

DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE VIVIENDAS DE INTE .RÉS SOCIAL EN SAN PEDRO DE COLALAO, TUCUMÁN

G. E. Gonzalo, S.L. Ledesma, V.M. Nota, C.F. Martinez

Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente - Instituto de Acondicionamiento Ambiental

Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de Tucumán

Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán – Argentina - Tel.+ .54.381.4364093 int. 7914

Email: ceema@herrera.unt.edu.ar - ggonzalo@arnet.com.ar

RESUMEN: Se presenta la propuesta de diseño bioclimático de un barrio de viviendas ubicado en la localidad de San Pedro de Colalao, Tucumán, para mejorar el comportamiento energético final de las viviendas y optimizar sus condiciones de habitabilidad. Partiendo de un proyecto del Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano de Tucumán, de un conjunto de 41 viviendas de sociales, se realizó una propuesta de diseño del prototipo considerando la adecuación al clima y la incorporación de sistemas energéticos renovables. Se aplicaron cálculos computacionales y ecuaciones simplificadas para el análisis de la propuesta. Se evaluó el comportamiento térmico global, las condiciones de ventilación natural y los ahorros de energía alcanzados con la incorporación de sistemas energéticos renovables para el calentamiento del aire y agua. El análisis permitió verificar que, con el diseño propuesto, se mejoran sustancialmente de las condiciones de habitabilidad, a la vez que se disminuye el consumo energético

Palabras clave: Vivienda social, adecuación climática, habitabilidad, energías renovables.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo se desarrolla en el marco del proyecto PICTO UNT- ANPCYT 2004 N° 870: “*Tecnologías para el hábitat, el aprovechamiento energético y el desarrollo productivo en áreas rurales de Tucumán*” y responde a los objetivos planteados para el tercer año de ejecución, que apuntan a elaborar pautas para el diseño que contemplen el uso racional de la energía y la incorporación de nuevas fuentes energéticas en viviendas rurales.

Así como se expresó en estudios anteriores (Gonzalo et al, 2007) gran parte de la población de San Pedro de Colalao no puede cubrir sus necesidades básicas, viviendo en condiciones de precariedad y carencias importantes en las condiciones de habitabilidad. El 55% de viviendas presentan condiciones de habitabilidad no aceptables, ya que en un 43% si bien se construyen con materiales resistentes y sólidos en todos los componentes constitutivos carecen de elementos de aislación o terminación (CALMAT III) y 11% se realizan con materiales no resistentes ni sólidos o de desecho en al menos uno de los componentes constitutivos (CALMAT IV). Estos valores estadísticos fueron verificados a partir de las encuestas realizadas en la mencionada localidad en las cuales, además el 92% de los usuarios manifestaron disconfort por calor para la situación de verano y un 75% para la de invierno.

Este análisis permitió concluir que se debe trabajar y buscar alternativas para esta franja de la población que presenta una alta demanda de soluciones habitacionales. De los estudios enunciados se pudo determinar también que el proyecto del IPVyDU, próximos a ejecutarse, no responden en su totalidad a las condiciones climáticas de la zona, por lo cual se realizó una propuesta de rediseño del prototipo de vivienda a aplicarse en un barrio de 40 viviendas a construirse en San Pedro de Colalao por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV).

Este trabajo profundiza estudios realizados anteriormente (Gonzalo et al, 2007) en los que se pudo demostrar que es posible mejorar el comportamiento térmico de las viviendas del IPV manteniendo su costo dentro de los valores de mercado aceptados para este tipo de edificios. Los resultados alcanzados permitieron verificar, además, que soluciones puramente arquitectónicas permiten alcanzar mejoras sustanciales en las condiciones de habitabilidad.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El trabajo consistió básicamente en el planteo de modificaciones en el diseño original de las viviendas y de la incorporación de sistemas energéticos no convencionales. Con el objeto de cuantificar y evaluar las mejoras alcanzadas a partir de dichas tareas se realizaron los siguientes estudios y propuestas:

- Rediseño del prototipo de vivienda del IPV: el cual se realizó bajo la premisa de mantener prácticamente la superficie cubierta de la propuesta original.
- Evaluación térmica de diferentes soluciones de envolvente: se completaron estudios anteriores (Gonzalo et al, 2007) con el análisis de diferentes alternativas de muros y se evaluó el comportamiento térmico de la nueva propuesta de diseño.
- Estudio del comportamiento de la ventilación del prototipo: se realizaron simulaciones que permitieron estimar el aporte de la ventilación nocturna al enfriamiento del edificio.
- Incorporación de sistemas no convencionales de calentamiento de aire: se evaluó la posibilidad de incorporar un sistema de calefacción solar pasiva que aplica el efecto invernadero para generar calor en invierno.

- Incorporación de sistemas no convencionales de calentamiento de agua y de un sistema fotovoltaico: se evaluaron sistemas para el calentamiento de agua y para la generación de energía eléctrica a efectos de reducir los consumos de energías convencionales en las viviendas.

Rediseño del prototipo:

En el marco del proyecto “Programa Federal de Emergencia Habitacional” se proyectó y construirá próximamente un barrio de 40 viviendas en San Pedro de Colalao, el cual está previsto realizar bajo un proyecto prototípico del IPV para las viviendas, que se puede observar en la figura 1. El análisis bioclimático de la propuesta original permitió establecer que el mencionado proyecto no responde en algunos aspectos al clima de la localidad de emplazamiento.

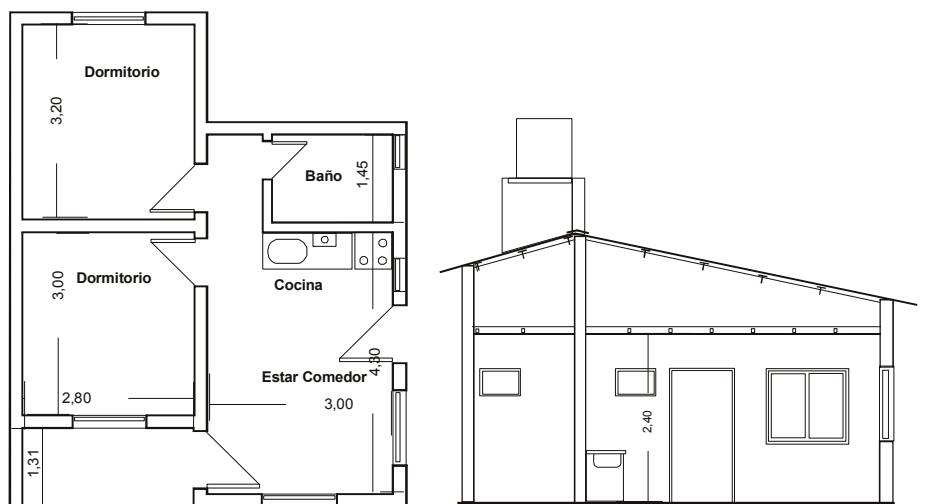


Figura 1: Planta del prototipo de vivienda IPV Figura 2: Corte del prototipo de vivienda

El rediseño de la vivienda original se realizó a partir de los estudios anteriores que permitieron determinar las principales estrategias de diseño a aplicar para la adecuación bioclimática en la localidad de San Pedro de Colalao: para la condición de invierno, que se requiere calefacción un 56% al año, se recomienda lograr la calefacción solar pasiva, reducir de las pérdidas de calor y aplicar la inercia térmica. Para la situación de verano, será fundamental minimizar las ganancias de calor a través de la envolvente, aprovechar la ventilación natural y mecánica para el refrescamiento natural y proveer de sombra una tercera parte del año.

Teniendo en cuenta que el prototipo del IPV no cumple en su totalidad con las estrategias enunciadas para el diseño bioclimático, se propone un nuevo diseño de la vivienda aplicando pautas que respondan a dichas estrategias y que permitan su adecuación al clima del lugar. Las principales pautas de diseño contempladas en el proyecto fueron:

- Plantear una vivienda desarrollada sobre un eje E-O, lo cual posibilita mayores superficies y locales orientados al Norte, permitiendo alcanzar mejores condiciones de asoleamiento, favoreciendo las ganancias de calor en invierno y reduciendo las mismas en verano. Estudios anteriores realizados sobre el prototipo original permitieron verificar que en verano, las viviendas que poseen sus principales frentes hacia el Este y Oeste poseen una carga térmica un 13% mayor que la que presenta una orientación N-S y en invierno las viviendas E-O requieren un 526% más de energía para calefacción que las viviendas N-S.

Este planteo permite, además, ubicar aberturas al Sur, para aprovechar en verano, la ventilación para el refrescamiento natural.

- Ubicar los aventanamientos de mayor superficie al Norte para incrementar las ganancias de calor en invierno y reducirlas en verano. Ubicar aberturas de menores dimensiones al Sur a efectos de reducir las pérdidas de calor en invierno pero posibilitar la ventilación cruzada en la mayoría de los locales.

- Generar un espacio de uso sobre un área de transición exterior-interior, a partir de una pérgola-galería, la cual se plantea integrada al estar, posibilitando ampliar el espacio de uso común de la vivienda. Esta propuesta se fundamenta en los resultados de relevamientos y encuestas realizados en esta localidad, que permitieron observar que gran parte de las actividades de la familia se realizan en el exterior (protegidos por árboles, pérgolas, toldos, etc.) dado el carácter semi-rural de la vivienda y las condiciones climáticas tanto de verano como de invierno. Por lo tanto el planteo de un espacio semi-cubierto, con clara vinculación con el estar, beneficiará el funcionamiento de la vivienda así como colaborará a su adecuación climática (protección de lluvias, radiación solar, etc.)

- Incorporar celosías en todas las ventanas, ya que cumplen una doble función: obstruyen la radiación solar en verano y reducen las pérdidas de calor en invierno. Estudios anteriores realizados sobre el prototipo original permitieron verificar que con la incorporación de protecciones solares en el prototipo, es posible reducir en verano en un 50% la ganancia de calor generada por el ingreso de radiación solar. Y para la situación de invierno, se disminuye notablemente la pérdida de calor

nocturna, por lo que tanto el balance térmico final de las ventanas con protección superan en un 146% a la situación sin protección.

- Mantener las superficies lo más próximas posibles a la situación original de diseño a fin de que los costos finales se encuentren dentro del presupuesto asignado a este tipo de vivienda, siendo la situación original de 43,7 m² y la propuesta de 46,7 m².

El diseño propuesto puede observarse en las figuras 3, 4 y 5.

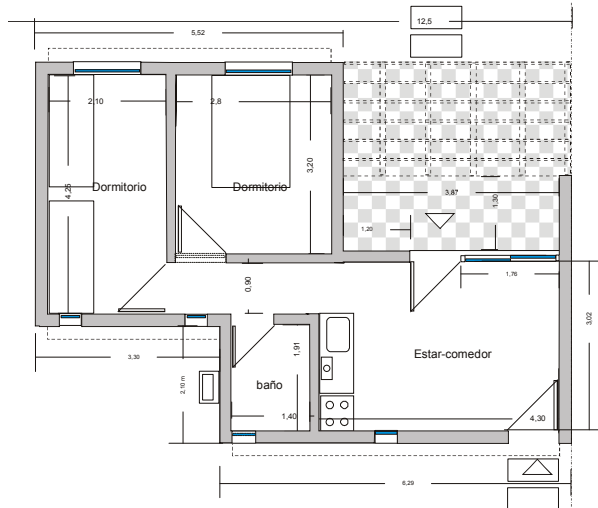


Figura 3: Planta del prototipo



Figura 4: Frentes del prototipo

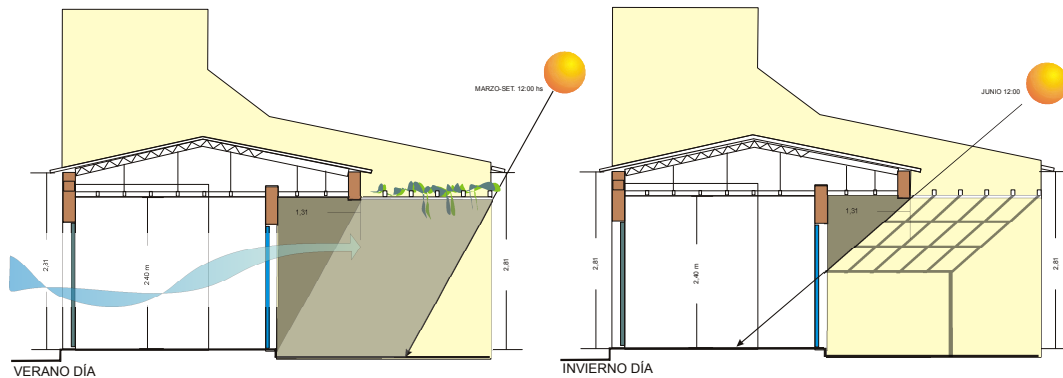


Figura 5: Cortes de comportamiento

Por lo general, en el diseño de conjuntos de viviendas, los prototipos se repiten en los diferentes terrenos, rotados en función al acceso, teniendo como consecuencia que muchos de ellos se encuentran con orientaciones poco favorables. El diseño propuesto ha respondido a la pauta básica de mantener, en todos los casos (ya sea en las viviendas con acceso Norte o Sur), los locales de estar-comedor, dormitorios y espacios exteriores de uso de la vivienda al Norte, independientemente de la orientación del acceso. La doble accesibilidad (Norte y Sur) de cada una de las viviendas ha posibilitado cumplir con dicha premisa (fig.6).

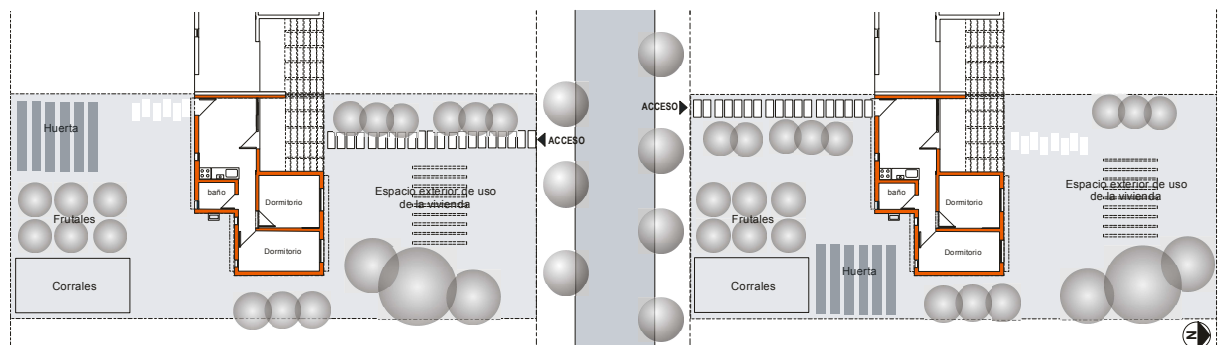


Figura 6: Disposición de la vivienda en el lote según la posición del acceso.



Figura 7: Frentes de las viviendas con acceso Norte.

Figura 8: Frentes de las viviendas con acceso Sur.

Con el objeto de plantear el posible crecimiento de la vivienda se proponen 2 alternativas. En la primera el tercer dormitorio se ubica en hilera con los otros, lo que permite conservar la ventilación cruzada en todos los ambientes y la orientación Norte, pero se incrementa la superficie de envoltente exterior.

En la segunda alternativa el tercer dormitorio se ubica en 2 hileras, por lo que la ventilación cruzada dependerá de otros ambientes y carecerá de asoleamiento al Norte, pero esta propuesta permite una mayor compacidad y por lo tanto una menor superficie de envoltente. En ambas alternativas el crecimiento del estar comedor se realiza incorporando el sector de galería, teniendo la posibilidad de transformar la pérgola en galería (fig. 9).

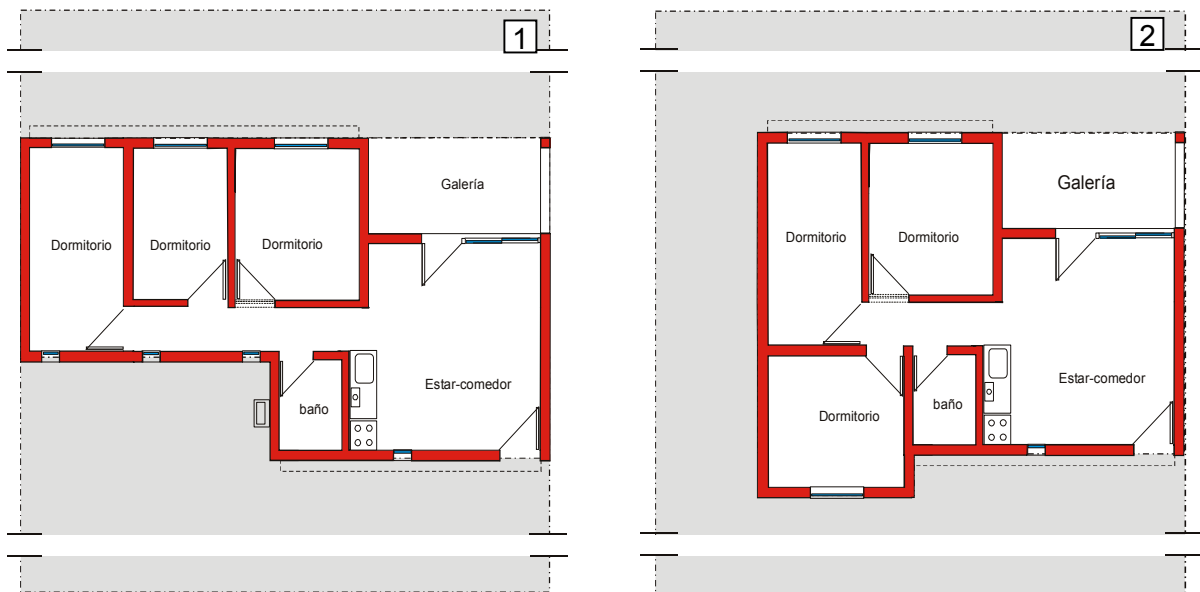


Figura 9: Alternativas de crecimiento de la vivienda.

Evaluación térmica de diferentes soluciones de envoltente:

Los estudios anteriores, en los que cuales se analizaron comportamientos térmicos del prototipo original con diferentes alternativas de materiales fueron completados con el análisis del comportamiento de otras alternativas de muros, los que respondieron a la premisa de buena disponibilidad en la zona y técnica constructiva reconocida por la mano de obra la población local, se analizaron las envoltentes resueltas con muro de ladrillo macizo 0,27 m con 2 caras revocadas y con muro doble de ladrillo macizo 0,12 m, poliestireno expandido 0,02 m, ladrillo macizo 0,05m, con 2 caras revocadas.

Los resultados obtenidos de los estudios mencionados para verano e invierno se observan en las figuras 10 y 11. Se destaca que el mejor comportamiento lo presenta el muro doble con aislación, ya que requerirá un 55% menos de energía para el enfriamiento en verano y un 56% menos de energía para calefacción en invierno que el muro propuesto por el IPV (ladrillo común de 0,20 m).

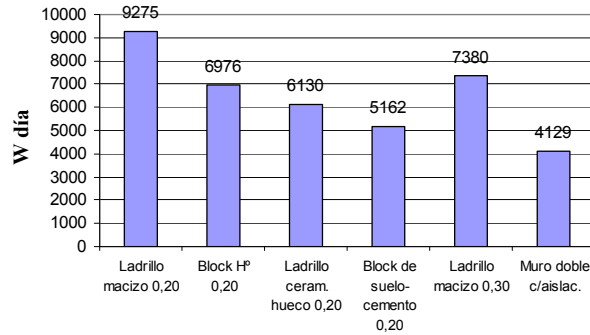


Figura 10: Cantidad de energía necesaria para refrigeración del prototipo original en verano

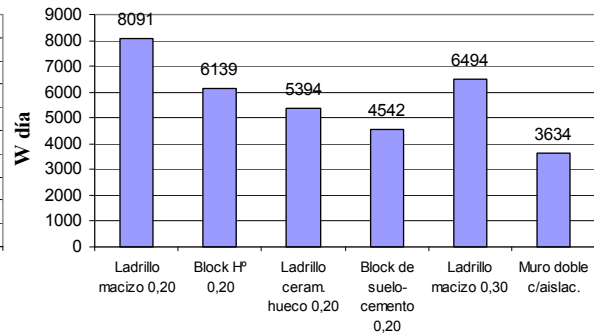


Figura 11: Cantidad de energía necesaria para calefacción del prototipo original en invierno

Con el objetivo de analizar el comportamiento térmico de la nueva propuesta de diseño se realizaron los balances térmicos, cuyos resultados se compararon con la situación original de diseño. De este análisis se pudo establecer que, para la situación de invierno, el prototipo propuesto presenta una ganancia de calor a través de las ventanas un 100% mayor al prototipo original, lo que contrarresta y supera las pérdidas de calor por los muros (fig. 12)

Para la situación de verano, el prototipo propuesto presenta una mayor ganancia de calor, lo que se debe principalmente al incremento de la superficie de envolvente, pero este diseño posibilita la ventilación cruzada y el enfriamiento nocturno de la estructura (fig. 13). Asimismo se pudo verificar que para una superficie de muros un 35% mayor en relación al diseño original, el incremento de las ganancias de calor alcanzan solamente a un 20% más y que para una superficie de ventanas un 34% mayor en relación al diseño original el incremento de las ganancias de calor a través de las superficies vidriadas es un 25% superior (Tabla 1).

Elemento	Prototipo diseño original			Prototipo diseño propuesto		
	Superficie (m ²)	Q verano (W día)	Q invierno (W día)	Superficie (m ²)	Q verano (W día)	Q invierno (W día)
Muro Norte	12,7	3036	-1999	10,56	1124	-742
Ventana Norte	2,4	3303	7156	2,4	694	7784
Muro Norte c/galería	-	-	-	5,12	474	-362
Ventana Norte c/galería	-	-	-	3,52	1023	11416
Muro Sur	11,5	2754	-3284	20,46	2186	-2624
Ventana Sur	1,2	1667	-689	1,14	331	-357
Muro Este	2,64	760	-609	7,68	985	-796
Muro Oeste	16,34	4706	-3770	14,76	1893	-1529
Ventana Oeste	1,68	4576	1594	-	-	-
Cubierta	36,8	2440	-1448	37,36	2477	-1470

Tabla 1: Carga térmica del prototipo original y de la propuesta de diseño.

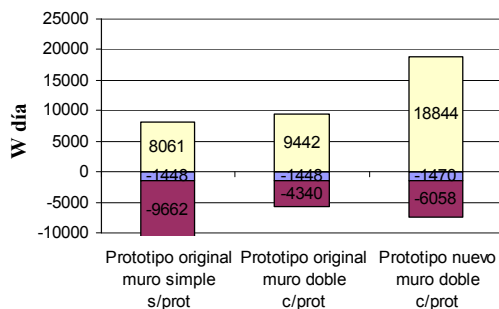


Figura 12: Carga térmica en invierno

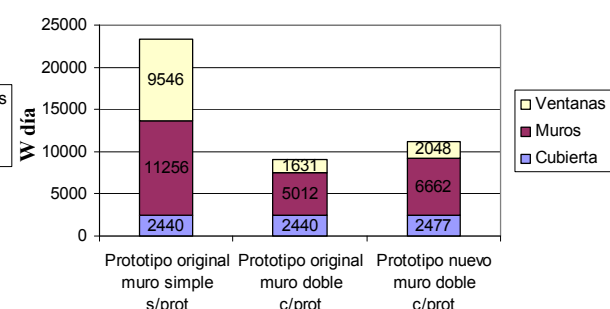


Figura 13: Carga térmica en verano

Estudio del comportamiento ventilante del prototipo:

Siendo una de las pautas básicas aplicadas en el proyecto el planteo de la posibilidad de ventilación cruzada en todos los locales con aberturas enfrentadas a los vientos predominantes de la localidad, se realizaron simulaciones (Santamouris M., 1993) que permitieron estimar el enfriamiento producido por ventilación nocturna. Se realizaron correcciones a los planteos originales de la metodología de cálculo (Santamouris M. Y D. Asimakopulos, 1996). Se consideró para el cálculo las ventanas abiertas en horario nocturno (10 h). En el caso del estar-comedor se utiliza una puerta tipo cancel para reforzar el ingreso de ventilación. La síntesis de las variables consideradas y los resultados obtenidos se observan en la Tabla 2.

Local	Volumen (m ³)	Nº R/h	Caudal (m ³ /seg)	Qv (10 hs) (W)	Superficie Entrada (m ²)	Superficie Salida (m ²)
Dormitorio 1	21,4	77,57	0,117	2339	0,3	1,2
Dormitorio 2	21,5	77,21	0,117	2330	0,3	1,2
Estar-comedor	31,0	53,55	0,291	2939	0,7	1,8

Tabla 2: Resultado de los cálculos ventilación natural del prototipo propuesto

De estos análisis se pudo concluir que es posible extraer por ventilación nocturna (entre las 23:00 y las 8:00 h) una carga térmica de 7008 W. Teniendo en cuenta que en el mencionado horario se produce una ganancia a través de la envolvente de 3506 W, el balance resultará negativo lo que significa que, con el diseño propuesto, se puede producir el enfriamiento de la estructura durante la noche y de esta manera aportar al confort de los usuarios.

Incorporación de sistemas no convencionales de calentamiento de aire:

Teniendo en cuenta los resultados de las encuestas realizadas, en que el 42% de las personas calificaron la situación de invierno como muy fría y el 33% como fría, y que el sistema de calefacción más utilizado son las estufas eléctricas (Gonzalo et al, 2007), se evaluó la posibilidad de incorporar un sistema de calefacción solar pasiva para mejorar las condiciones de confort interior. Para ello se planteó proteger con vidrio la expansión hacia el norte de la galería y pérgola, generando así un efecto invernadero (fig. 14) que permitirá aprovechar radiación solar disponible, la cual para los meses de frío presenta valores promedio de entre 166 y 477 W/m² sobre plano Norte. Por razones de seguridad, puede utilizarse policarbonato en lugar de vidrio.

El uso de este sistema de calefacción pasiva no solo aportaría una ganancia de calor durante el período de invierno, sino que también permitiría una expansión del sector social al posibilitar su integración con el estar-comedor a través de la puerta ventana del mismo. Se prevé desarmar el sistema y proteger la expansión del estar al exterior con una pérgola de hojas caducas para la situación verano (figuras 15 y 16).

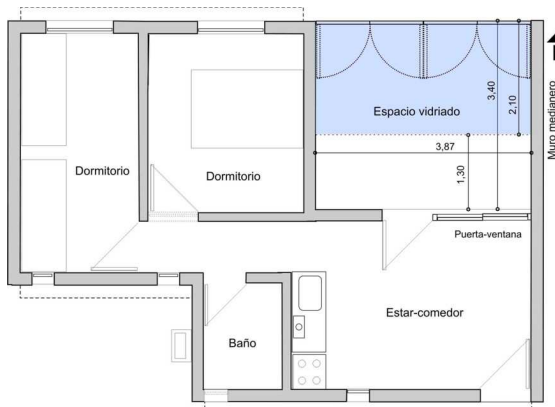


Figura 14: Planta de la vivienda con incorporación del espacio vidriado



Figura 15: Frente de la vivienda con la situación invierno (galería protegida) y verano (pérgola)

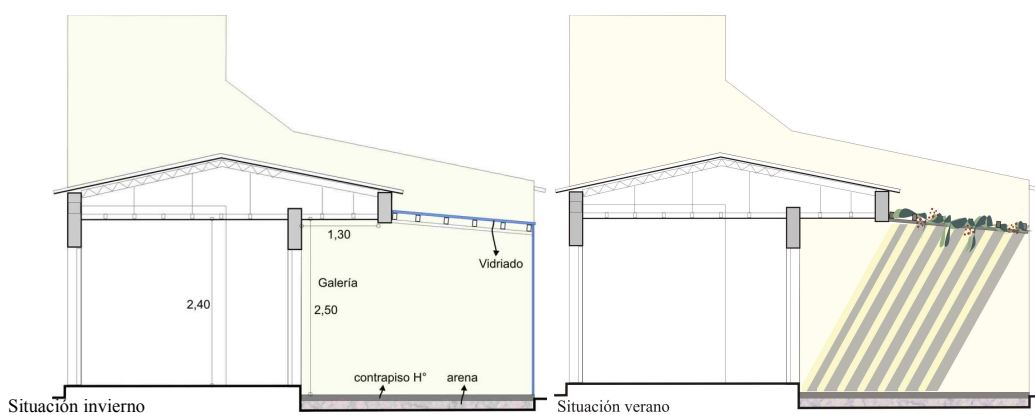


Figura 16: Corte de la vivienda con incorporación del espacio vidriado propuesto para la situación de invierno y verano

El invernadero se plantea con las siguientes consideraciones:

- Superficies transparentes, vertical y horizontal, de vidrio común o policarbonato, orientadas al norte. Superficie vidriada total 17,03 m². Contrapiso de hormigón con agregado pétreo de 10 cm, terminación natural alisada, sobre cama de arena mediana de 15 cm, que permitirá la acumulación de calor y la disminución de las pérdidas por conducción.
- Muro este (medianero) de ladrillo macizo de 0,30 m. No obstante el comportamiento del sistema pasivo podrá mejorarse si se construye dicho muro con las mismas características de los muros planteados para la vivienda (muro doble con aislación térmica).

A fin de poder realizar una primera evaluación de forma sencilla para establecer la conveniencia de aplicar este sistema pasivo, se realizó un balance simplificado del comportamiento térmico de cada uno de los componentes del mismo. Se consideró un ciclo de 24 horas y los valores promedio de temperatura exterior y radiación solar disponible para los meses de mayo-junio-julio.

Las condiciones de asoleamiento sobre las superficies receptoras se verificó a través un modelo a escala, determinándose la superficie horizontal neta que recibe sol, figura 17.

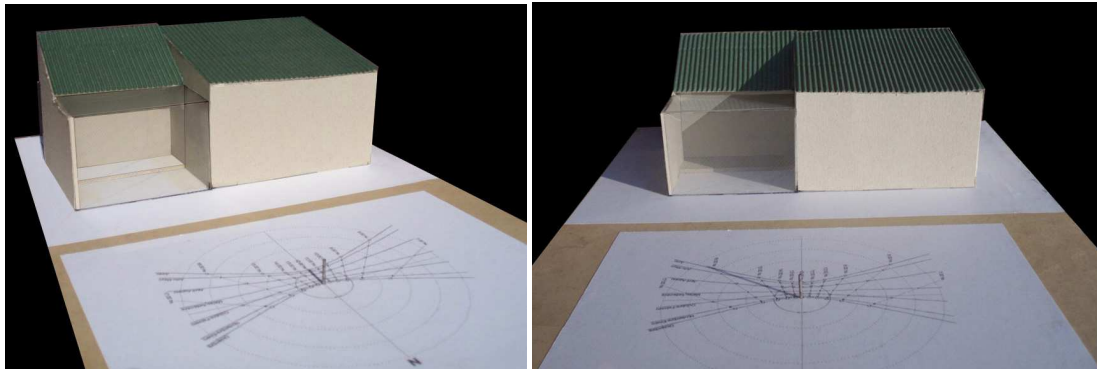


Figura 17: Determinación de sombra sobre superficies transparentes mes de junio: 12 h (izquierda) y 16 h (derecha)

A fin de poder realizar una primera evaluación de forma sencilla para establecer la conveniencia de aplicar este sistema pasivo, se realizó un balance simplificado del comportamiento térmico de cada uno de sus componentes. Los resultados se registran en la tabla 3.

Ganancia de calor (W/día)	Pérdida por vidrio (W/día)	Pérdida por piso (W/día)	Pérdida por muro (W/día)
48.470	-12.697	-843	-1.912
Calor útil generado por invernadero (W/día)			
33.018			

Tabla 3: Resumen de valores ganancia – pérdida para el sistema de calefacción pasiva planteado

Como se observa el calor que se genera con la incorporación del sistema pasivo propuesto puede resultar un aporte interesante para permitir durante el día aumentar la temperatura interior de la vivienda y aproximarse a la situación de confort, minimizando el uso de calefacción convencional, y reduciendo por ello el consumo de electricidad. El balance diario de calor obtenido a través del espacio vidriado de 33.018 W/día, se suma a la ganancia generada por las aberturas orientadas al norte, de 19.200 W/día. Comparando ambos valores observamos que si bien el aporte de calor logrado por medio de las ventanas es importante, la ganancia generada por el sistema propuesto aporta 13.818 W/día más, incrementando la disponibilidad de calor pasivo en un 72%.

Incorporación de sistemas no convencionales de calentamiento de agua:

Como un aporte más para la reducción del consumo de energía convencional se plantea también la integración de un sistema solar pasivo de calentamiento de agua para uso doméstico, mediante la disposición de las placas colectores orientadas al norte, sobre una sección de la cubierta reemplazando la chapa de ese sector, figura 18. El dimensionado del colector se realizó considerando el consumo promedio para una familia de 4-5 personas y para una radiación promedio disponible para el período de invierno. A partir de los cálculos sugeridos (INNOVAR SRL, 2008), el sistema seleccionado se compone de: un termotanque de 300 litros y dos colectores de 1,5m² (longitud 1,52 m - ancho 0,10 m - altura 1,02 m - peso vacío 27 Kg - peso lleno 32 Kg).

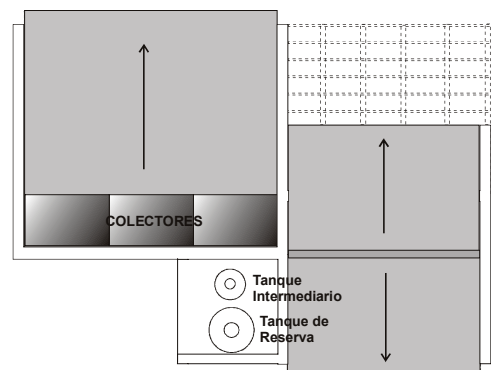


Figura 18: Ubicación del sistema de calentamiento solar de agua

Encontramos que con el sistema seleccionado, la radiación solar disponible y la curva de rendimiento de los colectores indicada por el fabricante, se podría obtener un ahorro anual de \$1.060 por año, con lo cual los equipos se amortizarían en muy poco tiempo, máxime al considerar que el combustible que se usa en la zona para calentamiento de agua es comúnmente el gas envasado y en algunos casos la leña.

Incorporación de sistema fotovoltaico:

Para el sistema de apoyo eléctrico de emergencia, se propone incorporar (al menos en algunas vivienda con carácter demostrativo y de evaluación) un módulo del tipo “Solartec” (ELECE ARGENTINA SRL, 2008) fabricados en base a celdas

fotovoltaicas de silicio policristalino de alta eficiencia, con un rendimiento aproximado al 14% y una potencia nominal de 50 Wp. Se conectará a una batería tipo CP12120D de 12 V y 12 Ah o similar con su respectivo regulador de descarga.

Esto permitiría disponer de luces de emergencia para los casos muy habituales de cortes de energía eléctrica. Si bien el barrio dispone de electricidad de red, por lo que es muy difícil establecer una comparación de eficiencia económica directa, se dispondrá de este equipo como sistema de demostración ya que muchos habitantes del lugar están muy alejados de las redes de electricidad y se puede convertir en una solución adecuada para muchas viviendas y escuelas de la zona.

CONCLUSIONES

Los planteos de viviendas para conjuntos construidos por el estado, por lo general responden a prototipos que se aplican indistintamente en diferentes situaciones climáticas y contextos (urbanos o rurales), teniendo como consecuencia bajas condiciones de habitabilidad.

Este estudio permitió verificar que es posible plantear, dentro de las ajustadas condiciones establecidas en los proyectos estatales de viviendas, una resolución arquitectónica que no significa necesariamente una gran variación presupuestaria y que responde en forma adecuada al clima, disminuyendo el consumo energético y mejorando las condiciones ambientales interiores.

La incorporación de sencillos sistemas no convencionales para el calentamiento del aire permite aprovechar el recurso solar disponible para calefaccionar en forma pasiva las viviendas, posibilitando además la ampliación de su área de uso.

El uso de sistemas energéticos no convencionales para el calentamiento de agua, si bien significan un costo adicional inicial en el monto de obra, posibilitan una disminución del consumo de gas en una zona en donde su costo es elevado y a la vez una racionalización en el uso del mismo.

Agradecimientos: se agradece especialmente la colaboración del Arq. Esteban Pérez Odstrcil para la realización de las imágenes tridimensionales del prototipo de análisis. Además, los apoyos para los relevamientos y estudios en el lugar del Consejo de Investigaciones de la UNT y del Proyecto PAE 2004 N° 22559.

REFERENCIAS

- ELECE ARGENTINA SRL (2008) ET_KS50_v4.pdf. Buenos Aires. Consultado el 10-08-08)
http://www.eleceargentina.com.ar/Paneles_Fotovoltaicos/index.htm
- Gonzalo G. E., S.L. Ledesma, V.M. Nota, C.F. Martinez, E. Ríos Cáceres (2007) "Propuesta de adecuación bioclimática de vivienda de interés social en San Pedro de Colalao, Tucumán". Revista AVERMA, Vol. 11 Año 2007 ISSN 0329-5184
- Gonzalo G.E. (2003). "Manual de Arquitectura Bioclimática". 2ª Edición. Ed. CP 67. Buenos Aires.
- Gonzalo G.E, Ledesma S.L., Nota V.M. y Martinez C.F., (2000). "Evaluación energética-económica del uso de aislación térmica en viviendas para climas cálido y frío". NUTAU'2000, Tecnología & Desarrollo, Brasil, pp. 1970-1977.
- Gonzalo et al (2007). "Evaluación de encuestas y relevamientos realizados en viviendas rurales en San Pedro de Colalao", Gonzalo G., Nota V., Martinez C., Llabra C. y Ríos E. - Proyecto PICTO N° 870. CEEMA-IAA-FAU-UNT. (inédito).
- INDEC (2001). "Censo Nacional de Población y Vivienda 2001". www.indec.gov.ar/web
- INNOVAR SRL (2008) Especificaciones Técnicas de Colectores Solares, San Luis (Sitio Web Consultado el 10-08-08)
http://www.innovarsrl.com.ar/Calefones_solares_serie_v.htm
- Ledesma S.L., Gonzalo G.E, Nota V.M. et al.(2003). "Estudios ambientales en aulas de escuelas públicas en San Miguel de Tucumán", Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol.6, Año 2002, ISSN 0329-5184.
- Ledesma S.L., G.E. Gonzalo, V. Nota (2000) "Análisis y evaluación de consumo energético de un prototipo de vivienda en zona cálido húmeda" Actas NUTAU'2000, X Congreso Ibérico e V Congreso Ibero-Americano de Energía Solar, San Pablo, Brasil, Agosto de 2000.
- Moreno R. (2007). Datos de encuestas y relevamientos cedidos por el Sr. Roberto Moreno, ex Delegado comunal de SPC.
- Normas IRAM 11601 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Condiciones de habitabilidad en edificios.
- Normas IRAM 11625 (1991). Acondicionamiento térmico en edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en muros y techos de edificios.
- Santamouris M. (1993). NORMA. A method to calculate the thermal performance of passively cooled buildings. Cooling Load of Buildings, Vol. 5, V.1.1, School of Architecture, Dublin, Ireland.
- Santamouris M. Y D. Asimakopulos, Ed. (1996) "Passive cooling of buildings", James & James, London.

Abstract: The paper presents a proposal of a bioclimatic design of a neighborhood located in San Pedro de Colalao, Tucuman. Our objective is to improve the housing energetic performance and optimized its habitability. Based on a project sponsored by the State Institute of Housing and Urban Development of Tucuman (Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano), changes were made in a group of 41 low income houses. The proposal included a prototype design considering the climate adequacy and the incorporation of non-conventional energy systems. A software program and simple equations were used for the proposal analysis. The overall thermal behavior, the natural ventilation conditions, and the energy savings achieved by the use of non-conventional energy systems for heating and water were evaluated. The analysis has proved that this bioclimatic design might improve substantially the living conditions as well as reduce the energy consumption.

Keywords: Social Housing, climate adaptation, habitability, renewable energies.