Los únicos elementos que se obviaron fueron los detalles de las fachadas como molduras o reuñidos para simplificar la geometría del objeto al no producir variaciones importantes en el comportamiento global térmico-energético de los espacios interiores a analizar.

Una vez modelada cada UA, se debió asignar los materiales de cada componente edificio, eligiendo de la biblioteca del programa según la superficie (paredes, entresijos, techos, aberturas) sus propiedades de acuerdo a sus capas constitutivas (cada material ya tiene cargado los respectivos coeficientes de conductividad térmica, densidad y calor específico, inclusive también se considera en el cálculo la opacidad, rugosidad y el color de la superficie). Cabe destacar la versatilidad del programa para estudiar distintas alternativas en forma rápida y sencilla.

Se definió una familia tipo de 5 miembros, con un patrón de comportamiento estándar (grado de permanencia en las distintas zonas a cada hora del día y tipo de vestimenta y de actividad en cada hora del día) que se utilizó para las simulaciones de todos los casos, con el fin de obtener una base homogénea de comparación (Alías y Jacobo, 2007). También se definió una base homogénea de cargas internas (calor convectivo, radiativo y latente generado en cada zona por las luminarias, computadoras, televisores, hornos, heladeras y otros aparatos eléctricos de uso común en una vivienda tipo).

Antes del análisis se debió cargar las variables ambientales; como el programa original no tiene incorporados archivos de clima de nuestra zona geográfica, se editó un archivo de clima con variables climáticas de la ciudad de Asunción, Paraguay (latitud -25.2; longitud -57.6), a través de la subrutina "The Weather Tool", incorporándolo a la biblioteca de ECOTECT. Nuestra longitud difiere en sólo 2° respecto de la de Asunción y esto no introduciría un error significativo. Se está estudiando la posibilidad de editar datos climatológicos locales.

Las condiciones mínimas de confort o condiciones de habitabilidad se fijaron para todos los prototipos analizados según rangos usuales para la región y según consideración de datos de temperaturas de diseño medias definidas en la norma IRAM 11603/96 para Corrientes y Resistencia: para Verano: 22°C y 60% HR y para Invierno: 18°C y 65% HR. También se realizaron los cálculos considerando las viviendas en cuatro orientaciones distintas de la fachada, rotando el edificio 90° por vez. Así, para cada prototipo se efectuaron simulaciones para: Fachada Norte – Fachada Este – Fachada Sur y Fachada Oeste, en el caso de aquellas viviendas con orientación plena (Corrientes), o Fachada Nor-Este – Fachada Nor-Oeste – Fachada Sur-Oeste y Fachada Sur-Este en aquellas viviendas con media orientación (Resistencia, Posadas y Bella Vista). En todos los prototipos se tuvieron en cuenta las condiciones de vínculo con las viviendas vecinas, de manera tal de acercarse lo mayor posible a la realidad.

La sistematización de la información se ejecutó a través de la confección de catálogos y fichajes de los casos estudiados, organizándolos según su ubicación en barrios, esquemas de las plantas, su comportamiento en distintas orientaciones según el factor térmico y consumo diario de energía para poder mantener un mínimo de confort. Las variables estudiadas se enuncian a continuación.

2.1. DATOS GENERALES DE LAS "UA": Barrio, Estaciones del año en la cual se analiza, Esquema volumétrico de su condición de vínculo con viviendas contiguas, Orientación, Espacios más significativos a ser analizados.

2.2. ANÁLISIS DE LAS "TEMPERATURAS POR HORA": Por medio de gráficos y tablas se muestran las temperaturas sobre un período de 24 hs de los espacios interiores más representativos de la vivienda, en los días extremos anuales: el día "más cálido" y el "más frío", correspondiente al 4 de Enero y al 11 de Julio.

2.3. ANÁLISIS DE LA "GANANCIA / PÉRDIDA DE CALOR HORARIA": A través del gráfico y la tabla se obtiene la magnitud de cada tipo de carga de calor para cada hora del día seleccionado, actuando en las zonas térmicas del modelo sobre un período de 24 horas. expresado en Watts, de manera tal de detectar aquella por la cual se obtiene mayor ingreso o pérdida de energía según sea el caso para el día mas cálido (4 de Enero) o para el día mas frío (11 de Julio) del año. Las variables utilizadas fueron:

- *Conducción*, a través de la envolvente perimetral.
- *Solar indirecto*, por ganancia solar en superficies opacas.
- *Solar directo*, a través de carpinterías transparentes
- *Ventilación e infiltración*, a través de rendijas y aberturas.
- *Interzonal*, traspaso de energía entre espacios interiores.

2.4. ANÁLISIS DEL "PERÍODO DE DISCONFORT MENSUAL": Por medio de un cuadro y un gráfico se muestran el porcentaje del tiempo mensual de disconfort térmico, en el usuario, dentro de cada espacio. Considerando que dicho usuario tendrá un "disconfort frío" o un "disconfort calor" cuando la temperatura interior ambiental sobrepase uno de los límites del área de confort apropiada para la región, 20,0° C – 29,0° C respectivamente.

2.5. ANÁLISIS DEL "PERÍODO DE CONFORT ANUAL": El gráfico y la tabla de "Distribución de la Temperatura Anual" que se muestran, expresan el "número" de horas" y la "frecuencia" en las que en cada espacio se verifico una determinada temperatura a lo largo del año, sumándose luego aquellos valores que se encuentran dentro del área de Confort preestablecido se obtiene un porcentaje anual representativo.

2.6. ESTUDIO DEL "ASOLEAMIENTO": A través de esquemas se muestran las sombras arrojadas por los volúmenes de la vivienda analizada según su orientación y condición de vínculo con las viviendas vecinas, durante el amanecer, el mediodía y el atardecer, de los días extremos seleccionados, el más cálido y el más frío, 4 de Enero y 11 de Julio respectivamente.

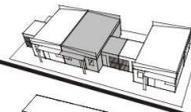
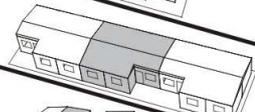
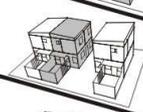
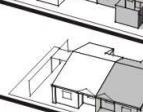
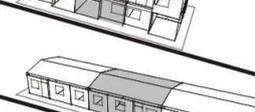
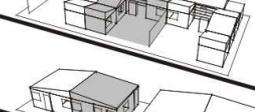
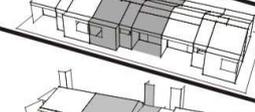
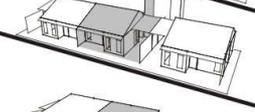
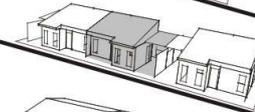
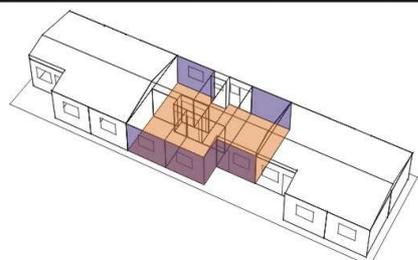
Tipología y/o barrio	Localidad y año de construcción	Tecnología de construcción	
U - 01 B° 250 viviendas	Corrientes 1979 - 1981	Tradicional - Mampostería de ladrillos comunes	
U - 02 B° 17 de Agosto	Corrientes 1989	Tradicional - Mampostería ladrillos cerámicos huecos	
U - 03 B° Ex Aeroclub	Corrientes 1988	Tradicional - Mampostería ladrillos cerámicos huecos	
U - 04 B° Laguna Seca	Corrientes 1983	Tradicional - Mampostería ladrillos cerámicos huecos	
U - 05 B° Las Tejas	Corrientes 1985	Tradicional - Mampostería ladrillos cerámicos huecos	
U - 06 B° San Antonio	Corrientes	Tradicional - Mampostería de ladrillos comunes	
U - 07 B° San Gerónimo	Corrientes 1987	Tradicional - Mampostería ladrillos cerámicos huecos	
U - 08 B° CIR.SU.SE.PE.FA	Resistencia 1997	Tradicional - Mampostería de ladrillos comunes	
U - 09 B° MUPUNNE	Resistencia 1998	Tradicional - Mampostería de ladrillos comunes	
U - 10 B° Los Troncos	Resistencia 1991	Tradicional - Mampostería ladrillos cerámicos huecos	
U - 11 B° 100 viv. UPCP	Resistencia 1995	Tradicional - Mampostería ladrillos cerámicos huecos	
U - 12 B° Italia	Resistencia 1978	Tradicional - Mampostería de ladrillos comunes	
U - 13 S. "La Encarnación"	Resistencia 1990	Prefabricada - Construcción en seco con madera	
U - 14 B° Villa Oro	Fontana 1981	Tradicional - Mampostería de ladrillos comunes	
U - 15 MD 05	Posadas 2005	Prefabricada - Construcción en seco con madera	
U - 16 HD 05	Posadas 2005	Prefabricada - Construcción en seco con hormigón	
U - 17 MADECOR	Bella Vista 1970 - 1981	Prefabricada - Construcción en seco con madera	

Tabla I: Unidades de Análisis seleccionadas: viviendas de interés social de la Región Nordeste de Argentina representativas

3. RESULTADOS

Luego de aplicar el programa informático “ECOTECH” (v5.20) a las UA, y de haber sistematizado y analizado los datos obtenidos, se pudo comprobar que el mayor porcentaje de ganancia o pérdida de energía térmica tiene lugar a través de la envolvente constructiva perimetral vertical (paredes y carpinterías). Por tal motivo, según los datos obtenidos en los correspondientes análisis, se confeccionó un cuadro comparativo (ver tabla II) de las “Performances Energéticas” de las distintas UA con sus correspondientes tecnologías de cerramiento, con el objetivo de determinar los casos de comportamientos extremos críticos, según las condiciones climáticas regionales. Para tal fin, se considera la relación entre la “ganancia / pérdida energética total” de todos los espacios interiores analizados (Estar Comedor, Dormitorio 1, 2 y 3) y la “sumatoria de todas las superficies expuestas” de sus envolventes exteriores. Otro dato importante que emitió la herramienta informática es el “consumo energético” que la vivienda necesita, por unidad de superficie, para reestablecer las condiciones higrotérmicas mínimas de habitabilidad en los distintos espacios interiores estudiados en las diferentes UA.

Unidad de Análisis	Vivienda	Material de la Envolvente	Estación	Gan./Perd. Watts	Sup Vivienda m2	Caract.* Watts/m2	S.V.I. ** (m2)	Perf. E.*** W/m2
U - 02	Corrientes B° 17 de Agosto	Ladrillos Huecos esp. = 18 cm	Verano	8690	63	138	38	229
			Invierno	-36228		-575		-953
U - 03	Corrientes B° Ex Aeroclub	Ladrillos Huecos esp. = 18 cm	Verano	9582	63	152	60	160
			Invierno	-34889		-554		-581
U - 04	Corrientes B° Laguna Seca	Ladrillos Huecos esp. = 18 cm	Verano	14610	60	243,5	31	471
			Invierno	-27468		-457,8		-886
U - 05	Corrientes B° Las Tejas	Ladrillos Huecos esp. = 18 cm	Verano	5871	60	98	31	189
			Invierno	-21021		-350		-678
U - 07	Corrientes B° San Gerónimo	Ladrillos Huecos esp. = 18 cm	Verano	7910	59	134	39	203
			Invierno	-29623		-502		-760
U - 10	Resistencia B° Los Troncos	Ladrillos Huecos esp. = 18 cm	Verano	9377	96	98	30	313
			Invierno	-36814		-383		-1227
U - 11	Resistencia B° 100 viv. UPCP	Ladrillos Huecos esp. = 18 cm	Verano	7513	72	104	31	242
			Invierno	-28659		-398		-924
U - 01	Corrientes B° 250 viviendas	Ladrillos Comunes esp. = 30 cm	Verano	3008	63	48	27	111
			Invierno	-11138		-177		-413
U - 06	Corrientes B° San Antonio	Ladrillos Comunes esp. = 15 cm	Verano	12667	69	184	59	215
			Invierno	-47262		-685		-801
U - 08	Resistencia B° CIR.SU.SE.PE.FA	Ladrillos Comunes esp. = 20 cm	Verano	7347	65	113	33	223
			Invierno	-27403		-422		-830
U - 09	Resistencia B° MUPUNNE	Ladrillos Comunes esp. = 20 cm	Verano	12323	81	152	43	287
			Invierno	-45513		-562		-1058
U - 12	Resistencia B° Italia	Ladrillos Comunes esp. = 20 cm	Verano	9871	94	105	46	215
			Invierno	-36673		-390		-797
U - 14	Fontana B° Villa Oro	Ladrillos Comunes esp. = 20 cm	Verano	9988	55	182	49	204
			Invierno	-32201		-585		-657
U - 13	Resistencia S. “La Encarnación”	Panel de Madera esp. = 3 cm	Verano	12087	45	269	27	448
			Invierno	-34421		-765		-1275
U - 15	Posadas MD 05	Panel de Madera esp. = 7,65 cm	Verano	4270	54	79	45	95
			Invierno	-16359		-303		-364
U - 17	Bella Vista MADECOR	Panel de Madera esp. = 5,1 cm	Verano	5176	57	91	36	144
			Invierno	-20345		-357		-565
U - 16	Posadas HD 05	Panel de Hormigón esp. = 10 cm	Verano	6701	54	124	45	149
			Invierno	-24435		-453		-543



Superficie Total Construida ■
Superficie Vertical de Intercambio ■

* Caracterización energética según la superficie total construida.

** En la Superficie Vertical de Intercambio se consideran solamente las caras expuestas de los espacios analizados (Estar Comedor, Dormitorio 1, 2 y 3)

*** La Performance Energética se refiere a las Ganancias o Pérdidas energéticas de la envolvente perimetral vertical (paredes) por unidad de superficie vertical de intercambio.

Tabla II: Performance energética de la envolvente constructiva perimetral vertical de las UA.

Un dato obtenido del análisis dinámico es la “elevada pérdidas de energía” durante el período “invernal”, en comparación con las “ganancias térmicas” durante el período estival regional, corroborados por medio de la predominancia que tuvo el “disconfort frío” sobre el “disconfort calor” en las distintas UA. Para poder realizar un análisis sistemático comparativo, se agruparon las UA según el material de construcción utilizado, para poder determinar qué factores afectaron preponderantemente el comportamiento de la envolvente constructiva vertical: diseño tecnológico, material de construcción y técnica constructiva.

En las UA que se utilizó el “ladrillo cerámico hueco de 18 cm de espesor” con 30 m² de superficie vertical expuesta, tal es el caso de las UA # “04” y # “05”, se verifica un valor de “K” elevado en el primero y más bajo en el segundo, en este grupo. Ambos casos se corresponden con volúmenes expuestos con “orientación plena”, las fachadas en el sentido “Este-Oeste”. La diferencia radica en que el primero se encuentra resuelto en dos niveles, con sus fachadas expuestas muy desprotegidas a las condiciones climáticas; mientras que el segundo fue resuelto todo en planta baja, con una autoprotección de las fachadas mediante un movimiento volumétrico que arroja sombras propias en verano, pero en invierno obtienen mayor asoleamiento en las superficies expuestas. Esta situación se verifica también en las otras UA, pero con valores diferentes, detectando además que las máximas pérdidas se obtienen en aquellos espacios interiores, que poseen fachadas orientadas al “Sur” (carecen todo el año de asoleamiento directo). Los mayores valores de “ganancia térmica” se verifican en las UA con orientación plena de sus fachadas al “Oeste”, en particular a partir del mediodía hasta bien entrada la noche, situación que alcanza extremo insostenible para el organismo humano durante el período anual estival. En las UA que se utilizó el “ladrillo común” se observa una clara diferencia en la “ganancia térmica” en verano y la “pérdida térmica” en invierno, especialmente en la UA # “01”, en comparación con el resto de las UA del grupo de “ladrillo común”. El factor determinante, en este caso, fue el “espesor” del componente constructivo vertical, que posee mayor magnitud, por lo que se obtuvo mayor capacidad de “resistencia térmica” y un incremento notable de su “inercia térmica”. Todas las otras, con un mismo valor de espesor de muro, se mantienen en valores similares de ganancia y pérdida energética. Los valores promedio de “Performance Energética por metro cuadrado construido” de una envolvente de ladrillos cerámicos huecos, según los casos estudiados, es de 274 W/m² en verano y -904 W/m² en invierno, mientras que para los de ladrillos comunes es el valor medio de 232 W/m² en verano y -835 W/m² en invierno respectivamente. En ambos casos tecnológicos y en ambas situaciones climáticas extremas (verano e invierno) se constatan valores muy elevados de consumo de energía. En el caso de los paneles de madera, la situación es similar a la anterior: aumenta su aislación con el espesor del componente, siempre considerando que se trate de paneles prefabricados tipo “sándwich” de dos placas de madera, (exterior e interior), que delimitan entre ambas un espacio interior ocupado por un bastidor o esqueleto hueco que alberga además un material específico como “aislante térmico”, (poliestireno expandido, o lana de vidrio, o virutas de madera embolsadas). En este caso tecnológico, comparando la UA # “17” con la UA # “15”, se observa que con un aumento del espesor total del componente constructivo de 1” (2,54 cm), se puede obtener un sustancial incremento en la capacidad térmica aislante. En cambio, en los casos de las UA materializadas con “ladrillos comunes” se verifica que no hay una sustancial diferencia de la capacidad aislante, entre un espesor de 15 cm y de 20 cm: ambos tienen un comportamiento higrotérmico similar. Así, se verifica que los paneles de madera poseen buen comportamiento higrotérmico, comparativamente con otras tecnologías constructivas de cerramiento perimetral, como los mampuestos. Esto se debe a que las cualidades del material madera la hacen adecuada desde el punto de vista higrotérmico, aunque no desde el punto de vista acústico. Se detecta que la tecnología de paneles prefabricados de madera (tipo sándwich) utilizados como muros de cerramientos verticales perimetrales, presenta valores menores de transmitancia térmica que soluciones de mampostería de 20 y hasta 30 cm de espesor, como es el caso de UA # “15”, en donde se utilizan paneles de 3” de espesor (7,50 cm). El problema de la tecnología de madera es el cuidadoso mantenimiento que demanda.

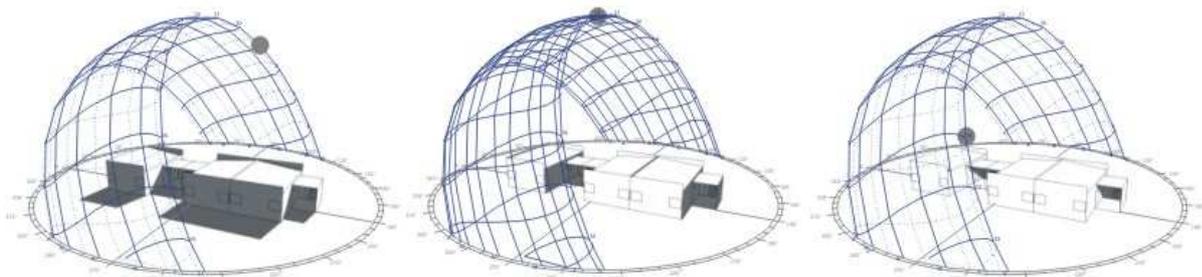
El caso de la UA # “18”, materializada con paneles prefabricados de hormigón armado, es atípico en la región, pero útil para comparar su performance energética con respecto a las tecnologías tradicionales aplicadas en las viviendas sociales. En este caso, con un espesor de 10 cm de los componentes constructivos perimetrales verticales, se observa una similitud de comportamiento energético a la de una pared de ladrillos comunes de 30 cm, por lo que obtiene un doble beneficio, mayor eficiencia de materiales y de espacio con menor espesor constructivo total, y con similares valores de “K”. Sin embargo, si se lo compara con la tecnología de madera, se necesitaría el doble de espesor en hormigón armado, para igualar la performance energética, espesores de 20 cm en paneles de H° A°, por lo que resultaría totalmente antieconómico para ser vivienda social. Se puede observar en las performances energéticas de las UA # “18” y UA # “15”, que en estas dos últimas soluciones, el factor fundamental desde el punto de vista de la aislación térmica esta representado por el uso de un material aislante específico (poliestireno expandido, lana de vidrio, etc.) en el alma del panel, pues si se mantiene únicamente una “cámara de aire” entre ambas hojas, el valor de la transmitancia térmica (K) se incrementa considerablemente, como se lo puede representar en el componente de la UA # “18”, el cual aumentaría de 0,97 W/m²K a 2,59 W/m²K, es decir aumentaría mas de dos veces y medio su valor, cambiando de un nivel B (medio) tanto para verano e invierno a uno fuera de toda categoría por tratarse de valores muy altos según las normas IRAM 11605/96.

Además del aspecto tecnológico y de diseño de la envolvente constructiva perimetral, se consideró otro factor de diseño, que influye en el comportamiento higrotérmico interno de la vivienda: la “orientación” que tienen los distintos espacios interiores y los dispositivos de protección externos. En el caso de las UA estudiadas, las que tienen orientación “plena” (por ejemplo, en la ciudad de Corrientes), se verificaron los espacios interiores con fachadas orientadas al “Este” y al “Oeste” (más desfavorables) en cuanto al comportamiento térmico dinámico anual, comprobándose los máximos porcentajes de disconfort higrotérmico durante el período estival, pues estos espacios interiores “ganan energía” proveniente desde techo y/o desde otros ambientes contiguos durante todo el día, y además, incorporan radiación térmica por conducción de manera directa desde los paramentos verticales perimetrales orientados al “Este” por la mañana y al “Oeste” por la tarde, principalmente a partir de las 16:00 hs, cuando la temperatura exterior alcanza sus valores máximos debido al recalentamiento que de la atmósfera (figura 1). Esta situación se puede observar en los análisis del comportamiento térmico realizados en las cuatro orientaciones sobre “UA # 1”, de los cuales se ha confeccionado un cuadro comparativo (tabla III) basándose en los porcentajes de “disconfort calor” y “disconfort frío”.

Espacios	Disconfort	Norte	Sur	Este	Oeste
Estar-Comedor	Frío	180	192	186	188
	Calor	281	279	294	285
Dormitorio 1	Frío	203	210	205	208
	Calor	180	176	197	187
Dormitorio 2	Frío	234	241	239	234
	Calor	100	96	105	105

Tabla III: Análisis del comportamiento térmico para las cuatro orientaciones sobre “UA # 1”, según los porcentajes de “disconfort calor” y “disconfort frío”.

RADIACIÓN SOLAR EN LAS CARAS ORIENTADAS AL OESTE DURANTE EL DÍA (VERANO)



Mañana 9:00 hs

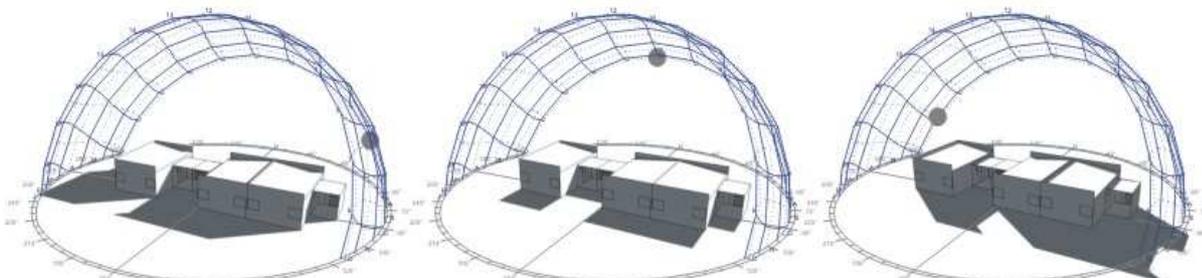
Mediodía 12:00 hs

Tarde 16:00 hs

Por la proyección de la sombra, se puede detectar que los espacios orientados al Este reciben en forma directa la radiación por la mañana, recalentándolos desde muy temprano. Al mediodía, el sol se sitúa perpendicular a la cubierta pero ya empieza a incidir levemente sobre la fachada Oeste. Por la tarde, el sol, se sitúa casi perpendicular a las caras orientadas al Oeste recalentando los paramentos verticales.

Figura 1: Radiación solar en las caras orientadas al oeste durante el día (verano). Simulación con ECOTECH.

RADIACIÓN SOLAR EN LAS CARAS ORIENTADAS AL SUR DURANTE EL DÍA (INVIERNO)



Mañana 9:00 hs

Mediodía 12:00 hs

Tarde 16:00 hs

Figura 2: Radiación solar en las caras orientadas al sur durante el día (invierno). Las caras orientadas al Sur no reciben radiación solar en ninguna hora a lo largo del día. Simulación con ECOTECH.

En invierno, los peores desempeños se obtienen de aquellos espacios con orientaciones hacia el “Sur”, debido al escaso o nulo asoleamiento de sus paramentos verticales (figura 2), pues las horas de sol son menores variando también su inclinación. Los ambientes con fachadas hacia el “Norte” son las que verifican los mejores desempeños higrotérmicos durante el año. Esta situación mejora en las UA con “protecciones externas” en su volumetría, que permiten mantener en sombra a los paramentos verticales perimetrales, principalmente durante el período estival, y en las horas críticas (de 11:00 hs a 16:00 hs) cuando el sol alcanza su máximo azimut y la temperatura del aire exterior alcanza su máximo valor. Esta situación también se visualiza en tabla III, verificando que en la orientación Norte se obtienen los menores porcentajes de “disconfort frío” y el segundo menor en “disconfort calor”. En cuanto a las UA con implantación con “media” orientación (Resistencia, Posadas y Bella Vista), los máximos disconforts se dieron en los espacios con orientación “Sureste”, que carecían de incidencia de la radiación solar durante el invierno, además de encontrarse los paramentos verticales expuestos a los vientos fríos provenientes del “Sur”. En cambio, las mejores performances se verificaron en las UA con orientación al “Noreste”. Esta situación se puede observar en el análisis del comportamiento térmico realizados en las cuatro orientaciones sobre “UA # 11”, de los cuales se ha confeccionado un cuadro comparativo (tabla IV) basándose en los porcentajes de “disconfort calor” y “disconfort frío”. El Estar Comedor presenta los mismos porcentajes de disconfort en las cuatro orientaciones, esto se debe a que tiene dos caras expuestas en sentidos contrarios, es por eso que para el análisis solo se consideran los dormitorios.

Espacios	Disconfort	Noreste	Sureste	Suroeste	Noroeste
Estar-Comedor	Frío	214	215	214	214
	Calor	181	180	182	182
Dormitorio 1	Frío	198	216	202	202
	Calor	172	170	172	178
Dormitorio 2	Frío	202	215	204	204
	Calor	159	155	160	166
Dormitorio 3	Frío	205	216	216	204
	Calor	158	153	153	164

Tabla IV: Análisis del comportamiento térmico para las cuatro orientaciones sobre “UA # 11”, según los porcentajes de “disconfort calor” y “disconfort frío”.

Los resultados obtenidos también corroboran la relación entre el factor de forma y el comportamiento térmico edilicio. Las tipologías “compactas”, que se corresponden con la mayoría de las UA estudiadas, presentan bajos valores de factor de forma y un mejor comportamiento térmico, por sobre las tipologías “abiertas” (como es el caso de UA # 12), tanto para verano como para invierno. Las tipologías “compactas” favorecen menos la “ventilación cruzada” en los espacios interiores, con respecto a las tipologías de plantas “abiertas”, reduciendo posibilidades de refrescamiento corporal en verano. Al aumentar el “factor de forma” (planta de la vivienda más abierta, con mayor superficie perimetral de la envolvente constructiva con respecto al volumen interior) aumenta la “ganancia térmica” en los espacios interiores. De allí la necesidad de compatibilizar la forma con la tecnología: la ventilación interior continua con efectiva resistencia térmica en los componentes constructivos perimetrales del volumen. En invierno (siempre y cuando se encuentren orientadas al Noreste, Norte o Noroeste) se pueden obtener “ganancias térmicas” (figura 3) durante ciertas horas del día, pero durante los horarios nocturnos es muy importante la “pérdida térmica” desde los espacios interiores al exterior, con la consiguiente situación de disconfort. Esta situación, que se da en todos los espacios de las UA estudiadas, se puede ver representada en el Dormitorio 1 de la “UA # 12”, con orientación Noroeste. En las horas de radiación solar (11:00 – 16:00 hs) la pérdida de energía a través de la envolvente perimetral exterior es mínima en comparación a los horarios en que se encuentra en sombra (especialmente los nocturnos); el corrimiento de las dos horas se debe a la inercia térmica del material constitutivo (pared de ladrillos comunes de 20 cm de espesor), lo mismo sucede con la ventilación. Esto explica la necesidad de poder conservar la energía térmica obtenida a lo largo del día (especialmente de los horarios de radiación solar directa), a través de la correcta elección de los materiales, diseño de los componentes, cantidad de superficie expuesta y orientación de los mismos.

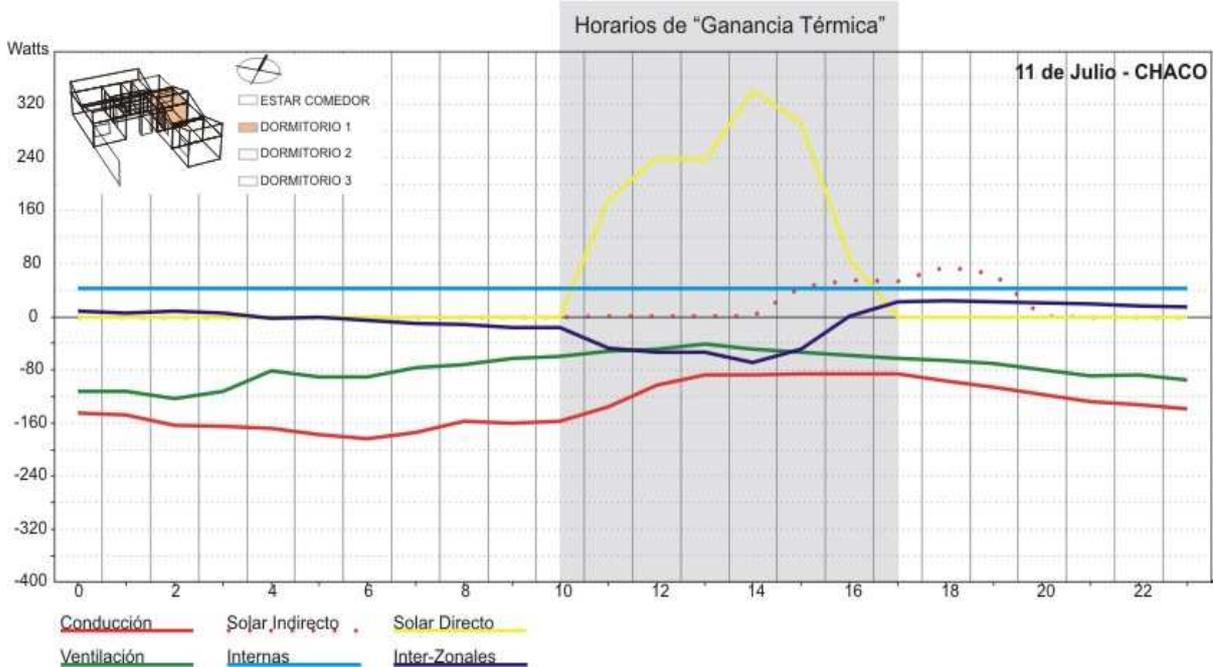


Figura 3: Horarios de ganancia térmica en invierno, para la “UA # 12”.

4. DISCUSIÓN

Del análisis de las variables situacionales, relacionales y tecnológicas en forma conjunta sobre las distintas UA, y luego de la realización de simulaciones dinámicas mediante el software específico aplicado, se verifica que dichas UA poseen en general un bajo nivel de habitabilidad higrotérmica, con altos porcentajes de disconfort mensuales durante todo el año, 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. Los factores de mayor incidencia sobre las condiciones de confort, son:

- Material constitutivo empleado y tecnología aplicada en la envolvente constructiva de la vivienda (paredes perimetrales externas y techos).
- Orientación de los espacios interiores más significativos (de uso cotidiano y prolongado).

- Forma del objeto arquitectónico (Factor de Forma).

Una de las principales causas del discomfort en los espacios interiores de las UA es el inadecuado desempeño higrotérmico de los componentes constructivos de la envolvente vertical de los edificios, que transmiten a los espacios interiores elevadas cargas de energía térmica durante el periodo estival. En cambio, durante el invierno, el flujo térmico se invierte. Esto significa que los componentes perimetrales multicapas no tienen la capacidad aislante adecuada, llegando a casos extremos a que la "Resistencia Térmica Total" del componente constructivo sea nula (por ejemplo, en las ventanas vidriadas y puertas al exterior, con marcos de chapas dobladas, todos materiales de construcción con altos valores de coeficientes de conductividad térmica, que conforman importantes puentes térmicos). La normativa técnica vigente IRAM 11605/96 cuantifica los valores de "Transmitancia Térmica" (K), y califica a la edificación según el valor de la misma, por lo que por los valores obtenidos en los análisis realizados sitúan a los componentes analizados en el nivel "C" (mínimo aceptable), llegando a casos aislados en que los valores son muy elevados, saliendo de todas las categorías normalizadas. En casos aislados se presentan niveles "B" (medios). Estos desempeños higrotérmicos de las envolventes de las UA resultan preocupantes, pues conllevan la aparición de patologías constructivas que reducen el tiempo de vida útil de los edificios y generan condiciones higrotérmicas y de habitabilidad interiores fuera de las condiciones de confort básicas y necesarias, que atentan contra el bienestar psicofísico de los usuarios, cuando éstos no cuentan con medios para acondicionar artificialmente los espacios interiores de sus viviendas, y también repercuten en la economía familiar, ya que de contar con instalaciones electromecánicas de acondicionamiento, el consumo de energía es muy elevado. La normativa IRAM según la cual fueron analizados los componentes de la envolvente de las UA no es de aplicación obligatoria para el sector privado, al cual corresponden varias de las viviendas analizadas, pero sí lo es, teóricamente, para el sector oficial de la edificación, tal es el caso de las viviendas sociales (implementadas según programas FONAVI), aunque por los resultados obtenidos en los estudios realizados parece no haber sido tenida en cuenta en el diseño de las mismas, ni exigida en los legajos técnicos de obra, ni considerada en la etapa de ejecución de las obras. De ello se desprende la necesidad de encarar estudios que contribuyan a un uso más eficiente de la energía, no sólo a través de la elección acertada de los materiales constitutivos y su diseño tecnológico para la envolvente constructiva, sino a través del estudio comparativo de alternativas posibles de ser implementadas según las realidades regionales contextuales (climáticas, sociales, culturales, económicas, tecnológicas), que apunten a un URE sostenido en el rubro residencial, que tanto ha crecido en consumo en los últimos años.

5. CONCLUSIONES

Tras haber relevado y analizado un importante espectro de tipologías de viviendas de interés social implementadas masivamente en las Provincias de Corrientes, Chaco y Misiones, a través tanto de operatorias oficiales como de iniciativas privadas empresariales correspondientes a diferentes períodos (1970 a la fecha), se verifica la necesidad urgente de viviendas que respondan a los condicionantes culturales, climático – contextuales y tecnológicos del NEA. Entre las falencias de diseño y proyecto se encuadran las afecciones a la habitabilidad higrotérmica que afectan de manera directa al confort de los usuarios en los ambientes interiores. Una de los principales problemas detectados es el mal desempeño higrotérmico de los componentes de la envolvente edilicia (paredes y techos). Por parte de los organismos encargados, se detecta tanto un conocimiento insuficiente de las propiedades intrínsecas de los materiales usados como de la resolución técnica de los puntos críticos de la construcción y de los condicionantes externos impuestos por el medio, o bien existe un desinterés total por estos asuntos, puesto que se observan los mismos prototipos de vivienda distribuidos por todo el país en condiciones ambientales totalmente diversas. Estos problemas se traducen en graves patologías en la construcción que a su vez redundan en fuertes inversiones económicas para subsanarlas y en altos consumos de energía eléctrica para lograr condiciones que se acerquen a las condiciones de confort y redundan en desmedro de las condiciones de habitabilidad que, en última instancia, repercuten en la calidad de vida del usuario. La aplicación de criterios de diseño energéticamente eficientes para los componentes edilicios, especialmente de la envolvente arquitectónica, conllevaría a un ahorro en materia de energía, emisiones, residuos, etc. La producción del hábitat humano podría, mediante un adecuado diseño, ser más sustentable y generar menos impacto en el medio natural. Así, el objetivo del "uso racional de la energía" (URE) no reside únicamente en el ahorro, ni en la sustitución de recursos no renovables, sino principalmente en la optimización de las condiciones de habitabilidad con el menor consumo de todos los recursos, ya sean energéticos o económicos. Obtener mayor confort con el menor costo disminuirá el consumo de combustibles fósiles para generar energía eléctrica y mejorará la calidad de vida de los habitantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2007). *Reducción del consumo energético de edificios en torre mediante atenuaciones de puentes térmicos en su envolvente. Simulaciones con "QUICK IP"*, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 11, 2007. Salta, Argentina; pp. 05.25-05.32. ISSN 0329-5184.
- Hreňuk, N. I. y Jacobo, G. J. (2002). *Situación actual de equipamientos habitacionales de interés social en la región NEA: las condiciones de habitabilidad y su conservación en relación con el usuario-1ª y 2ª Parte*. Publicación digital "Boletín Hábitat", (www.revistahabitat.com), Revista Hábitat SRL, Año "1", N°3, Buenos Aires, Argentina.

ABSTRACT: The objective is to make an analysis of the technological-constructive designs implemented in the social houses of the NEA, to propose improved solutions in future developments. As Units of Analysis they were considered types of houses massively implemented in the counties of Corrientes and Chaco through the national plans, from the year 1970 to the date. It is verified that, by means of the software "ECOTECH version 5.20", it was possible to study the thermal-energy dynamic behavior, at space level of the houses, processing in a limited period of time a great volume of information, and that for the visual nature of regeneration of the calculation it is very useful in initial stages of the project. Hygrothermal - constructive deficiencies were detected in the residence park of social interest of the NEA 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 minimum necessary habitability interior conditions. **Keywords:** energy / thermal performance - houses of social interest - ECOTECH