

DISEÑO DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL. SU ADECUACIÓN A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE TUCUMÁN

M. C. Cangemi, S.L. Ledesma, V.M. Nota

Instituto Provincial de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Provincia de Tucumán
Idelfonso de las Muñecas 455 – 4000 Tucumán – Argentina - Tel.: +54 381 4212142
Email: ceciliacangemi@hotmail.com

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: sledesma@arnet.com.ar – vnota01@yahoo.com.ar

Recibido 16/08/13, Aceptado 30/09/13

RESUMEN: El trabajo presenta la propuesta de diseño de viviendas de interés social desarrollada por el Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano de Tucumán, en el marco del Proyecto GEF “Eficiencia energética y energías renovables en la vivienda social”. Se tuvo como premisa de diseño disminuir la demanda energética en las viviendas construidas por el Estado y se proyectaron respondiendo a pautas bioclimáticas adecuadas al sitio de emplazamiento. Se evaluó el comportamiento energético-ambiental de las propuestas comparativamente con las viviendas sociales convencionales. A partir de cálculos computacionales, ecuaciones simplificadas y métodos gráficos se analizó el comportamiento térmico, condiciones de asoleamiento y ventilación natural de las viviendas. Los resultados alcanzados demuestran que es posible mejorar sustancialmente el comportamiento energético de las viviendas a partir de un diseño eficiente, sin incrementar significativamente sus costos.

Palabras clave: vivienda social, energía, habitabilidad, clima.

INTRODUCCIÓN

El trabajo se desarrolla en el marco del Proyecto GEF (Fondo Mundial para el Medio Ambiente), “Eficiencia energética y energías renovables en la vivienda social” el cual, reconociendo al sector residencial como uno de los principales contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero en el país; plantea como objetivo establecer lineamientos normativos y tecnológicos para el diseño y uso de la vivienda social, con el fin de disminuir su demanda energética y por lo tanto reducir la emisión de gases de efecto invernadero. El Proyecto, que se implementa en diferentes provincias del país, plantea el diseño, construcción y posterior monitoreo de viviendas de interés social con criterios bioclimáticos, aplicando tecnologías y materiales que incrementen la eficiencia energética e incorporando la utilización de recursos renovables para el ahorro de energía.

El proyecto se desarrolla con la participación conjunta de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SDUyV), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), la Secretaría de Energía (SE) e Institutos Provinciales de Vivienda (IPV) de diferentes provincias.

Tucumán constituye una de las provincias en donde se prevé la construcción y posterior evaluación de un conjunto de viviendas, que fueron diseñadas por profesionales del Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano (IPVyDU) de Tucumán, respondiendo a las características climáticas de la localidad, contemplando mejoras en su envolvente e incorporando sistemas solares pasivos.

El Proyecto GEF, establece diferentes categorías para el diseño y posterior evaluación de las viviendas:

Viviendas de Referencia: Son viviendas convencionales diseñadas y construidas por el IPVyDU, las que responden a los estándares mínimos de habitabilidad, cumpliendo con el valor de transmitancia térmica máxima admisible establecido por Norma IRAM 11.605, para el Nivel C, de Confort Higotérmico.

Viviendas Categoría 1 y 2: Son prototipos que presentan el mismo diseño que las viviendas de referencia, pero se modifica la solución constructiva de su envolvente, con el objeto de cumplir con el valor de transmitancia térmica máxima admisible establecido por Norma IRAM 11.605, para el Nivel B y con la verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial según Norma IRAM 11.625. Las viviendas de Categoría 1 se evaluarán ocupadas y para las de Categoría 2 se prevé su monitoreo sin ocupación.

Viviendas Categoría 3 y 4: Son prototipos diseñados respondiendo a pautas y estrategias bioclimáticas, con la incorporación de sistemas pasivos para la calefacción y el enfriamiento natural, de modo de garantizar un mayor confort higotérmico con un menor uso de energías convencionales y por lo tanto aportar a la disminución de emisiones GEI. Para las viviendas Categoría 4 se prevé la posible incorporación de sistemas solares activos.

DESCRIPCIÓN DE TRABAJO

Ubicación:

Los prototipos de vivienda se ubican en el conjunto habitacional “Lomas del Tafi”, situado en la localidad de Tafi Viejo en la provincia de Tucumán, Argentina. Este sector fue seleccionado debido a que es una zona urbana con una densidad de población media, cuenta con una completa infraestructura de servicios, presenta una buena accesibilidad y se encuentra próxima a viviendas construidas que servirán como prototipos de referencia. El terreno, de una superficie total de 50,1 m por 100,8 m, se divide en 16 lotes de 12,5 m por 25 m, los cuales fueron definidos de manera tal de poder ubicar los 16 prototipos de estudio en 4 orientaciones diferentes (figura 2).



NE-SO ---24
SO-NE ---12

SE-NO---22
NO-SE - 24

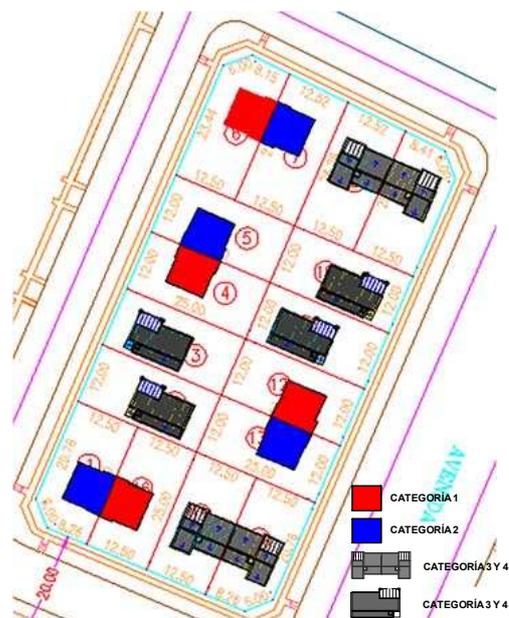


Figura 1: Sector del Barrio Lomas de Tafi con las viviendas de referencia y ubicación del lote para las viviendas categorías 1 a 4.

Figura 2: Lote con la ubicación de las viviendas categoría 1, 2, 3 y 4

Situación climática:

La localidad de Tafi Viejo, ubicada en la zona bioambiental IIb, presenta elevadas temperaturas en verano y relativamente bajas en invierno, con poca amplitud térmica y altos niveles de humedad durante la mayor parte del año. Los valores medios estacionales de temperatura y humedad relativa se indican en tabla 1.

Latitud: -26,78°		Longitud: -65,24°		Altitud: 450 m snm			
Temperaturas							
Verano				Invierno			
Máxima	Mínima	Max. absoluta	Amplitud térmica	Máxima	Mínima	Min. absoluta	Amplitud térmica
30,7°	19,8°	41,8°	11,1°	19,9°	7,7°	-2,2°	12,2°
Humedad relativa							
Verano				Invierno			
Máxima		Mínima		Máxima		Mínima	
82%		63%		80%		61%	

Tabla N° 1: Datos geográficos y climáticos de la localidad de Tafi Viejo.

Los vientos presentan un comportamiento similar en ambas estaciones. En el verano, las direcciones predominantes son la Sur y Suroeste, con frecuencias de 158 y 153 (escala de 1000), entre ambos alcanzan más de 300 registros. La orientación Norte también presenta registros considerables. Se observa un importante período de calma (322) y bajas velocidades, con valores máximos promedio de 10 Km/h. En invierno, se mantienen las direcciones de los vientos predominantes, adquiriendo relevancia también la orientación Norte.

Las principales estrategias bioclimáticas de diseño recomendables de aplicar, determinadas con el programa CEEMAESTBIO1000 (Gonzalo, 2008), son: para la estación cálida, lograr enfriamiento pasivo fundamentalmente a través de ventilación natural selectiva y minimizar las ganancias de calor a partir de ofrecer alta resistencia térmica de la envolvente y de obstruir la incidencia de la radiación solar en superficies opacas y transparentes. Para el período invernal, situación que se deberá también considerar, favorecer la calefacción solar pasiva a partir de aprovechar el aporte de la radiación solar por ganancia directa y disminuir las pérdidas de calor, disponer una envolvente con alta resistencia térmica (ver figura 3).

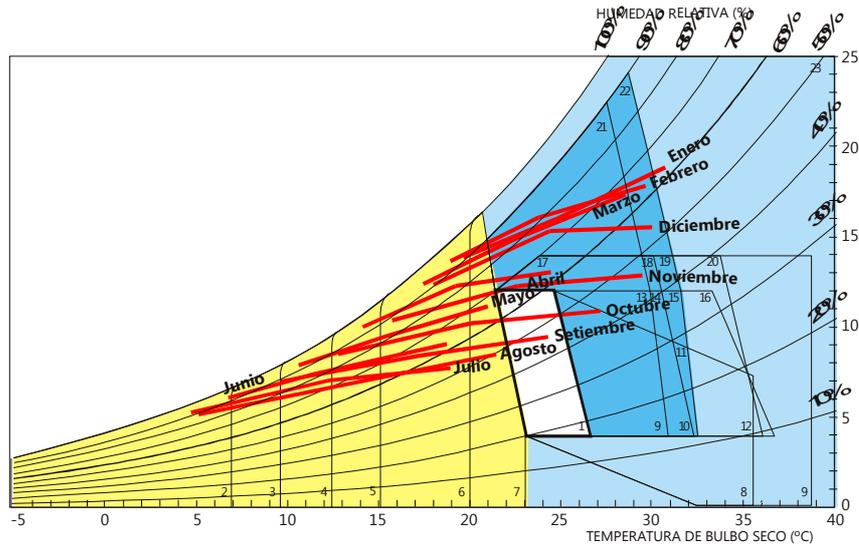


Figura 3: Diagrama psicrométrico con valores de temperatura y humedad de la localidad de análisis.

Descripción de las viviendas en sus diferentes categorías:

Viviendas de Referencia:

Para la determinación de las viviendas de referencia, se seleccionó un prototipo, construido en zona cercana al terreno destinado para el proyecto, se identificaron 24 viviendas con orientación NE, 12 con orientación SO, 22 con SE y 24 con NO en los sectores XVII y XVIII de Lomas de Tafi. (ver figura 1)

Estas viviendas tienen 53,53 m² de superficie cubierta y 3,05 m² de superficie semicubierta. Cada unidad tiene dos dormitorios con su correspondiente espacio de guardado, un baño completo, estar y cocina – comedor. El estar tiene la posibilidad de convertirse en un tercer dormitorio. El retiro de la línea municipal es de 6 m (figura).

La envolvente se resuelve con muros exteriores de ladrillo hueco de 0,18 m, con ambas caras revocadas y con la cubierta de chapa galvanizada sobre estructura metálica, con cielorraso suspendido de placas de roca de yeso con aislación térmica de lana de vidrio de 2" con papel kraft (hacia abajo). Las ventanas son de vidrio simple con carpintería metálica y rejas de protección (figuras 4 y 5).

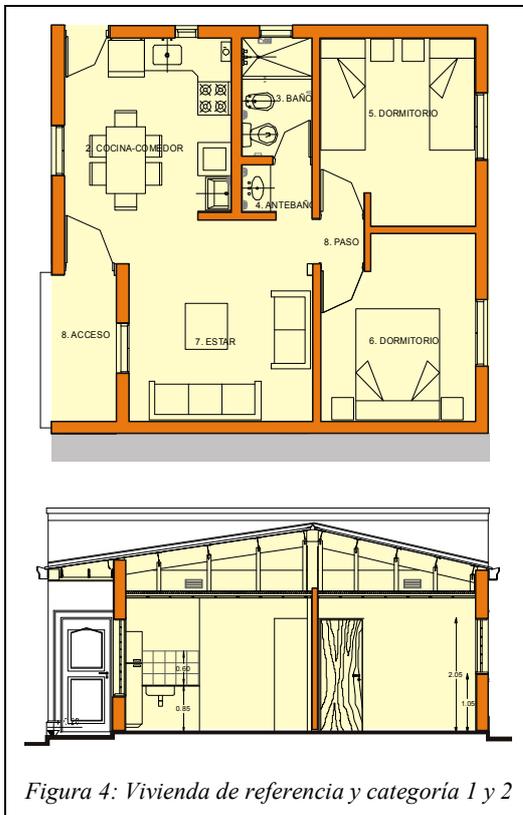


Figura 4: Vivienda de referencia y categoría 1 y 2

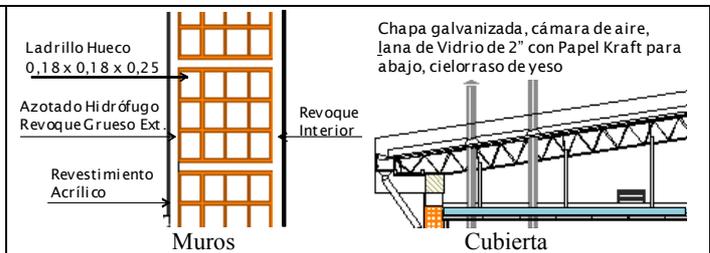


Figura 5: Detalles constructivos viviendas de referencia

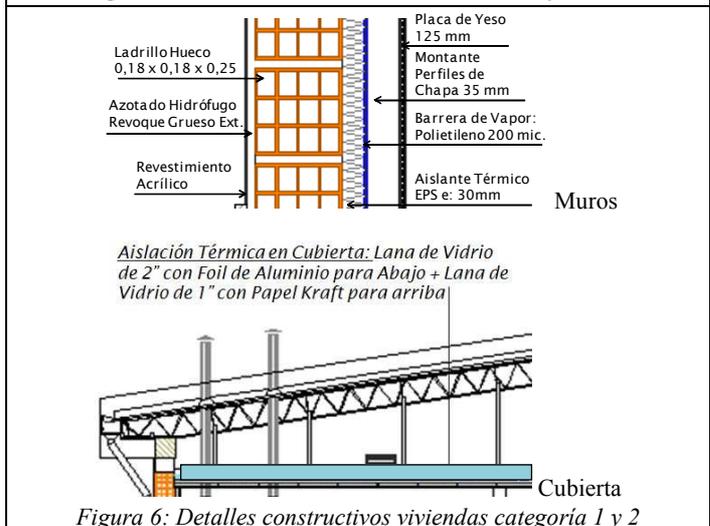


Figura 6: Detalles constructivos viviendas categoría 1 y 2

Viviendas Categorías 1 y 2:

Presentan el mismo diseño que las viviendas de referencia, pero se plantea una nueva la solución constructiva de su envolvente, con el objeto de cumplir con el valor máximo de transmitancia térmica para el Nivel B y con la verificación del riesgo de condensación. Se proponen los muros de ladrillo hueco de 0,18 m, con aislación térmica de poliestireno expandido de 30 mm de espesor, barrera de vapor de polietileno de 200 micrones, cámara de aire y paneles de roca de yeso hacia el interior; y cubierta de chapa galvanizada sobre estructura metálica con cielorraso suspendido de placas de roca yeso y aislación térmica de lana de vidrio de 3" (figuras 4 y 6)

Viviendas Categoría 3 y 4:

Estos prototipos (figuras 7 y 8), que deben poder resolverse con los accesos hacia las cuatro orientaciones y se diseñaron respondiendo a pautas y estrategias bioclimáticas, con la incorporación de sistemas pasivos para la calefacción y el enfriamiento natural, respondieron a las siguientes consideraciones de diseño bioclimático:

- Ubicar los locales de mayor permanencia y desbordes al Norte de manera tal de aprovechar la radiación solar para calefacción solar pasiva en invierno y disminuir las ganancias de calor en el verano.
- Para los lotes con acceso norte-sur, plantear un diseño que permita el acceso desde el norte o sur indistintamente a fin de mantener los locales y aventanamientos principales al norte. Para los lotes con acceso este-oeste, ubicar la vivienda exenta en el lote, recostada sobre la medianera sur a fin de posibilitar la ubicación de los locales y aventanamientos principales al norte.
- Resolver el acceso a través de un espacio de transición que funciona regulando la incidencia del sol con la utilización de vegetación de hojas caducas.
- Incorporar aleros y cortinas de enrollar en las aberturas, para disminuir la ganancia de calor, por ingreso de radiación solar directa, y disminuir ganancias o pérdida de calor a través de las superficies vidriadas, en el primer y segundo caso respectivamente
- Con el objeto de alcanzar el enfriamiento natural por ventilación, disponer locales con aberturas de entrada y salida del aire (estar-comedor) y tabiques permeables (en dormitorios), de manera de posibilitar la ventilación cruzada, teniendo en consideración la dirección predominante de los vientos S y SO.
- Mejorar el comportamiento térmico de la envolvente, minimizando las ganancias y pérdidas de calor, con la incorporación de materiales aislantes y cámara de aire en muros y materiales aislantes en cubierta.

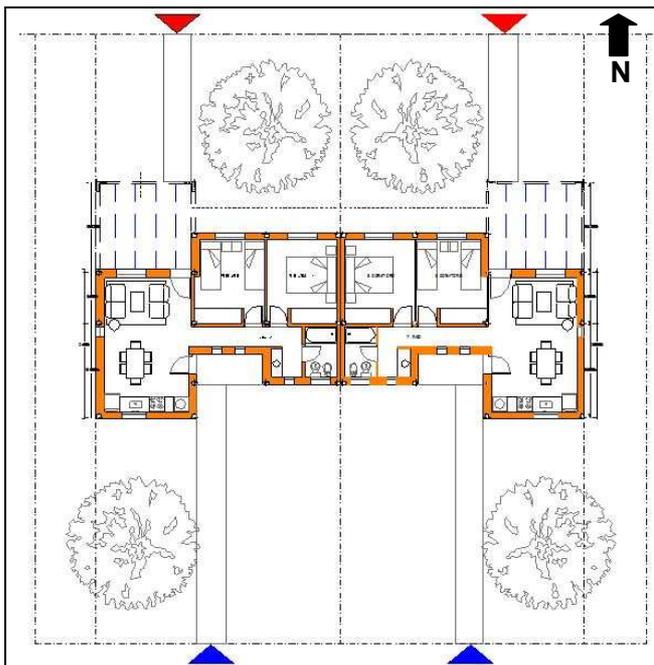


Figura 7: Plantas de la vivienda con acceso Norte o Sur

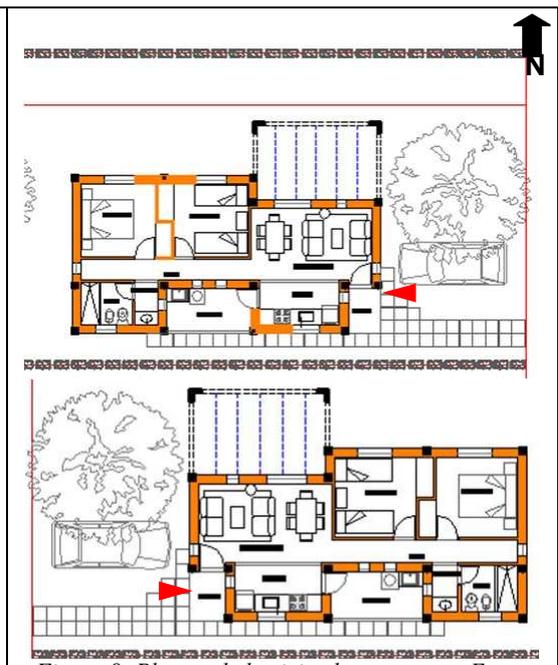


Figura 8: Plantas de la vivienda con acceso Este u Oeste



Figura 9: Vistas de la vivienda con acceso Norte o Sur

Los muros se resolvieron de ladrillo hueco de 0,18 m, con aislación térmica de poliestireno expandido de 50 mm de espesor, como barrera de vapor de polietileno de 200 micrones y con paneles de roca de yeso. La cubierta se planteó de chapa galvanizada sobre estructura de madera con cielorraso machihembrado de madera, barrera de vapor de polietileno de 200 micrones y aislación térmica de poliestireno expandido de 100 mm de espesor (figura 10).

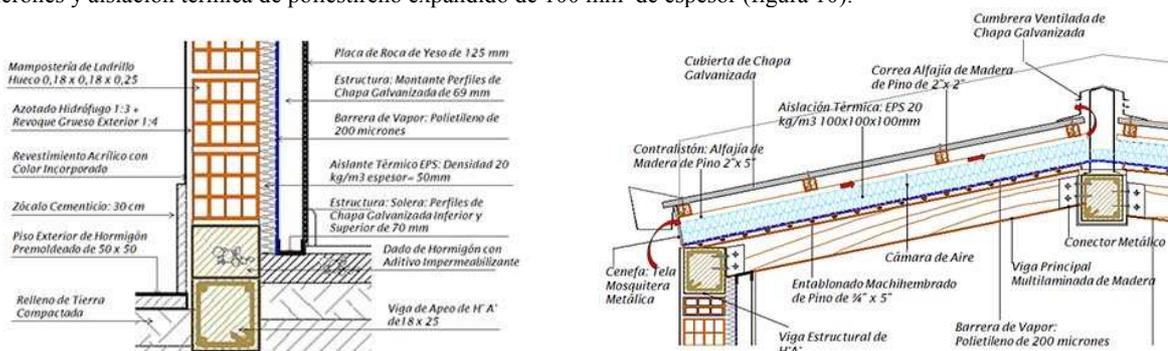


Figura 10: Características constructivas de muros y cubierta de la vivienda categoría 3 y 4

En el siguiente cuadro se muestran las variables morfológicas de las viviendas para distintas categorías de análisis.

Nivel de análisis	Sup.total (m ²)	Sup.cub. (m ²)	Sup. útil (m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Sup. transparente (m ²)	Sup. opaca (m ²)	
VIVIENDA DE REFERENCIA	55,38	52,88	45,91	2,45	112,47	5,5	48,1	
VIVIENDAS CATEGORIA 1 Y 2	56,96	54,46	44,8	2,45	109,76	5,5	48,1	
VIVIENDAS CATEGORIA 3 y 4	Con acceso NORTE - SUR	60,97	59,30	48,18	2,8 (promedio)	134,9	8,28	72,5
	Con acceso ESTE -OESTE	63,67	59,77	47,18	2,8 (promedio)	132,1	9,48	89,34

Tabla N°2: Principales variables morfológicas de las viviendas para las diferentes categorías de análisis.

Estudios realizados:

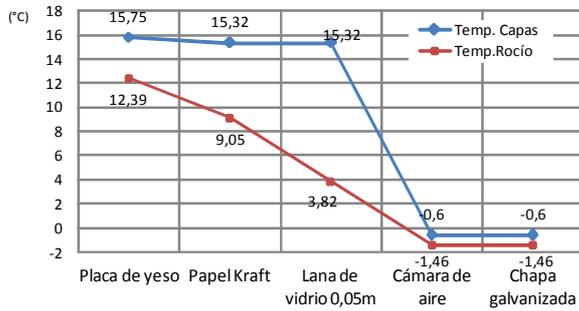
Las viviendas en sus diferentes categorías fueron evaluadas en su comportamiento higrotérmico. Se analizaron los elementos constructivos de la envolvente, determinándose la transmitancia térmica (K) de los elementos opacos, su verificación con los valores máximos establecidos por Normas IRAM 11.605, para los niveles de confort mínimo (nivel C) y recomendado (nivel B) con el programa CEEMAKMP.xls (Gonzalo, 2008). Se verificó, además, el riesgo de condensación superficial e intersticial con el uso del programa CEEMACOND.xls (Gonzalo, 2008). Los resultados alcanzados pueden observarse en tablas 3 y 4.

Componentes	K calculado		Verificación K - Nivel C			Verificación K - Nivel B		
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano color claro	Verano	Invierno	Verano color claro
Vivienda de referencia: Chapa galvanizada, Cámara aire, Lana vidrio 2", Papel kraft, Yeso suspendido	0,53	0,57	0,72	1,00	0,94	0,45	0,82	0,59
Vivienda Categoría 1 y 2: Chapa galvanizada, Cámara aire, Papel kraft Lana vidrio 3", Foil de aluminio, Placa de yeso	0,43	0,49	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Vivienda Categoría 3 y 4: Chapa galvanizada, Cámara aire 0,025, EPS 0,10 m, Polietileno, Entablonado madera	0,30	0,32	SI	SI	SI	SI	SI	SI

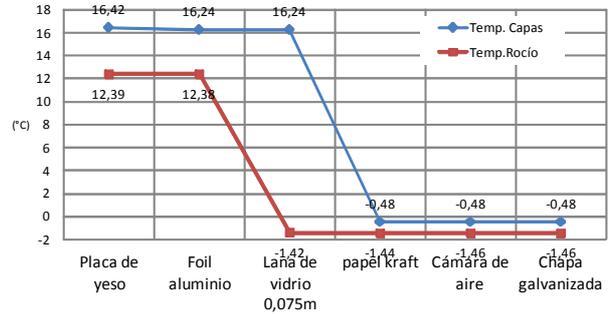
Tabla N°3: Transmitancia térmica y verificación de normas de cubiertas para las diferentes categorías de análisis.

A partir de los estudios térmicos, se concluye que, si bien la vivienda de referencia, posee con una cubierta liviana con cámara de aire y aislación térmica, su coeficiente K supera los valores normados para el nivel B de confort higrotérmico para la situación de verano. Las cubiertas propuestas para las categorías 1 a 4, presentan un mejor comportamiento térmico, presentando valores de K por debajo de los normados.

Vivienda de referencia



Vivienda categoría 1 y 2



Viviendas categoría 3 y 4

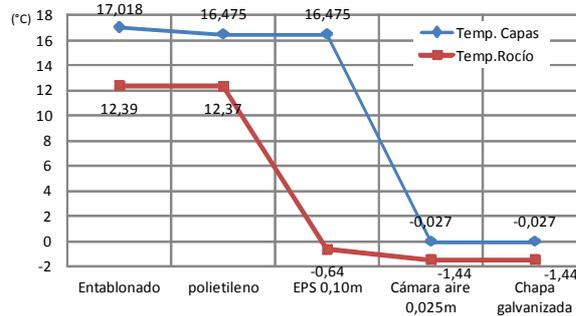


Figura 11: Verificación de riesgo de condensación de cubiertas de las viviendas para las diferentes categorías de análisis.

La figura 11 demuestra que ninguna de las diferentes soluciones de cubierta presenta riesgo de condensación de vapor de agua.

Componentes	Verano	Invierno	Verificación K - Nivel C			Verificación K - Nivel B		
			Verano	Invierno	Verano color claro	Verano	Invierno	Verano color claro
			1,80	1,82	2,16	1,10	1,01	1,32
Vivienda de referencia: Revoque exterior Ladrillo cerámico hueco 0,18, Revoque interior	1,52	1,52	SI	SI	SI	NO	NO	NO
Vivienda Categoría 1 y 2 Revoque ext., Lad. Cerám. Hueco 0,18 EPS 0,03 Plástico 200 mic Cámara aire 0,035 m Placa de yeso Enduido plástico, Pintura látex	0,60	0,60	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Vivienda Categoría 3 y 4 Revoque ext., Lad. Cerám. Hueco 0,18 EPS 0,05 Plástico 200 mic Cámara aire 0,035 m Placa de yeso Enduido plástico, Pintura látex	0,44	0,44	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla N° 4: Transmitancia térmica y verificación de normas de los muros para las diferentes categorías de análisis

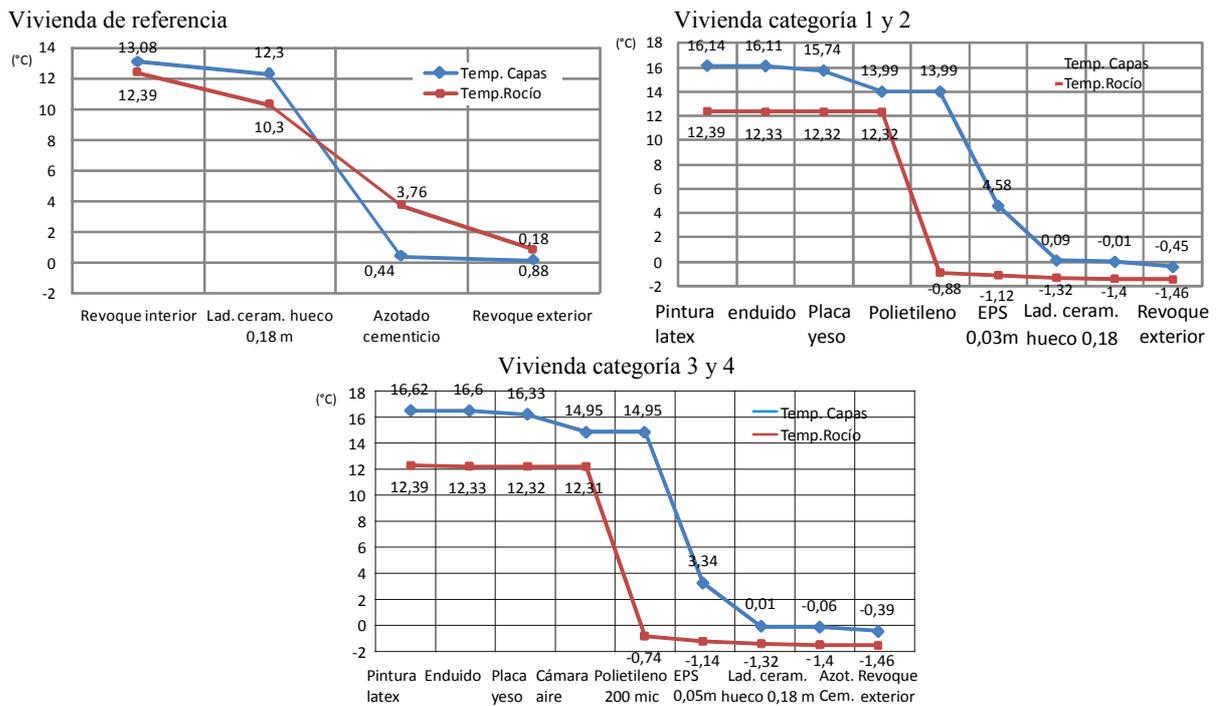


Figura 12: Verificación de riesgo de condensación intersticial en muros para las diferentes categorías de análisis.

Vivienda de referencia					Vivienda categoría 1 y 2					Vivienda categoría 3 y 4				
	Rsi	Tsi	T rocío	Condensa		Rsi	Tsi	T rocío	Condensa		Rsi	Tsi	T rocío	Condensa
Superficie general	0,17	13,3	12,3	NO	Superficie general	0,17	16,2	12,3	NO	Superficie general	0,17	16,6	12,3	NO
Aristas superiores	0,25	11,1	12,3	SI	Aristas superiores	0,25	15,3	12,3	NO	Aristas superiores	0,25	16,0	12,3	NO
Aristas inferiores	0,34	8,6	12,3	SI	Aristas inferiores	0,34	14,3	12,3	NO	Aristas inferiores	0,34	15,2	12,3	NO
Detrás de muebles	0,5	4,2	12,3	SI	Detrás de muebles	0,5	12,6	12,3	NO	Detrás de muebles	0,5	14,0	12,3	NO

Figura 13: Verificación de riesgo de condensación superficial en puntos singulares de los muros.

Puede observarse que, los muros de la vivienda de referencia presenta un coeficiente K que supera los valores máximos establecidos por Normas, para el nivel B, así también presenta riesgo de condensación intersticial y superficial (tablas 3 y 4, figuras 11, 12 y 13). Las soluciones constructivas propuestas para las viviendas en sus diferentes categorías, presentan un mejor comportamiento higrotémico, cumplen con los valores normados e incluso verifican las categorías 3 y 4, los valores normados para el nivel A. Puede observarse también que no presentan riesgo de condensación superficial ni intersticial. A efectos de cuantificar las mejoras en el comportamiento térmico producidas por la modificación de la envolvente, se evaluó primeramente la vivienda en referencia (cuya envolvente verifica el Nivel C de IRAM), y las viviendas categorías 1 y 2 (con muros y cubierta que verifican Nivel B) giradas a 90° (Ledesma, Nota, 2012). Los resultados se muestran en tabla 5.

		Posición 1		Posición 2		Posición 3		Posición 4	
Elemento	Estación	Vivienda referencia	Viviendas Cat.1 y 2	Vivienda referencia	Viviendas Cat. 1 y 2	Vivienda referencia	Viviendas Cat.1 y 2	Vivienda referencia	Viviendas Cat. 1 y 2
		Wdía	Wdía	Wdía	Wdía	Wdía	Wdía	Wdía	Wdía
cubierta	invierno	-2122	-2086	-2122	-2086	-2122	-2086	-2122	-2086
	verano	5299	4199	5299	4199	5299	4199	5299	4199
muros	invierno	-7729	-3327	-8248	-3504	-8219	-3485	-7722	-3490
	verano	11929	5068	11883	5048	11882	4992	11930	5068
ventanas	invierno	2902	2902	1911	1911	2053	2053	2761	2761
	verano	11244	11244	11149	11149	11162	11162	11230	11230
Q Total diario (estación: Invierno)		-6949	-2511	-8459	-3679	-8288	-3518	-7083	-2815
Q Total diario (estación: Verano)		28472	20511	28331	20396	28343	20353	28459	20497

Tabla N° 5: Cargas térmicas de la vivienda de referencia y las viviendas categorías 1 y 2.

Al analizar los resultados alcanzados se pudo observar la notable mejoría que presenta en su comportamiento las viviendas con la envolvente mejorada (Nivel B), con respecto a la vivienda de referencia, con una reducción en el orden del 65% en las cargas de calefacción y una reducción del 28% en las cargas de enfriamiento, para la situación mas favorable (posición 1, frente Noroeste). Se entiende que una mayor reducción en las cargas de enfriamiento se lograría al plantear protecciones en las ventanas, ya que las viviendas categorías 1 y 2 presentan también, una elevada ganancia de calor a través de sus aventanamientos, dado que no poseen ningún tipo de protección.

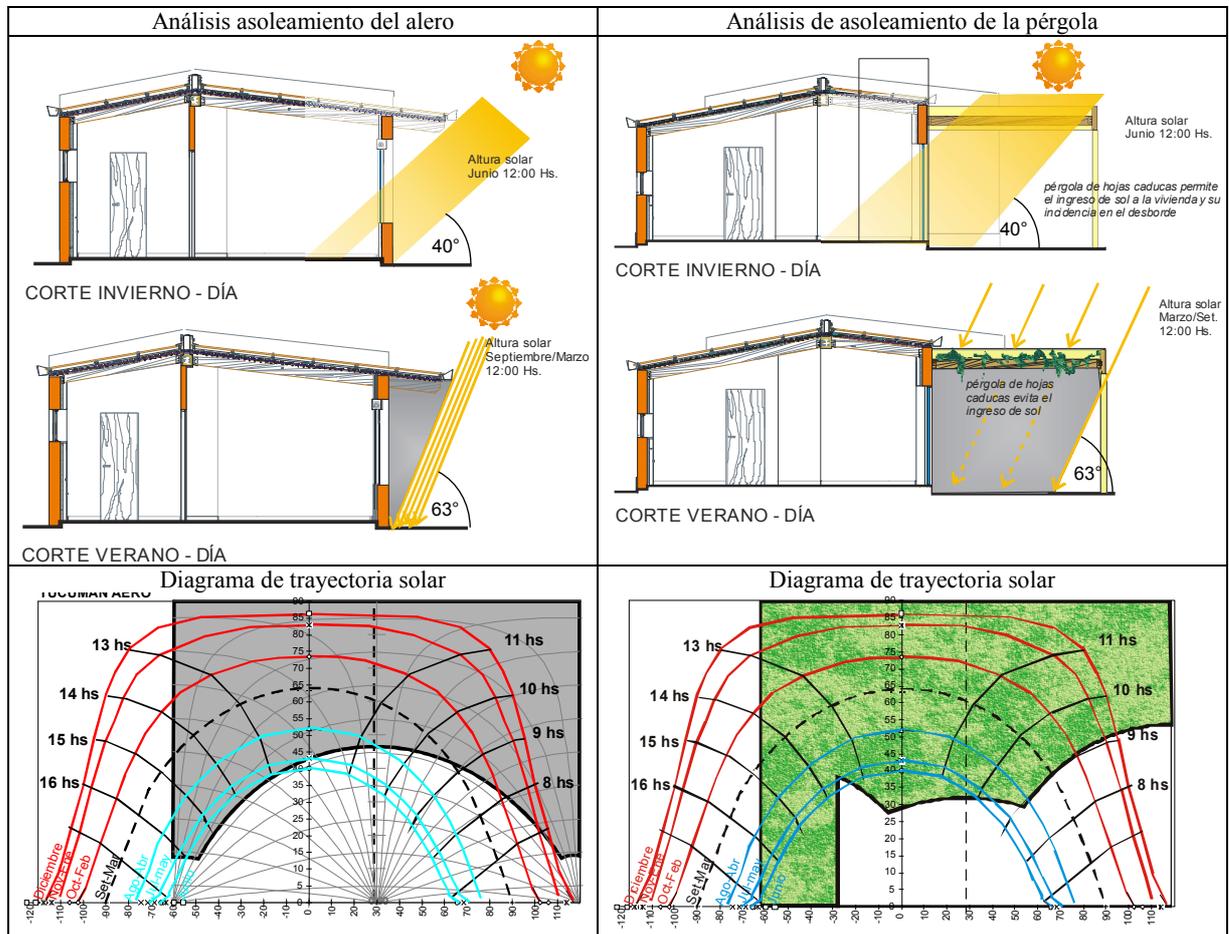


Figura 14: Evaluación de comportamiento de las protecciones solares de la fachada norte de las viviendas categoría 3 y 4.

En las propuestas de diseño de las viviendas categorías 3 y 4, se planteó la incorporación de aleros, pérgolas y cortinas de enrollar en las aberturas, para evitar el ingreso de la radiación solar directa en verano y para disminuir ganancias o pérdidas de calor a través de las superficies vidriadas.

A fin de determinar el comportamiento de las protecciones solares se evaluaron, mediante métodos gráficos, las condiciones de asoleamiento en muros y ventanas, para las estaciones de verano e invierno. Los resultados se muestran en la figura 14.

Del análisis del comportamiento solar del alero se observa que, en invierno, el sol incide sobre el muro y ventanas aproximadamente desde las 7:00 a 12:00 hs, por lo que hay prácticamente cinco horas de sol con el consiguiente beneficio de aporte de calor. Las cortinas de enrollar de las ventanas permiten regular el ingreso de sol al interior de los locales según las necesidades estacionales. En verano, en el muro protegido por el alero, el sol sólo incide en un promedio de dos horas, entre las 6:00 y 8:00 de la mañana, siendo poco significativo el aporte de calor e incluso conveniente desde el punto de vista de higiene ambiental.

Del análisis del comportamiento solar de la pérgola se observa que, en invierno, la pérdida de hojas de la enredadera en el período frío, posibilita la incidencia del sol desde las 7:00 a 15:00 hs, presentando ocho horas de incidencia de sol sobre muros y ventanas, con el consiguiente beneficio de aporte de calor. En verano, el muro y ventana se encuentran protegidos por la vegetación de la pérgola, incidiendo el sol en un promedio de dos horas, entre las 6:00 y 8:00 Hs, siendo este aporte poco significativo. A efectos de valorar la incidencia de la pérgola en los cálculos térmicos de muros y ventanas se considera: para la situación de invierno el ingreso del 80% de la radiación solar incidente debido a la obstrucción de la estructura de la pérgola y del ramaje, para la situación de verano el ingreso del 30% de la radiación incidente en función de la permeabilidad del follaje.

Finalmente, y a efectos de valorar comparativamente las viviendas correspondientes a las diferentes categorías, se determinaron las cargas térmicas estacionales para los distintos casos. Los resultados se observan en tabla 6 y figura 15.

Elemento		Viviendas de referencia		Viviendas categorías 1 y 2		Viviendas categorías 3 y 4	
						Con acceso N-S	Con acceso E-O
		Estación	Wdía	Wdía	Wdía	Wdía	
cubierta	invierno	-2122	-2026	-1343	-1219		
	verano	5299	4249	3182	3009		
muros	invierno	-8219	-3485	-3343	-4717		
	verano	11882	4992	4500	6993		
ventanas	invierno	2053	2053	7799	8234		
	verano	11162	11162	5451	7096		
Q total diario (invierno)		-8288	-3458	2579	2298		
Q total diario (verano)		28343	20353	13133	17098		

Tabla N° 6: Cargas térmicas estacionales para cada situación de análisis.

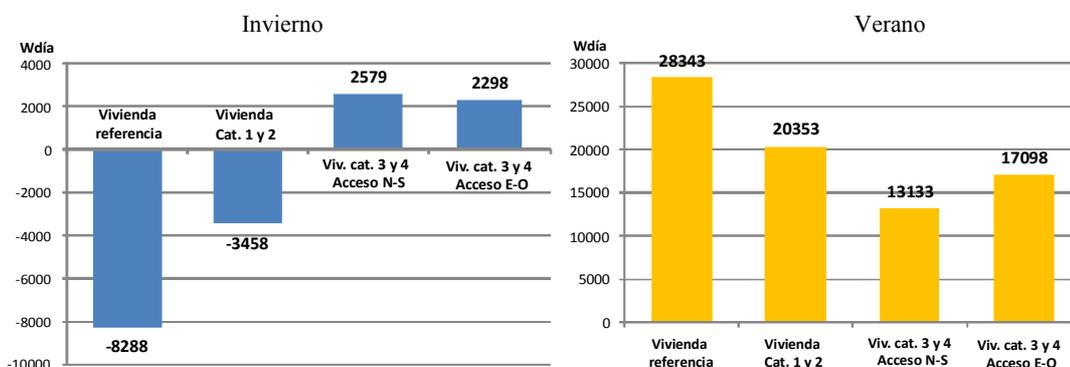


Figura 15: Carga térmica comparativa de las vivienda en las diferentes categorías de análisis, para las situaciones de invierno y verano.

Colectores solares para agua caliente sanitaria:

Como un aporte más para la reducción del consumo de energía convencional, se propone para la vivienda categoría 4, la integración de un sistema solar pasivo de calentamiento de agua para uso doméstico, mediante la disposición de las placas colectoras orientadas al norte, sobre un sector de la cubierta. El dimensionado del colector se realizó considerando el consumo promedio para una familia de 4 personas y para la radiación promedio disponible para el período de invierno (10 Mj/m²). El sistema seleccionado se compone de: un tanque de almacenamiento de 260 litros y dos colectores de 1,4 m² (longitud 1,42 m - ancho 0,10 m - altura 1,02 m - peso vacío 27 Kg - peso lleno 32 Kg).

El sistema seleccionado, en función de la radiación solar disponible y el rendimiento de los colectores, provee mediante energía solar el 55% de la energía necesaria para el calentamiento de agua de la vivienda, permitiendo obtener un ahorro anual de energía convencional (gas) de 2012 kW/h.



Figura. Ubicación de los colectores solares en la vivienda.

CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados permitieron observar que, para la situación de invierno, las viviendas prototípicas del IPV, con la envolvente mejorada (categorías 1 y 2), presentan una reducción en la pérdida de calor en el orden del 60 % en relación a la vivienda de referencia. En cambio las viviendas diseñadas con criterios bioclimáticos (categorías 3 y 4) presentan en su

balance térmico diario no sólo una disminución en las pérdidas de calor a través de las superficies opacas, sino fundamentalmente una mayor ganancia a través de las ventanas, lo que determina un importante aporte para la calefacción solar pasiva en invierno, estrategia básica a implementar para invierno en la localidad en análisis.

Para la situación de verano, las viviendas con la envolvente mejorada (categorías 1 y 2) presentan una notable disminución de las cargas térmicas, sobre todo en los muros que presentan una reducción de sus valores, en el orden del 60 % en relación a la vivienda de referencia, dado que las ventanas no presentan protecciones solares, las ganancias se mantienen idénticas a la situación de referencia, por lo que la reducción total de ganancia térmica se encuentra en el orden del 30 %.

Las viviendas categoría 3 y 4 con acceso N-S, presentan un notable mejoramiento en su comportamiento térmico, verificándose una reducción en las ganancias de calor del 40% en cubierta, 63 % en muros, y 54% en ventanas, lo que determina una disminución en las ganancias totales del 54 %.

Las viviendas con acceso E-O, presentan una reducción en la ganancia térmica total del 40% en la en relación a la vivienda de referencia. Esto se debe a que, por ubicarse exenta en el terreno, presenta una mayor superficie de envolvente que la vivienda con acceso Norte-Sur, la cual al disponerse apareada, tiene una cara menos en contacto con el exterior, no obstante cabe aclarar que en un terreno de dimensiones convencionales del IPV (10 m de frente) la vivienda se extendería de medianera a medianera, lo cual determinaría un mejor comportamiento térmico.

Finalmente, puede decirse que las viviendas diseñadas con criterios bioclimáticos resultan soluciones más favorables, ya que presentan una notable reducción de los requerimientos energéticos para la calefacción y enfriamiento convencional, acercando la vivienda a mejores condiciones de confort ambiental.

Nivel de análisis	Vivienda	Precio final Oct-12 (\$)	Variación % por prototipo	Sup. (m ²)	Precio por m ² (\$)	Variación % por m ²	Q Invierno (Wdía)	Q Verano (Wdía)
VIVIENDA DE REFERENCIA	PROTOTIPO VP 23	\$ 196.581	-	55,38	3.549,7	-	-8288	28343
VIVIENDAS CATEGORIA 1 Y 2	Con envolvente mejorada	\$ 202.348	2,93%	56,96	3.552,5	0,08%	-3458	20353
VIVIENDAS CATEGORIA 3 y 4	Con acceso NORTE - SUR	\$ 247.441	25,87%	60,97	4.058,4	14,33%	2579	13133
	Con acceso ESTE -OESTE	\$ 262.659	33,61%	63,67	4.125,3	16,22%	2298	17098

Tabla N° 7: Valores comparativos de costos y comportamiento térmico para las diferentes categorías de análisis.

Al analizar el costo unitario de las vivienda categorías 3 y 4 se observa un incremento entre un entre un 14% al 16% más que la vivienda de referencia (tabla 7), variaciones de costos contempladas por el proyecto GEF.

Así también al plantearse un incremento en las superficies de las viviendas el incremento total se encontraría en el orden del 25 al 30%. Incremento que se relativiza al tener en cuenta que redundarán en la mejora en la calidad de vida de los usuarios, en la disminución del costo energético durante la vida útil de la vivienda y por lo tanto en la emisión de GEI.

REFERENCIAS

- S.L. Ledesma, V.M. Nota, G. E. Gonzalo (2012). Evaluación ambiental de prototipos de vivienda del IPVyDU en Tucumán. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 16. ISSN 0329-5184.
- Ledesma S.L., Nota V.M., Martínez C.F., Gonzalo G. E., "Diseño sustentable para viviendas de interés social en zona rural de Tucumán". 3er Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra. Pag. 240 a 253. Junio de 2011. Tucumán. Argentina.
- Gonzalo G.E. (2008). "Manual de Arquitectura Bioclimática". 2ª Edición. Ed. CP 67. Buenos Aires.
- Global Environment Facility (2011). "What is the GEF". Documento en línea. Disponible en <<http://www.thegef.org/>>
- Normas IRAM 11603 (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.

ABSTRACT: The work presents the design proposal of social housing developed by the Provincial Institute of Housing and Urban Development (IPVyDU) of Tucuman, in the context of the GEF (Global Environment Facility) "Energy efficiency and renewable energies in social housing". The design is focused on reducing energy demand in homes built by the State and projected under patterns of adaptation in response to the climatic conditions of the proposed site. We evaluated the energy-environmental behavior of the proposals in comparison with conventional projects designed by IPVyDU. From computer calculations, simplified equations and graphical methods, we analyzed the thermal behavior, conditions of sunlight and natural ventilation of houses. The results obtained show that it is possible to substantially improve the energy performance of social housing from an efficient design without significantly increasing costs.

Keywords: housing - climate - energy - habitability