

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS VIVIENDAS EN CÓRDOBA, EVALUANDO SU EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Silvina Angiolini², Lisardo Jerez¹, Ana Pacharoni¹, Gabriela Sánchez¹,
Roberto Tambussi¹, Pablo Avalos^{1*}, Marta Bracco³, Mariana Gatani⁴
FAUD, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional de Córdoba,
Av. Vélez Sarsfield 264, Córdoba, Tel.: 54-351-4332096, fax: int. 133.
e-mail: gsanchez5@ciudad.com.ar - www.faudi.unc.edu.ar.

RESUMEN: Este trabajo forma parte del proyecto “Gestión de tecnología sustentable y energías alternativas: definición de indicadores de diseño en Córdoba”. Se comparan dos viviendas de diseño actual, que presentan recursos de diseño sustentable para la zona periurbana de Córdoba. Los proyectos son analizados bajo parámetros tecnológicos, económicos, y sociales considerando el paradigma ambiental. Se evaluó el comportamiento higrotérmico de las envolventes, se calculó la carga térmica anual para las dos tipologías. Los resultados obtenidos establecen un ahorro energético 61.7 % para la tecnología de ladrillo con aislamiento por sobre la tecnología de hormigón encofrado con piedra. A su vez se establece un costo 26,42 % superior de inversión inicial para el sistema menos favorable.

Palabras clave: envolventes, costo, gasto energético.

INTRODUCCION

Ante la crisis energética actual, en Argentina, existe la necesidad urgente de concientización en el uso de técnicas alternativas para alcanzar eficiencia energética de los edificios, y particularmente de la vivienda a través del adecuado diseño de las envolventes, por medio del uso de estrategias tecnológicas que logren el confort en la vivienda sin necesidad de generar contaminación y excesivo gasto energético. (Gatani et al 2008).

Generar conciencia sobre el uso racional de la energía (URE), y medir y evaluar el grado de eficiencia térmico energética de las viviendas analizadas son los objetivos principales del presente trabajo. Estos datos son cruzados con variables económicas a fin de evaluar la viabilidad del diseño adecuado de las envolventes.

Vista la importancia del comportamiento higrotérmico de las envolventes, laterales y superiores, en el acondicionamiento interior; se analizaron los distintos sistemas constructivos de dos viviendas ubicadas en las sierras de Córdoba y sus costos respectivos a fin de poder comparar el gasto energético para lograr el confort térmico de invierno, a partir del resultado de cada una de ellas.

METODOLOGIA

La metodología empleada consiste en relevar y evaluar ítems de las viviendas que promuevan el uso eficiente de la energía y/o materiales en pos de uso de energías renovables y envolventes eficientes, concentrándose en la definición de indicadores de diseño sustentable, haciendo énfasis en las posibilidades de aplicación de los mismos. Son confrontados con la situación local / regional a fin de validar los indicadores sugeridos para evaluar los requerimientos climáticos de habitabilidad y los parámetros de aceptación cultural. Se estima que la comparación del análisis de las viviendas aportará información, conocimientos sobre las condiciones de uso racional de la energía y diseño tecnológico sustentable.

Las principales etapas metodológicas son:

- a- Se realizó el relevamiento de las condiciones climáticas de la región
- b- Se relevaron dos viviendas recientemente construidas, ubicadas en las Sierras de Córdoba:
caso 1: ubicada en la Paisanita
caso 2: ubicada en Capilla del Monte.
- c- Se aplicó para ambos casos métodos de cálculo teórico tal como se describe en Tabla 1.

1	Análisis térmico	Se verificó el coeficiente K de transmitancia térmica de las envolventes exteriores. Los resultados se verificaron con los que establece la norma para Córdoba, para verano e invierno.
2	Riesgo de condensación	se verificó el riesgo de condensación superficial e intersticial
3	Asoleamiento	Se verificó el ingreso de sol en fachada norte, en el solsticio de invierno y verano para las 12 horas, con datos de altura y azimut.
4	Cálculo de FAS	Se calculó la fracción de ahorro solar (FAS) Se determinó la relación entre la energía proveniente del sol que se aprovecha y las pérdidas térmicas netas del edificio

¹Profesor asistente, ²Profesor adjunto, ³ Profesor titular, ⁴ Investigador CONICET, *Arqto. colaborador

5	Cálculo del coeficiente de pérdida de calor global Gcal.	Se calculó el valor de este coeficiente teniendo en cuenta los valores de K de todos los componentes de las envolventes (muros, techos, y cerramientos no opacos), las áreas de cada uno de los mismos, el volumen interior de la vivienda a calefaccionar, y las renovaciones de aire del edificio
6	Cálculo de la carga térmica anual	Se calculó la CARGA TÉRMICA ANUAL basada en la Norma IRAM (11604:2001) que posibilita estimar el ahorro derivado de las mejoras sobre las características térmicas de los edificios.
7	Evaluación Económica	Se procedió a evaluar el incremento en el costo en los dos casos analizados. Se analizaron y se compararon los precios de los ítems representativos

Tabla1: Métodos de cálculo de evaluación energética aplicados.

RESULTADOS

Referencias climáticas de Córdoba

Estaciones bien marcadas, cálidas húmedas y frías secas. Zona bioambiental IIIa: templada cálida. Los veranos son calurosos y húmedos, con temperaturas máximas medias que superan los 30°C y mínimas medias de 17°C (IRAM 11603:1996), con una temperatura máxima extrema de 39°C en Noviembre.- La diferencia térmica diaria es muy importante, considerándose una característica del clima local. La estación lluviosa coincide con la época cálida, siendo de 581,2 mm la precipitación entre los meses de Nov-Dic- Ene y Feb. En diciembre contamos con una heliofanía relativa alta, 66,9 %. Los meses cálidos poseen un bajo porcentaje de días con vientos fuertes, entre el 16% y el 24%. La frecuencia que notoriamente se destaca es la NE, son vientos cálidos con una velocidad aproximada de 17 km/h. En el período frío (considerando Junio, Julio y Agosto) las temperaturas media oscilan entre 5°C la mínima media y 19,1°C la máxima media (IRAM 11603:1996), con una temperatura mínima extrema de -5,2 °C en Julio.- La diferencia térmica diaria es importante, como así también los días claros, donde el aprovechamiento solar es óptimo, siendo el 27,66% en junio y 40,66% en julio y 43,66% en agosto.- Es una estación netamente seca, con 14,13 mm de precipitaciones promedio para los meses mencionados.- En los meses fríos hay alrededor de un 20% de días con vientos fuertes, incrementándose abruptamente en agosto. La frecuencia que notoriamente se destaca es la N, son vientos cálidos y secos, con una velocidad aproximada de 16 km/h. Posteriormente las frecuencias siguientes, son la NE, velocidad aproximada de 20 km/h y la Sur, vientos fríos con una velocidad aproximada de 16 km/h. (Lambertuchi et al. 2007).

Relevamiento de las viviendas

Las viviendas son descriptas en cuanto a localización y emplazamiento, y sistema constructivo utilizado, tal como aparece en la Tabla 2

Planta baja y planta alta se presentan en las figuras 1 y 2 , así como las imágenes de su aspecto exterior en las figuras 3 y 4.

CASO 1: Viv. PUNTA SERRANA (fig.1)	CASO 2: Viv. CAPILLA DEL MONTE (fig.2)
Localización y emplazamiento:	
Punta Serrana es una urbanización sobre el río Anisacate, a 55 Km. hacia el Sur de la capital cordobesa; a 9 Km. de la ciudad de Alta Gracia	Capilla del Monte: ubicada al norte del Departamento Punilla, siendo integrante del mismo, al pie del cerro Uritorco, el más alto de las Sierras Chicas
.Altura sobre el nivel del mar 537 m.	.Altura sobre el nivel del mar 979 m
Sistema constructivo utilizado	
Envolvente Lateral	Envolvente Lateral
los muros este, oeste, y sur son de doble bloque cerámico con cámara de poliestireno expandido de alta densidad, revocados y pintados en ambas caras, los muros norte (PB), ejecutados de ladrillos macizos de 0.45m, revocados y pintados en ambas caras	Los muros de piedra encofrada con hormigón de 0,40 cms. de espesor.
Aberturas	Aberturas
Carpintería de aluminio con doble vidriado hermético (DVH 6mm+9mm+6mm).	carpintería de aluminio con doble vidriado de 3 mm de espesor cada uno.(perfil A30)
Envolvente superior	Envolvente superior
Combina cubiertas planas e inclinadas. <u>Inclinada</u> : estructura metálica, con cubierta de chapa, cámara de aire, aislante hidrófugo, aislación de 3" de lana de vidrio, barrera corta vapor y cielorraso de placa de yeso para interior. <u>Plana</u> : dos tipos: una es una losa accesible (terrace) con terminación de revestimiento cerámico, la otra es losa invertida sobre el local cocina, conformada por losa de viguetas con cielorraso aplicado y capa de compresión, barrera de vapor, H° de pendiente, membrana asfáltica, poliestireno de alta densidad, y canto rodado (Ver det. tabla 2).	Combina cubiertas planas e inclinadas. <u>Inclinada</u> : estructura metálica, con cubierta de chapa, cámara de aire, aislante hidrófugo, aislación de 4" de lana de vidrio, barrera corta vapor y cielorraso de placa de yeso <u>Plana</u> : losa de H°A° de 10 cms. de espesor, pintura asfáltica como barrera de vapor, hormigón de pendiente pobre alivianado con aislación térmica, con terminación de carpeta de alisado de 20 mm de espesor y plavicon fibrado como aislación hidrófuga. (Ver det. tabla 2).

Tabla2: Relevamiento de los casos.

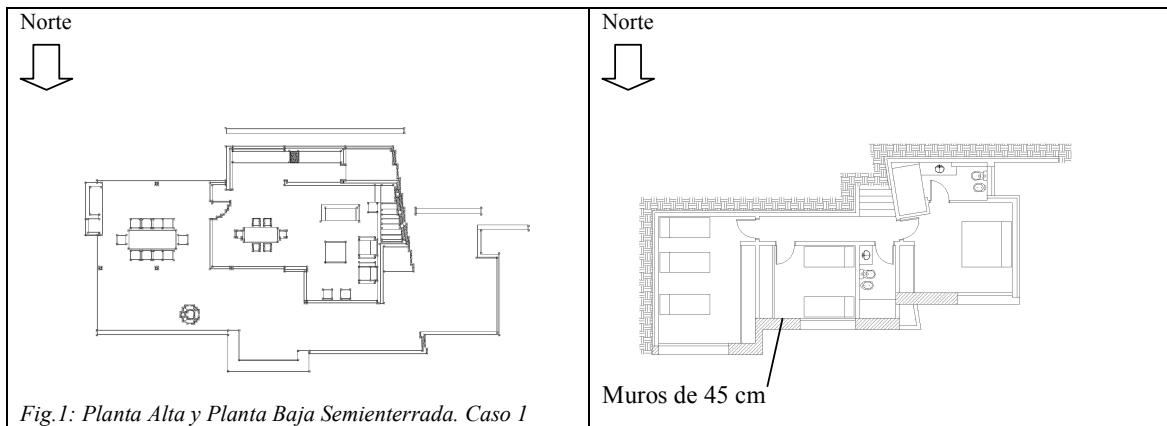


Fig. 1: Planta Alta y Planta Baja Semienterrada. Caso 1

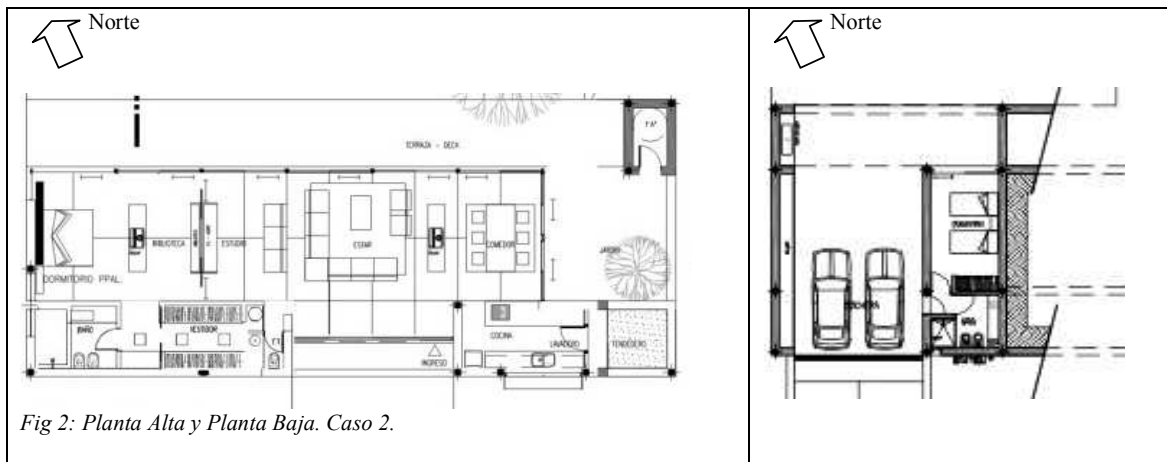


Fig 2: Planta Alta y Planta Baja. Caso 2.

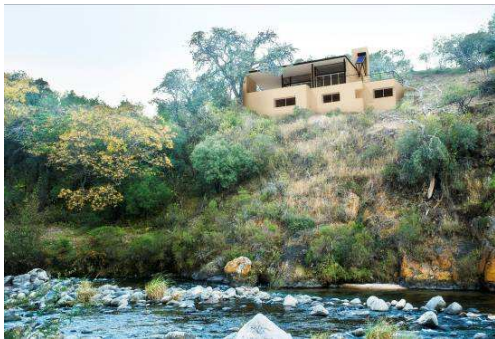


Fig. 3: Caso 1, vivienda en Punta Serrana

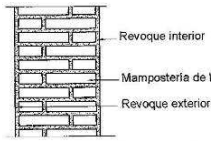
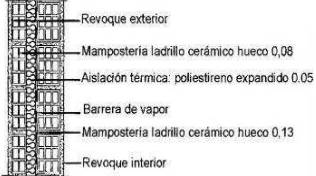
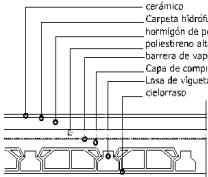
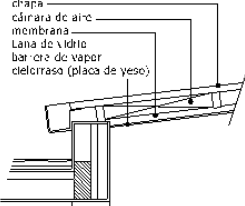
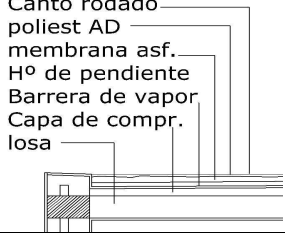
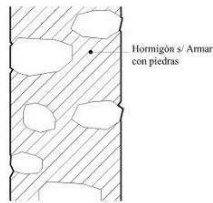


Fig.4: Caso 2, vivienda en Capilla del Monte.

Métodos de cálculo teórico

Análisis térmico y Riesgo de condensación

Envoltentes laterales y superiores, de ambas viviendas, son analizadas. Además, se presenta la verificación con los valores de Norma 11605; y la medición del riesgo de condensación intersticial y superficial. (Tabla 3)

CASO 1	K cálculo	verano			invierno			Condensación	
		C	B	A	C	B	A	Inters.	Superf
MURO MACIZO, e: 0.45m CORTE MURO FACHADA NORTE -esp 	1.52	SI verifica	SI verifica	NO verifica	SI verifica	NO verifica	NO verifica	NO	NO
MURO DOBLE e=0,30 m. CORTE MURO FACHADA ESTE Y OESTE - espesor: 0,30 m. 	0,45	SI verifica	SI verifica	NO verifica	SI verifica	SI verifica	NO verifica	NO	NO
TECHO PLANO 	0,51	SI verifica	NO verifica	NO verifica	SI verifica	SI verifica	NO verifica	NO	NO
TECHO INCLINADO 	0,35	SI verifica	SI verifica	NO verifica	SI verifica	SI verifica	NO verifica	NO	NO
CUBIERTA INVERTIDA 	0,52	SI verifica	No verifica	NO verifica	SI verifica	SI verifica	NO verifica	NO	NO
CASO 2	K cálculo	verano			invierno			Condensación	
MURO de H^{oo} encofrado, e: 0.45 	2.50	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO	SI

TECHO INCLINADO chapa cámara de aire membrana Lana de vidrio barrera de vapor cielorraso (placa de yeso) 	0.34	SI verifica	SI verifica	NO verifica	SI verifica	SI verifica	NO verifica	NO	NO
TECHO PLANO Pintura impermeabilizante F1 Carpeta cementicia esp= 2cm 1/2" de pendiente alivianado Pintura Asfáltica Losa Hormigón Armado 	0.89	NO verifica	NO verifica	NO verifica	SI verifica	NO verifica	NO verifica	NO	NO

Tabla3: Valores de transmitancia térmica de los elementos de los envolventes exteriores analizados y verificación con los valores de Norma - Riesgo de condensación intersticial y superficial.

Para el caso 1 VERIFICA el muro macizo el nivel mínimo C, tanto verano como para invierno, no verificando ni el nivel recomendado B, ni el ecológico A, para ninguna de las dos estaciones. El muro doble verifica en los niveles mínimo C y recomendado B en las dos estaciones. El techo plano VERIFICA el nivel mínimo C en las dos estaciones y en el nivel recomendado B de invierno. El techo inclinado VERIFICA los niveles mínimo C y recomendado B, en las dos estaciones. (Tabla 2).

Para el caso 2, el muro de H° NO VERIFICA en ninguna situación, ni de verano ni de invierno, produciéndose además condensación superficial. El techo plano, VERIFICA el nivel mínimo C en invierno. El techo inclinado VERIFICA los niveles mínimo C y recomendado B, en las dos estaciones. (Tabla 2)

Asoleamiento

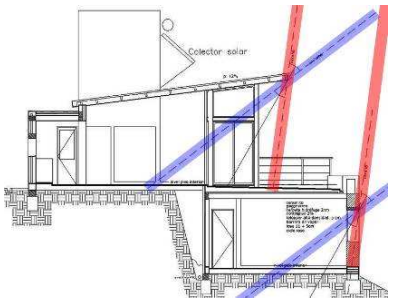
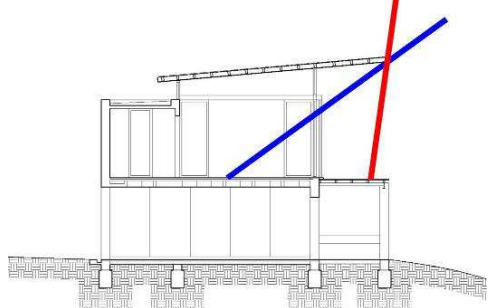
Caso 1. 	Caso 2. 
Fachada Norte Se verifica el ingreso de sol en fachada norte, en el solsticio de invierno para las 12 horas, con una altura máxima de 36°. En el solsticio de verano, a las 12 horas con una altura de 82°, el alero horizontal intercepta el ingreso de sol en la estación cálida, época en la que no es beneficioso, y permite una gran penetración en el período frío.	Fachada Noreste Se verifica el ingreso de sol en fachada noreste, en el solsticio de invierno para las 12 horas, con una altura máxima de 36°. En el solsticio de verano, a las 12 horas con una altura de 82°, el alero horizontal intercepta el ingreso de sol en la estación cálida, época en la que no es beneficioso, y permite una gran penetración en el período frío.

Tabla 4: verificación del asoleamiento

Calculo de FAS

Se obtiene un FAS, solo para ganancia solar directa, de:

	DORM 1	DORM 2	DORM 3	ESTAR COMEDOR	PROMEDIO
CASO 1	15%	15%	15%	40%	21.25%
CASO2	30%	30%		30%	30 %

Tabla N° 3: Planilla de FAS.

En el caso 1, las áreas de mayor uso se distribuyen sobre el eje este oeste, con áreas transparentes al norte. La superficie de ganancia solar directa es del 16% respecto al área útil de la planta baja, y de casi 38% en la planta superior. Lo que se ve acompañado por estrategias de conservación de la energía.

En el caso 2, la mayor parte transparente se halla al noreste, con la diferencia de que la superficie de ganancia solar directa es del 81% respecto al área útil tanto en el living comedor, en el dormitorio de la planta alta, como en el dormitorio de la planta baja. Todas las áreas vidriadas están semiprotegidas exteriormente con enrejados.

Coefficiente volumétrico de pérdidas de calor

CASO 1: **0,94** W.m³.kelvin

CASO 2: **1,98** W.m³.kelvin

Se puede observar que el coeficiente G cal, para el caso 1 vivienda en Punta Serrana, es aproximadamente un 47% menor que en el caso 2 vivienda en Capilla del Monte.

Consumo de energía

Se establecen porcentajes sobre la totalidad de superficie de envolventes laterales, se desestima la envolvente superior ya que ambas poseen iguales características. Se comparan dichos resultados para ver su incidencia sobre el consumo total de energía. (Tabla 4)

ENVOLVENTE LATERAL	CASO 1: PUNTA SERRANA	CASO 2: CAPILLA DEL MONTE
Masa Termica	17,3 %	30,7 %
Transparente	26,9 %	69,3 %
Aislada	55,8 %	No posee
Total	100 %	100%

Tabla 4: porcentajes de superficies laterales sobre los tipos construidos para los casos analizados.

Para el caso 1 el consumo de energía anual para calefacción es menor en un 61%, en relación al caso 2. (Tabla 5)

	CONSUMO ANUAL Kwh	COSTO ENERGÍA ELECTRICA ANUAL \$	COSTOENERGIA ELECTRICA 50 AÑOS \$	AHORRO %
CASO 1	5315,4	726,6	36330	61,7
CASO 2	13879,1	1897,27	94863,5	

Tabla 5: consumos energéticos y costos de acondicionamiento para los casos analizados.

Evaluación económica

Casa en PUNTA SERRANA Alta Gracia Cba	Valorización Económica M.O. y Materiales	Casa en VILLA CIELO Capilla del Monte Cba	Valorización Económica M.O. y Materiales	Variación Porcentual
Tareas realizadas en la vivienda	por unidad de medida	Tareas realizadas	por udad de medida	
Cerramiento Vertical		Cerramiento Vertical		
Mampostería de ladrillo común de 45 cm	\$ 139.68	Tabique Hormigón Armado encofrado con piedra incrustada de 45 cm	\$ 274.00	49.02%
Cerramiento Horizontal		Cerramiento Horizontal		
<u>Techo Inclinado</u> : Estructura metálica, correas metálicas. Aislación térmica, Cubierta de chapas. Cielorraso placa de yeso 12,5mm	\$ 404.80	<u>Techo Inclinado</u> : Estructura metálica, correas metálicas. Aislación térmica. Cubierta de chapas. Cielorraso placa de yeso 12,5mm	\$ 379.26	-6.73%
Techo Plano: Losa H° viguetas pretensadas y lad. cerámico 13 cm. H° pendiente. Cubierta invertida: membrana asfáltica, poliestireno expandido, grava rodada 1-3	\$ 268.68	Techo Plano: Losa H° A° maciza Cubierta: H° pendiente. Membrana asfáltica, Carpeta de mortero cementicio	\$ 254.00	-5.78%
VIDRIOS				
Superficie de vidrios en DVH en carpintería de aluminio tipo Módena	\$ 987.00	Doble Vidrio 6mm+6mm en carpintería de aluminio tipo A30	\$ 1,723.66	42.74%
VARIACION PORCENTUAL TOTAL				26.42%

Tabla 6: valuación económica de las dos viviendas

DISCUSION DE RESULTADOS

La comparación de los valores obtenidos del análisis precedente, se presenta en tabla 7

Cálculo de FAS Promedio.	Cálculo del coeficiente de pérdida de calor global Gcal.	Cálculo carga térmica anual. Consumo de Energía.	Evaluación Económica Costo por m2.
Caso 1: 21,25%	Caso 1: 0,94 W.m3.kelvin	Caso 1: 61,7 % menor al caso 2	Caso 2: 26,42% Superior al caso 1.
Caso 2: 30,00%	Caso 2: 1,98 W.m3.kelvin		

Tabla 7: Análisis comparativo de FAS, CPCG, CTA.

Del análisis realizado a las dos viviendas se observan recursos de diseño sustentable en cuanto a:

Implantación en el sitio en relación a las orientaciones, un eje predominante Este- Oeste que permite mayor desarrollo Fachada Norte: orientación favorable para la ganancia de energía en invierno y protección en verano.

Ubicación de locales Principales hacia Norte – Noreste. Servicios (baños, cocina, vestidor) en Sur Suroeste

Ganancia Directa en fachada Norte con adecuada protección para la situación de verano.

Aislación de la Envoltente Superior correcta con verificación de K en nivel B, sin riesgo de condensación.

Respeto por las mejores visuales.

Las diferencias detectadas son en relación a las envolventes laterales, en ambos casos se utiliza

Envolventes Opacas masa térmica – inercia térmica con retardos calculados entre 12 y 15 hs. siendo estos correctos por la amplitud térmica del lugar. En Caso 1 ubicada en Fachada Norte aprovechando energía recibida y de fácil protección en verano. En Caso 2 ubicada en Fachada Sur Suroeste desfavorable en situación de invierno.

Envolventes Transparentes predominante en el Caso 2 en un 69,3% sobre la opaca de 30,70%, mientras que en Caso 1 la relación es 26,9 % de transparente, sobre 73,1 % opaca.

Envolventes aisladas solo en Caso 1 presenta aislamiento en fachadas desfavorables sur, este y oeste en relación a las pérdidas y ganancias de energía.

En relación al G global se obtiene que la vivienda del Caso 1 consume un 61,7 % menos en relación al Caso 2 para llegar al confort de invierno. La energía disponible en los dos casos es la eléctrica y GLP.

Se determina que las mayores pérdidas y por ende los mayores consumos se originan por las excesivas superficies vidriadas en relación a las opacas.

Se establece que la inercia térmica en las envolventes, es adecuada para la orientación Norte siendo desaprovechado su comportamiento en otras orientaciones para el clima de Córdoba.

En la variable económica al comparar costos por m2 en Caso 2 es un 26,42 % superior, diferencia que se establece por la elección de materiales para ejecución de envolventes laterales y la accesibilidad de los mismos al lugar, caso del hormigón, la gran superficie vidriada, con doble vidrio de 6mm y la perfilera de aluminio A30 necesaria.

CONCLUSIONES

Del análisis precedente se establece que para el clima de Córdoba, son considerados indicadores de diseño sustentable:

La orientación Norte de los locales de uso permanente

Cubiertas livianas con acabado reflectante, y con 4 “de aislación térmica, debido ala alta radiación de la región

Se recomienda una exposición controlada de vidrios en fachadas, para evitar la ganancia térmica de verano.

La envolvente lateral de hormigón implica mayor necesidad de aislación térmica, y costos superiores debido a la falta de disponibilidad de recursos de mano de obra, equipos y herramientas en el lugar.

Se concluye entonces que, el equilibrio en la distribución de envolventes con masa térmica, transparentes y aisladas estudiando la correcta ubicación en relación a las orientaciones, ganancias y pérdidas, para lograr niveles de confort térmico de invierno con el menor costo energético, son los que determinan el éxito en el uso de los recursos para el clima de Córdoba.

El análisis continuará con mediciones y simulaciones para establecer el balance óptimo entre superficies opacas y transparentes con menor gasto energético para el clima templado de Córdoba.

REFERENCIAS:

Lambertucci, Rogelio et al. (2006-2007)). Evaluación de la Eficiencia energética en edificios en la ciudad de Córdoba. 2° Etapa: evaluación y comparación del comportamiento energético de diferentes tipos constructivos de envolvente de viviendas y escuelas de la Ciudad de Córdoba, en relación al costo de producción. FAUD. UNC.

Maristany, Arturo. Modelo de calculo térmicos y lumínicos para viviendas bioclimática en Córdoba. Informe final

Beca de Investigación. SECyT. UNC. Dir. : Juan Wernly. Córdoba, 1995.

Maristany, Arturo. Planilla de cálculo para las propiedades térmicas de las envolventes. CIAL, FAUDI, U.N.C. Córdoba, 2006.

Gatani, Bracco, Angiolini, Jerez, Pacharoni, Sánchez, Tambussi, Avalos: Definición de indicadores de análisis de diseño sustentable. El caso de una vivienda serrana en Córdoba.-XXXI Reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, XVII Encuentro IASEE, Mendoza 2008.

AGRADECIMIENTOS:

A los arquitectos NANZER, MARCHISIO, que desinteresadamente colaboraron con su proyecto para la realización de este trabajo.

ABSTRACT: This work is part of the project: "management of sustainable technology and alternative energies: definition for the design recourses in Córdoba". The object of this report is to compare two current design houses, which present sustainable design recourses for the peri-urban area of Córdoba.

The projects are analyzed under technological, economic and social parameters, considering that the environmental paradigm is the development focus. The hygrothermal behavior of the enveloping has been evaluated, the annual thermal load was calculated on the two tipologies. The results obtained ,establish a 61.7 % energy saving for the traditional technology of brick with isolation than the concrete forworked with stone technology. Moreover, the results establish a 26,42% higher initial investment cost for the less favourable system.

Key words: enveloping, cost, energy expenditure