

ANÁLISIS TÉRMICO-ENERGÉTICO DE VIVIENDA PROYECTADA CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS PARA SAN JOSÉ DE JÁCHAL

C. Michaux, R. Perez, I. Blasco Lucas

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha)

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD), Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)

Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina

Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 318 – Fax: +54(0)264 423 5397 – <http://www.irpha.faud.unsj.ar>

E-mails: celimichaux@hotmail.com, rodym_9@hotmail.com, iblasco@faud.unsj.edu.ar

Recibido 02/09/15, aceptado 06/10/15

RESUMEN: Respetando el contexto de implantación, se propone un proyecto de vivienda que responda a las necesidades de una familia de 5 personas, y a las pautas culturales de los habitantes del lugar utilizando tecnologías apropiadas para la construcción con tierra. En base a una indagación bibliográfica y en virtud de los materiales existentes en el lugar, se adopta para los muros el sistema de adobe reforzado con caña. El diseño aplica el buen arte para esta tecnología en cuanto al espesor de paredes, uso de contrafuertes y de modulación apropiada, como también la correcta ubicación y dimensión de aberturas; además toma en cuenta las estrategias bioclimáticas recomendadas para la región. El artículo describe el proyecto y sus detalles, realizando una verificación del comportamiento térmico-energético estacionario estipulado por las Normas IRAM, y una simulación dinámica con el programa SIMEDIF, que muestran las bondades reales en ese aspecto del sistema empleado.

Palabras clave: térmico-energético, tecnologías apropiadas, vivienda, proyecto

INTRODUCCIÓN

San José de Jáchal es una ciudad sanjuanina, ubicada en el centro norte de la Provincia, al oeste del oasis agrícola del Valle de Jáchal, sobre la margen derecha del río homónimo, distante 155 Km de la ciudad de San Juan. Pertenece al Departamento de Jáchal, que posee amplio potencial minero y producción agrícola-ganadera en pequeña escala. Las principales cualidades ambientales de la zona son su elevado grado de riesgo sísmico (nivel 3) y la escasez extrema de agua. Una característica que distingue esta población es su arquitectura de tierra, que afianza la tradición local y continúa pregnando su identidad en la actualidad a nivel de valor patrimonial, pero desafía peligrosamente las regulaciones de la construcción sismo-resistente contenidas en el Código de Construcción de San Juan (DPDU, 1951) y en el Reglamento INPRES-CIRSOC (Giuliano et al., 1991). Estos documentos desconocen totalmente la posibilidad de construir con tierra, por lo cual existe un gran vacío normativo al respecto, aun cuando se trata de la práctica constructiva más frecuente en la región, y existen edificios centenarios en buen estado de conservación.

Teniendo en cuenta el contexto de implantación, se propone para el sitio, un proyecto de vivienda, que responda a las necesidades de una familia de 5 personas, y a las pautas culturales de los habitantes del lugar, utilizando tecnologías mejoradas para la construcción con tierra. En base a una indagación bibliográfica y en virtud de los materiales existentes en el lugar se adopta para los muros el sistema de adobe reforzado con caña, que se aplica en algunas localidades de Perú. El diseño de la vivienda respeta el buen arte para esta tecnología en cuanto al espesor de paredes, uso de contrafuertes y de modulación apropiada, como también la correcta ubicación y dimensión de aberturas. En el proyecto se tienen en cuenta las estrategias bioclimáticas recomendadas para la región. El artículo describe el proyecto y sus detalles, además de realizar una verificación del comportamiento térmico-energético estacionario estipulado por las Normas IRAM, y una simulación dinámica con el programa SIMEDIF (Flores Larsen et al., 2000, 2002 y 2005), que muestran las bondades reales del sistema empleado.

CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

En la Figura 1 se muestra la ubicación de la Provincia de San Juan y el Departamento de Jáchal sobre los mapas de Argentina, con diferentes zonificaciones ambientales. Se observa que este distrito abarca las zonas bioambientales II, III y IV (Norma IRAM 11603, 1996), las correspondientes a 1,6 y 1,8 MWh/m² de distribución de la radiación global promedio (Haim, 2012), y nivel 3 de peligrosidad sísmica (Giuliano et al., 1991). El proyecto propuesto se localiza en el Departamento de Jáchal, cuya superficie total es de 14.749 km² (Figura 2).

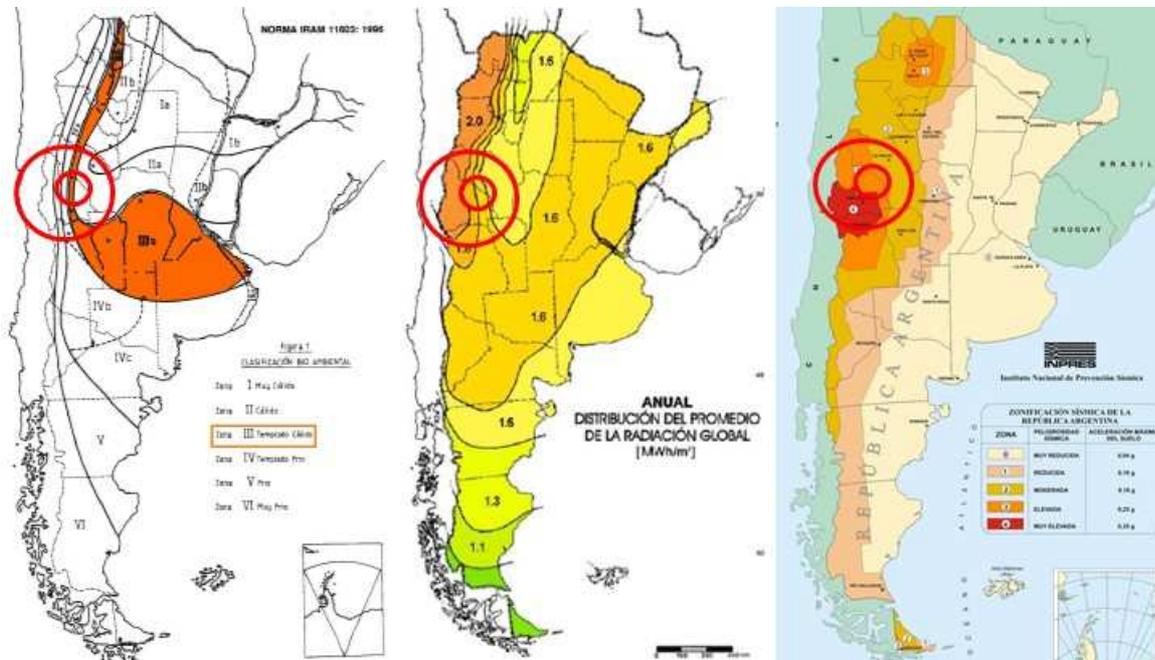


Figura 1: Mapas de Argentina con las zonificaciones Bioambiental (IRAM 11603, 1996), de distribución de la radiación global promedio (Haim, 2012), y de peligrosidad sísmica (Giuliano et al., 1991)

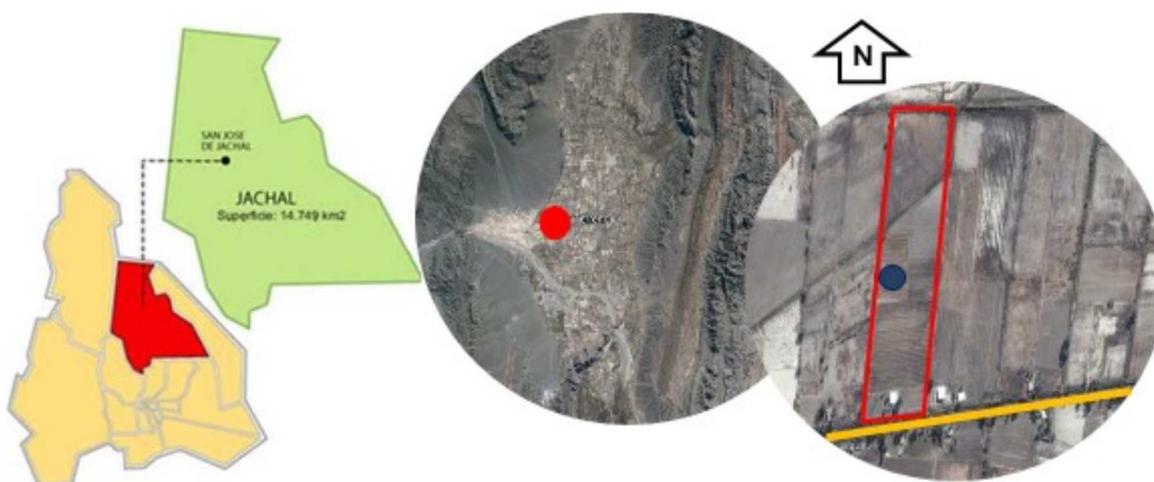


Figura 2: Vistas del terreno de implantación y su entorno inmediato.

Jáchal es un oasis productivo agrícola emplazado en el cono aluvial del río homónimo (Figura 3), un río de elevada salinidad, en sus orígenes recibe la afluencia del río salado (con alto contenido de sodio y boro). Su caudal es escaso y es de régimen fluctuante por provenir de deshielos en la cordillera y de lluvias estivales, ocasionando grandes crecientes. La calidad del agua determina que solo sean factibles los cultivos que soportan su alto grado salino. El agua para riego se distribuye a través de un sistema de canales formando un oasis artificial. El departamento Jáchal posee una gran variedad de

recursos naturales que favorecen el desarrollo de actividades agrícolas y mineras metalíferas y no metalíferas. Su superficie cultivada es de 7400ha, de las cuales el 27% corresponden a olivos, el 20% a pasturas y el 17% a hortalizas. Fuera del sistema agrícola, se observan los llamados “puestos”, habitados por grupos de familias que viven de la actividad primaria, básicamente ganadera de autoconsumo.



Figura 3: Río Jáchal y actividad ganadera caprina.



Figura 4: Costumbres típicas de los pobladores jachalleros.

San José de Jáchal es la capital Departamental y una de las principales ciudades de la Provincia de San Juan, ocupando el 5° puesto por la cantidad de población. Es núcleo de una importante región agrícola y minera por excelencia del norte sanjuanino. Los habitantes se caracterizan por ser agricultores productores de ajo y cebolla, y criar animales para la propia subsistencia. En este tipo de asentamientos semi-rurales es frecuente el uso de las galerías orientadas al norte, siendo el espacio donde se desenvuelve la mayor parte de la actividad familiar diurna (Figura 4). Es usual en la zona ver a la ama de casa amasar en la siesta las famosas tortitas al rescoldo, elaborar el quesillo de cabra y el patay o pan de algarroba, y preparar las tradicionales empanadas. Cabe señalar que las galerías son el lugar donde se toma mate en invierno al calor de las brasas y en verano al resguardo de su sombra o la de algún árbol. La actividad cotidiana se inicia muy temprano, la mujer ocupándose de las tareas hogareñas y el hombre yendo al campo para atender los cultivos y animales. Al atardecer, se reúne toda la familia en la casa para compartir una tardía merienda y luego la cena. La organización de la vivienda responde al estilo de vida de los pobladores, y consiste en una serie de habitaciones yuxtapuestas, comunicadas directamente con la galería.

Jáchal posee una rica historia productiva y cultural, habiendo sido cuna de poetas, escritores, cantores y artistas en general. Actualmente se rescatan por su valor patrimonial los molinos harineros que la convirtieron en el polo productivo más importante del país antes que se comenzara a explotar el trigo en la Pampa Húmeda. La centralización de esta actividad atraía arrieros de lejanas provincias que se establecían en el lugar durante el proceso de elaboración, dando origen a un activo y profundo intercambio cultural, donde siempre se destacaron las costumbres ancestrales. Por ello, en San José de Jáchal se realiza anualmente la Fiesta de la Tradición, que tiene una gran repercusión en la Provincia y en el país. Además, la edificación, que en su mayoría está construida con adobe, le otorga a ciertas calles de la ciudad una identidad singular, transportando al pasado (Figuras 5 y 6).



Figura 5: Interior de molino harinero y calles típicas de San José de Jáchal. Fotos: R. Ruiz (2007)



Figura 6: Típicas construcciones con tierra de San José de Jáchal: Iglesia, Comisaría y detalles de fachadas de adobe. Fotos: R. Ruiz (2007)

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ADOPTADOS

Para Muros

En las zonas rurales de la provincia de San Juan, es común la utilización del adobe para la construcción. Es elaborado con recursos del lugar, esto es, barro mezclado con paja, moldeado en forma de ladrillo y secado al aire. Generalmente es fabricado por los propios dueños de la vivienda. Utilizado en muros de 40cm de espesor, el material tiene cualidades térmicas muy apropiadas para climas secos con grandes oscilaciones térmicas ($K= 1,04 \text{ Wh/m}^2\text{h}$), pero presenta inconvenientes para brindar seguridad ante sismos de envergadura, debido a su escasa resistencia a los esfuerzos laterales (axial y perpendicular), por lo cual requiere tener cuidados especiales en las técnicas empleadas, e incorporar refuerzos para absorber las correspondientes solicitaciones aleatorias. A este fin y en base a un análisis de antecedentes en Perú (CIID-UC, 1985), en el proyecto se propone aplicar (Figuras 7 y 8):

- Moldes de gaveras con medidas estándar: 30 x 12,5 cm; 40 x 17 cm; 50 x 22 cm; según el ancho de la pared, todas de 10 cm de alto.
- Tierra con una proporción correcta de arena (62%), arcilla (20%) y limo (18) según Doat et al. (1991), libre de otros materiales y agregándole fibra vegetal, a razón de 3 partes de tierra por una de paja picada.
- Pastonada de barro trabajada mojándola y mezclándola bien en varias veces antes de volcarla en las gaveras, y dejándola en ellas 2 o 3 días hasta que endurece.
- Zapata corrida en la base, a modo de cimiento, hecha con piedra u hormigón ciclópeo de 140 a 170 Kg y 30% de piedra bola; de 45cm de sección.
- Sobrecimiento de concreto ciclópeo o de piedra asentada con mortero de cemento y arena, sobresaliendo 40 cm sobre el nivel de terreno, con capa hidrófuga de asfalto.
- Contrafuertes en encuentros de muros y cada 2,6m en paredes extensas, para contribuir a la estructura a modo de columnas.
- Trabas adecuadas, con juntas verticales no coincidentes entre hiladas inmediatas, llenado de juntas verticales, y mortero de arena, arcilla, cal, paja (5% a 10%).
- Revoques de 1,5cm en ambas caras con mortero, para evitar fallas por erosión.
- Entramado vertical y horizontal (cada cuatro hiladas) de cañas inserto en el interior de la mampostería para proveer ductilidad y permitir el trabajo monolítico del muro, perfectamente ancladas al cimiento y la viga de encadenado superior de hormigón armado de 20cm de altura.

- Proporciones adecuadas en la geometría del adobe (el largo debe ser mayor que el doble del ancho); entre paños macizos y vanos para puertas y ventanas; y en las dimensiones de contrafuertes según la distancia entre ellos y la altura de los muros.
- Planta cuya geometría sea lo más simétrica posible, usando un macro-módulo de 3,50m en ambas direcciones.

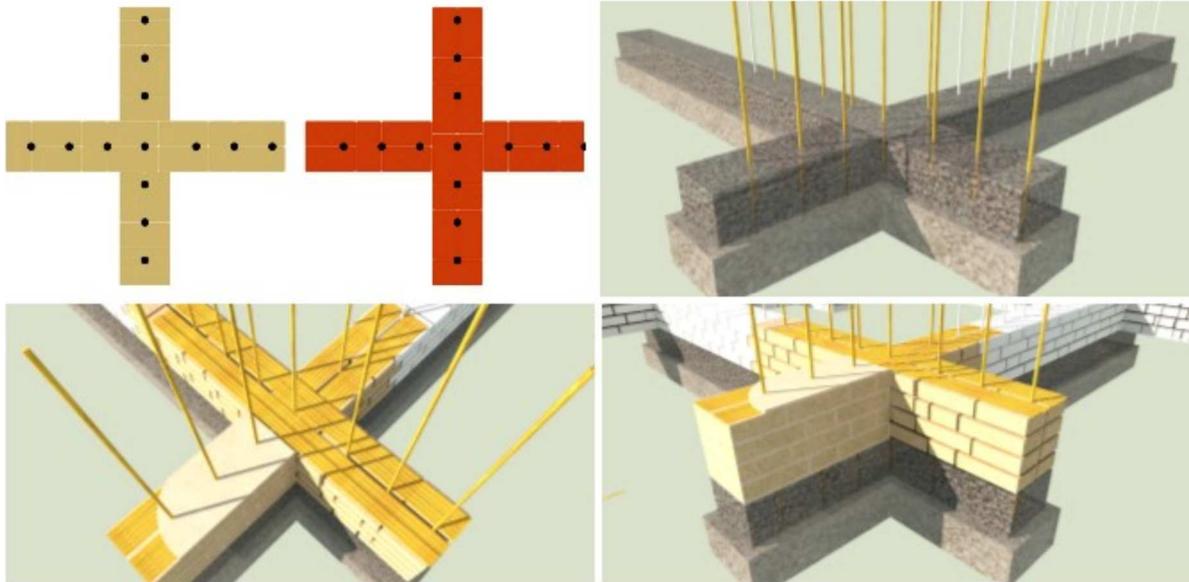


Figura 7: Detalles del sistema constructivo para muros en adobe y caña: cemento, sobrecimiento, trabas de hiladas pares e impares, y entramado vertical y horizontal de cañas.

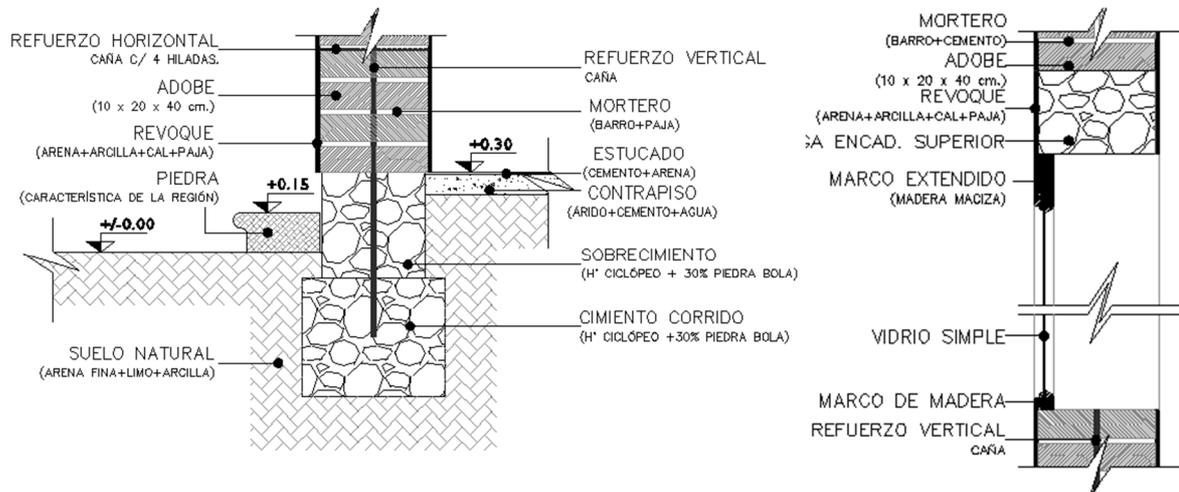


Figura 8: Detalles del sistema constructivo para muros en adobe y caña: cemento, sobrecimiento, viga de encadenado superior y carpintería.

Para Techo

El tipo de techo propuesto (Figura 9), es el más utilizado en la zona, el tradicional de rollizo, caña y barro, porque se dispone de esos materiales, resulta liviano y tiene un comportamiento térmico aceptable ($K= 1,42 \text{ Wh/m}^2\text{h}$). Apoyados en la viga superior se colocan los tirantes de álamo con una pendiente del 3%, y se fijan a la misma mediante un hierro de $\phi 4.2$. Sobre ellos se extiende el cañizo, con las cañas en sentido transversal a los tirantes y fijadas entre sí con alambre para impedir su desplazamiento.

Para sellar la superficie se aplican dos capas de barro y paja de 4cm de espesor cada una, separadas por un nylon de 3mm, como aislante hidrófugo, reforzado éste con el recubrimiento con 2cm de

carpeta de mortero de cemento y arena (1:3) encima de la última capa de barro, pintada con tres manos de mezcla hidráulica natural (grasa animal, alumbre y cal en proporción 1:1:4).

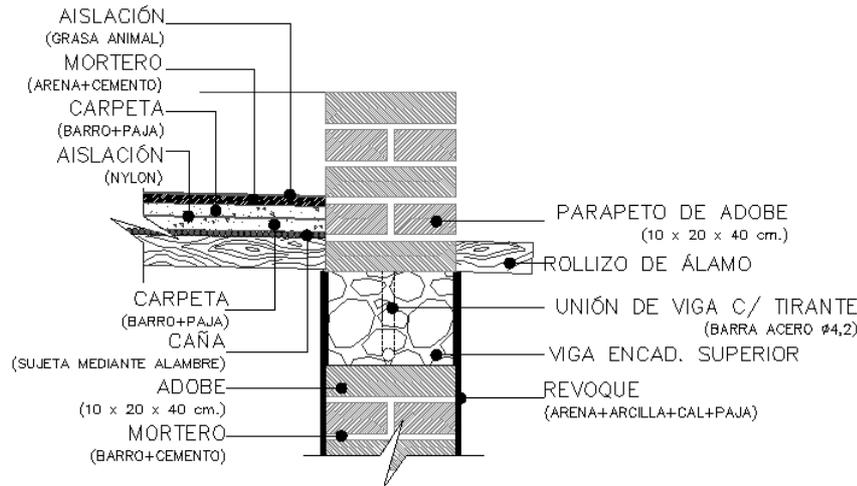


Figura 9: Detalle del sistema constructivo propuesto para techo.

ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS UTILIZADAS

Se respetan las siguientes recomendaciones de la NORMA IRAM 11603 (2012) para una Zona Templada Cálida:

- Orientaciones favorables para aberturas: de ganancia solar en invierno N-NE-E; y para propiciar la captación de brisas frescas dominantes en verano S-N, mediante ventilación selectiva y ventilación cruzada.
- Sistemas de protección solar para el verano: se propone una galería, que filtre la entrada de radiación solar en verano y la posibilite en invierno; y cortinas gruesas que ayuden a aislar térmicamente las ventanas.
- Materiales, elementos y/o recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia térmica, para paliar las grandes amplitudes térmicas: la construcción con tierra adoptada, con muros de adobe de 40cm y techo de barro cumple esta condición, pues permite incrementar el retardo de la onda de calor, disminuir la temperatura interior, y mejorar el nivel de confort en los espacios, tanto en invierno como verano.

PROYECTO DE VIVIENDA

Programa de Necesidades y Pautas Generales de Diseño

Se resuelve la vivienda para una familia tipo de la zona dedicada a las actividades agrícolas y la crianza de animales para consumo propio, compuesta por 5 miembros: un matrimonio y 3 hijos, de los cuales 2 son varones de 10 y 12 años, y 1 niña de 14 años.

En función de ello, se deducen los espacios necesarios: tres dormitorios, 1 cocina comedor, 1 estar, 1 baño, y 1 galería al Norte, cuyas dimensiones son generosas, conforme a las costumbres del lugar. Se diferenciará un sector íntimo de dormitorios y baños, y uno social de cocina-comedor, estar y galería, estos últimos comunicados con el área exterior de horneado, huerta de aprovisionamiento diario, y corrales de animales domésticos.

El módulo espacial para permitir una malla cuadrangular se define en base a medidas múltiplo de la traba de mampostería, al igual que el tamaño de las aberturas, resultando un micro-módulo de 1.0m x 1.0m; y submódulos de 4.0m x 4.0m. De este modo se busca dar una respuesta adecuada al diseño para la resistencia sísmica, propiciando una geometría simétrica para la forma y la disposición de la masa edilicia. Se respetan las pautas culturales de Jáchal en cuanto a los aspectos bioclimáticos y constructivos, que han sido descritos en los títulos anteriores.

Planta, Cortes y Maqueta Electrónica

En la Figura 11 se presenta la planta general y los cortes de la vivienda propuesta, y en la Figura 12 vistas de la maqueta electrónica.

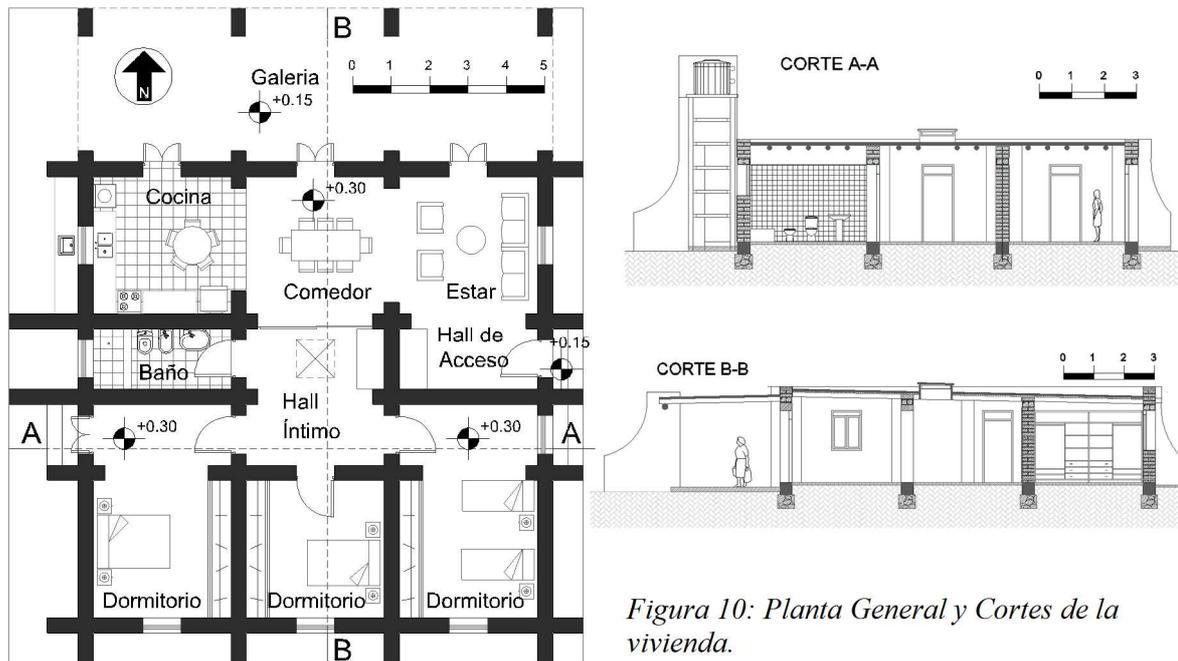


Figura 10: Planta General y Cortes de la vivienda.

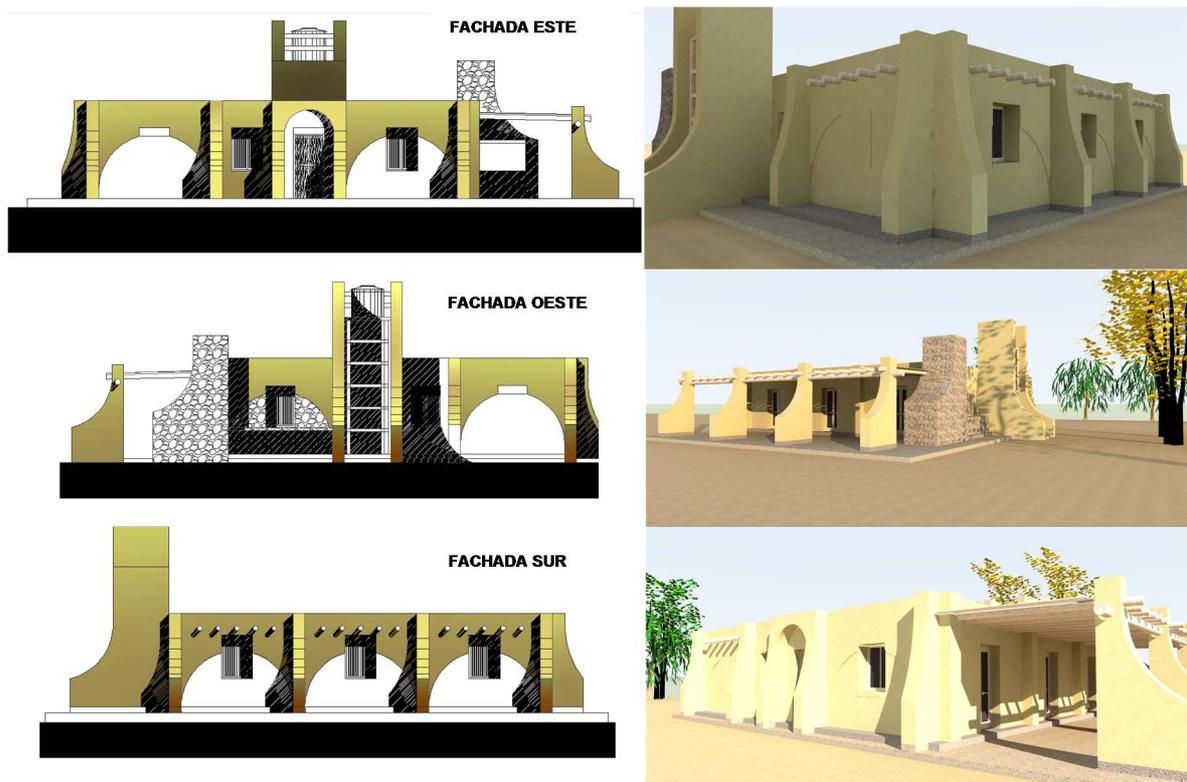


Figura 11: Vistas y maqueta electrónica.

COMPORTAMIENTO TÉRMICO-ENERGÉTICO

La evaluación térmico-energética de la vivienda rural se realizó utilizando “SIMEDIF”, un programa para diseño y simulación del comportamiento de edificios con acondicionamiento natural y artificial, desarrollado en el INENCO (Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional). Para una óptima legibilidad y orden, se codifican con diferentes letras los locales que agrupados constituyen un

sector (L), los muros (M), la cubierta de techo (T), y las aberturas existentes según sean ventana (V) o puerta (D) respectivamente (Figura 12). En las Figuras 13 y 14 se presentan las tablas con los datos que es necesario introducir al programa.



Figura 12: Codificación de componentes para simulación, y vistas de la maqueta electrónica.

1- DATOS GENERALES														
Localidad		La Pampa - Jáchal Provincia de San Juan												
Latitud del Lugar		30° 16' 10"												
Período de Invierno		01 /07 a 15 /07												
Período de Verano		01 /02 a 10 /02												

2-LOCALES	Locales a simular y sus características					
	Local	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Vol. (m³)	Renov.
	N°1	6.40	12.40	3.00	108.57	2
N°2	6.00	12.40	2.85	212.04	2	

3-TABIQUES	Elem.	Conecta		Dimensiones		Área	Coef. Cond.	Coef. Absorción		Coef. Convec.		Índice de Rad.		Área de Rad.(m²)	
		Lado 1	Lado 2	Ancho	Largo			Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2
	T1	Local 1	Exterior	12.4	6.4	74.36	2.6	0.3	0.3	6	15	1	9	0	74.36
T2	Local 2	Exterior	12.4	6.0	74.40	2.6	0.3	0.3	6	15	1	11	0	74.40	

4-MUROS Y PISOS	Elem.	Conecta		Dimensiones		Área (m²)	N° capas	Coef. Absorc.	Coef. Convec.		Índice de Rad.		Área de Rad. (m²)	
		Lado 1	Lado 2	Largo	Alto				Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2
	1	Local 1	Exterior	12.40	3.00	34.72	3	0.3	6.0	15.0	1	1	2.80	34.72
2	Local 1	Exterior	6.40	2.85	18.24	3	0.3	6.0	15.0	1	7	0.00	18.24	
3	Local 1	Local 2	12.40	2.80	34.72	3	0.3	6.0	15.0	1	1	0.00	1.40	
4	Local 1	Exterior	6.40	2.85	17.60	3	0.3	6.0	15.0	1	3	0.00	17.60	
5	Local 2	Exterior	6.00	2.80	16.80	3	0.3	6.0	15.0	1	7	0.00	16.80	
6	Local 2	Exterior	12.40	2.75	34.10	3	0.3	6.0	6.0	1	5	1.40	0.00	
7	Local 2	Exterior	6.00	2.80	63.36	3	0.3	6.0	15.0	1	3	0.00	63.36	
8	Local 1	Exterior	12.40	6.40	79.36	3	0.5	0.1	0.1	1	10	0.00	74.36	
9	Local 2	Exterior	12.40	6.00	74.40	3	0.5	0.1	0.1	1	12	0.00	74.40	

5-PUERTAS	Elem.	Conecta		Alto	Ancho	Coef. Des.	Hora Abre	Hora Cierre	6-VENTANAS	Elem.	Conecta		Área (m²)	Coef. Día	Coef. No.
		Lado 1	Lado 2								Lado 1	Lado 2			
	D1	Local 1	Exterior	2.4	1	0.6	9	12		V1	Local 1	Exterior	(1 x1.4)=	1,40m²	5.8
D2	Local 1	Exterior	2.4	1	0.6	9	12	V2	Local 1	Exterior	(1 x1.4)=	1,40m²	5.8	5.8	
D3	Local 1	Exterior	2.4	1	0.6	9	12	V3	Local 1	Exterior	(1 x1.4)=	1,40m²	5.8	5.8	
D4	Local 1	Exterior	2.4	1	0.6	9	12	V4	Local 2	Exterior	(1 x1.4)=	1,40m²	5.8	5.8	
D5	Local 2	Exterior	2.4	1	0.6	9	12	V5	Local 2	Exterior	(1 x1.4)=	1,40m²	5.8	5.8	
D6	Local 2	Exterior	2.4	1	0.6	9	12	V6	Local 2	Exterior	(1 x1.4)=	1,40m²	5.8	5.8	
	Local 1	Local 2	2.4	3	0.6	9	8	V7	Local 2	Exterior	(1 x1.4)=	1,40m²	5.8	5.8	

Figura 13: Tablas con datos de ingreso para SIMEDIF

7-CLIMA	Estación		Invierno	Verano	8-GANANCIAS INTERNAS (W)	Local	Elemento	Calor Sensible	Cantidad	Ganancia (W)	Total 100%
	Temp. Mínima (°C)		0.4	18		N°1	Personas	75	5	375	995
	Temp. Media (°C)		9.2	25			Luminarias	20	3	60	
	Temp. Máxima (°C)		18.1	33			Mechero	280	2	560	
	Rad. Media Diaria (MJ/m²)		10.8	25.2			Cocina	300	1	300	
				Heladera			310	1	310		
9-ÍNDICES						N°2	Personas	75	5	375	995
Índices de Radiación							Luminarias	20	3	60	
	Pen-diente	Azi-mut	Albe-do	Cubie-r-tas			Mechero	280	2	560	
1	90	180	0.26	0							
2	90	180	0.26	1							
3	90	270	0.26	0		10-GANANCIAS INTERNAS TOTALES (Wh)					
4	90	270	0.26	1	INVIERNO			VERANO			
5	90	0	0.26	0	Horas	Total	Elementos	Horas	Total	Elementos	
6	90	0	0.26	1	N°1	11 a 13	685	personas + heladera	11 a 13	835	personas + heladera + ventilador
7	90	90	0.26	0		14 a 18	310	heladera	14 a 18	460	heladera + ventilador
8	90	90	0.26	1		19 a 21	370	luminarias + heladera	19 a 21	370	luminarias + heladera
9	0	0	0.26	0		22 a 11	310	heladera	22 a 11	310	heladera
10	0	0	0.26	0	N°2	18 a 21	995	personas + mechero + luminarias	18 a 21	885	personas + ventilador + luminarias
11	0	0	0.26	0		22 a 7	935	personas + mechero	22 a 7	935	personas + mechero
12	0	0	0.26	0							

Figura 14: Tablas con datos de ingreso para SIMEDIF

Si bien las puertas D1, D2 y D3 tienen un 40% de área vidriada, para permitir buena iluminación natural en el interior, se desestimó la misma para ganancia solar, debido a que siempre se encontraría bajo la sombra de la galería, que tiene 3.60m de profundidad. Se adoptó 0.3 como coeficiente de absorción de los muros, que van pintados a la cal ($\alpha=0.2$), considerando que el ambiente frecuentemente cargado de polvo en el lugar, opacaría la superficie aumentando su poder de absorción. Según indica el manual de SIMEDIF, la conductividad térmica de los techos (T1 y T2) se obtuvo de dividir la Resistencia Térmica total (R) por el espesor total de cada uno. Asimismo se adopta el respectivo coeficiente convectivo interior recomendado para superficies interiores que no reciben radiación solar.

Resultados de Simulación Dinámica con SIMEDIF

Se realiza la simulación térmica del 1 al 15 de Julio para invierno, y del 1 al 15 de Febrero para verano, siendo en días julianos: 182 a 196 y 32 a 46, respectivamente. Para el análisis solo se selecciona el día 13 de julio en invierno y el 13 de febrero para verano, descartando los demás días calculados, pues el programa los utiliza para entrar en régimen de funcionamiento térmico edificio y para salir de él.

Figura 15: Resultados de SIMEDIF para el día 13 de julio, sin (Izq.) y con energía auxiliar (Der.).

Para calcular la carga térmica edilicia (edificio “termostatizado”), se adopta como procedimiento correr SIMEDIF para la vivienda primero sin sistema de acondicionamiento auxiliar, y luego con el mismo, fijando el termostato en 18°C durante invierno y en verano a 26°C, a fin de comparar el desempeño térmico en ambas situaciones y obtener el consumo energético asociado al nivel de confort estipulado. En la Figura 15 se muestran los resultados obtenidos para invierno con y sin acondicionamiento auxiliar, y en la Figura 16 los respectivos de verano. En ambas se delimita la zona de confort ampliado, comprendida entre 18°C y 28°C). Sin el aporte de energía auxiliar convencional (Figura 15, Izq.) la temperatura de la vivienda en invierno desciende en horas de máxima entre 3.2°C y 4.5°C respecto a la exterior, alcanzando 13.6°C y 14.9°C para L1 y L2 respectivamente. A su vez, en horas de mínima asciende entre 6.7°C y 7.5°C, llegando a 7.1°C en L1 y a 7.9°C en L2, con una amplitud térmica de 5.7°C a 7.8°C, mientras que en el exterior es de 17.7°C, lo cual implica que desciende en los interiores entre 9.9°C y 12°C. Esto demuestra una excelente amortiguación térmica de los componentes constructivos empleados, variable entre 3.2°C y 7.5°C.

Figura 16: Resultados de SIMEDIF para el día 13 de febrero, sin (Izq.) y con energía auxiliar (Der.).

Las diferencias entre locales llegan hasta 1.3°C, correspondiendo las temperaturas más altas en máximas a L1, que recibe mayores aportes de ganancia solar y ganancias internas, mientras que L2 lo hace en mínimas. Con el sistema de acondicionamiento auxiliar en invierno (Figura 15, Der.) las temperaturas máximas oscilan entre 18.0°C y 18.5°C para ambos locales conforme al margen permitido por la calibración del termostato, provocando una amplitud térmica similar para L1 y L2, de 0.40°C y 0.42°C respectivamente. Esto se debe a que poseen dimensiones similares y a que igual parte de su envolvente vertical se encuentra en contacto con el exterior (tres caras).

En las mínimas la diferencia con la del exterior varía entre 17.6°C y 17.7°C. Para alcanzar los 18°C fijados como temperatura de confort mediante termostato, se necesitaría agregar 261 MJ/día de energía auxiliar para L1 y 290 MJ/día para L2, que en caso de ser gas implicaría un consumo promedio de 0.34 m³/día y 0.40 m³/día en invierno, representando a su vez 3.0 y 3.2 kWh/día en unidades eléctricas.

En verano sin el aporte de energía auxiliar convencional la temperatura máxima varía entre 32.0°C (L2) y 33.9°C (L1) mientras la exterior es de 33°C, y la mínima entre 24.3°C y 25.0°C para L1 y L2 respectivamente cuando afuera hacen 18°C. L1 presenta una amplitud térmica 2.6°C mayor que L2 (7.0°C), siendo la exterior de 15°C.

La amortiguación varía en las mínimas entre 6.3°C y 7.0°C pero desfavorablemente, pues las temperaturas interiores permanecen superiores a las del exterior. En las máximas L1 alcanza casi 1.0°C menos que el exterior, pero L2 suma esa misma cantidad.

Para que L1 alcance la temperatura de confort estipulada mediante termostato (26°C). sería necesario agregar 71 MJ/día de energía auxiliar, y 260 MJ/día para L2, lo cual equivale a un consumo eléctrico promedio de 0.82 kWh y 3.20 kWh. Aparentemente el programa no considera el retardo térmico, pues

no se observa en ninguna gráfica. Sin embargo se puede afirmar -conforme a cálculo realizado- que el mismo es de 15 hs. para muros y 3.7 hs. para techos.

Análisis Morfológico y Térmico Estacionario

Para realizar el análisis morfológico y térmico estacionario se utiliza el programa KG-MOD (Blasco, 2013) que aplica la Norma IRAM 11604 (2001) y permite obtener las gráficas que se muestran en las Figura 17. Con un factor de forma de 1.23, un 33.12% de volumen relativo de masa térmica y un 4.06% de superficie relativa de ventanas, se considera que la vivienda es morfológicamente adecuada desde el punto de vista energético. Esto es verificado por una carga térmica anual baja (11.84 MWh) que produce un coeficiente volumétrico de pérdidas de calor de $1.72 \text{ W/m}^3\text{°C}$, el cual supera solo en $0.02 \text{ W/m}^3\text{°C}$ al valor admisible que estipula la Norma.

Figura 17: Valores relativos de volumen de masa y superficie de ventanas, y carga térmica anual (Izq.). Factor de forma edilicia, coeficiente volumétrico de pérdidas y su diferencia respecto al admisible (Der.)

CONCLUSIONES

El proyecto propuesto demuestra que es posible ofrecer calidad espacial en viviendas rurales, respetando costumbres ancestrales de la zona de implantación, tanto en los aspectos socio-culturales como tecnológicos. Cuando se observan las reglas de arte del buen construir con tierra, esta tecnología posibilita, no solo satisfacer condiciones de hábitat, sino que lo logra con un reducido costo económico, además de favorecer una gran apropiación simbólica y social.

El análisis térmico-energético estacionario y dinámico realizado, permite constatar su excelente comportamiento para reducir la amplitud térmica, lo cual ayuda a alcanzar una importante estabilidad interior respecto a las variaciones externas, y un significativo ahorro energético para mantener bienestar higrotérmico.

A partir de reconocer que estas prácticas persisten aún en sitios reales y representan una solución concreta a la problemática de la vivienda rural gracias a sus bondades, los Arquitectos deben asumir el compromiso de rescatar en su quehacer profesional la integración de estas y otras tecnologías constructivas sencillas además de las consideradas competitivas y de avanzada, mediante el estudio sistemático de la investigación científica para generar sólidos conocimientos que faciliten desarrollos superadores y su afianzamiento como alternativas absolutamente válidas.

REFERENCIAS

- Blasco Lucas I. (2013). *Arquitectura sustentable en hábitat rural de zona árido-sísmica: Aportes teórico-metodológicos*. Tesis Doctoral en Arquitectura. Universidad de Mendoza.
- Blasco Lucas I. (2014). *Propuestas de mejoras para construcciones con tierra en hábitats áridos y sísmicos*. Construcción con Tierra 6, pp. 2-14.
- Blondet M., Torrelva D., Villa Garcia G. (2002). *Adobe in Peru: Tradition, research and future*. In: Modern Earth Building 2002. International Conference and Fair, Berlin, Germany.

- Blondet M., Villa Garcia G., Brzev S. (2003). *Adobe use in seismic areas, earthquake-resistant construction of adobe buildings: a tutorial*. EERI, Oakland, California.
- CIID-UC (1985). *Cartilla N°3: Muros de adobe y caña*. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo. Universidad Católica del Perú.
- Doat P., Hays A., Houben H. (1991). *Building with earth*. Traducción de la tercera edición original del libro: "Construire en terre" (1985) S. Matuk & F. Vitoux (CRATerre, France). New Delhi, India.
- DPDU (1951). *Código de Edificación de la Provincia de San Juan*. Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano. Gobierno de la Provincia de San Juan.
- Flores Larsen S., Lesino G., Saravia L., Alía D. (2000). SIMEDIF para Windows. INENCO - UNSa – CONICET. Salta – Argentina
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2002). *Modelo térmico del programa Simedif de simulación de edificios*. INENCO, UNSa – CONICET.
- Flores Larsen S. (2005). *Uso de modelos de simulación en la optimización energética de edificios*. Capítulo 4, en Celina Filippín (2005): *Uso Eficiente de la energía en edificios*. Ediciones Amerindia. La Pampa. Argentina.
- Giuliani H., Herrera J., Medone C. (1981). *Diseño antisísmico. Viviendas de adobe*. Instituto de Investigaciones Antisísmicas Ing. Aldo Bruschi. UNSJ.
- Giuliano A., Amado J., Barros E. (1991). *Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas argentinas para construcciones sismorresistentes*. Instituto Nacional de Prevención Sísmica.
- IRAM (2012). *Norma 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de Argentina*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM (2001). *Norma 11604: Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas*. Segunda edición. Instituto Argentino de Normalización. Argentina.
- Minke G. (2005). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Tercera edición. Forschungslabor für Experimentelles Bauen, Universidad de Kassel, Alemania.
- Rael R. (2009). *Earth architecture*. Princeton Architectural Press. NY.
- Re M. G. (2007). *Arquitectura apropiada en unidades productivas de zonas rurales áridas: Integración de principios bioclimáticos y tecnología solar*. Tesis de Maestría Arquitectura para Zonas Áridas y Sísmicas. FAUD. UNSJ. Directora: Blasco Lucas I.
- Ruiz R. (2007). *Jáchal casas antiguas*. <http://www.panoramio.com/photo/5579874> - Acceso: 20/08/2014.

NOTA: El proyecto de la vivienda fue desarrollado como ejercicio académico final de la asignatura electiva "Construcción con Tierra", cuyo responsable es el Arq. Arturo Pereyra. El análisis térmico-energético y mejoras en el proyectos elaborado fueron guiados por la Dr.-Arq. I. Blasco Lucas. La Dr.-Arq. Celina Filippín asesoró en el uso del programa SIMEDIF.

THERMAL-ENERGY ANALYSIS OF HOUSING DESIGNED WITH APPROPRIATE TECHNOLOGIES FOR SAN JOSÉ DE JÁCHAL

ABSTRACT: Respecting the location context, a housing project meeting the needs of a family of 5 people, and cultural patterns of local residents using appropriate technologies earth construction it is proposed. Based on a literature inquiry and taking into account existing materials on site, it is adopted for the system adobe walls reinforced with canes. The design apply good art for this technology referred to thickness of walls, buttresses and use of appropriate modulation, as the correct location and dimension of openings; also it uses the recommended bioclimatic strategies for the region. The article describes the project and its details, making a verification of stationary thermal-energy performance stipulated by the IRAM standards, and through a dynamic simulation with SIMEDIF program, showing the real benefits that the system used has in the valuate aspect.

Keywords: Thermal-energy, appropriate technology, housing project