CALIDAD ESTRUCTURAL DE TECNOLOGÍAS EN TIERRA APLICADAS A CENTRO COMUNITARIO RURAL

Laura Alicia Simón Gil; Irene 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. 349 – Fax: +54(0)264 423 5397 – http://www.faud.unsj.edu.ar - E-mail: laurasimon@speedy.com.ar

Palabras clave: evaluación, calidad estructural, tecnologías en tierra, centro comunitario

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el análisis del aspecto técnico–constructivo, desde el punto de vista estructural, de diferentes tecnologías en tierra aplicadas a un Unidad Productiva Rural Comunitaria consistente en un Centro Comunitario ubicado en una zona árido–sísmica alejada de centros urbanos y de difícil accesibilidad.

Para ello, se emplea un procedimiento cuali-cuantitativo, partiendo de los diferentes tipos constructivos estructurales de tecnologías en tierra existentes en la zona (esqueleto de barras o armazón, placa o laminar y tipologías combinadas), que fueron analizados en investigaciones previas (Blasco Lucas et al., 2006), y se emplean como base los criterios de valoración de variables definidos en el planteo original del Modelo MECE (Evaluación de Calidad Estructural) (Simón Gil et al., 2003; Blasco Lucas y Simón Gil, 2003) que se aplica en este caso, el cual permite cuantificar distintas alternativas constructivo-estructurales para el anteproyecto arquitectónico teniendo en cuenta los subsistemas: forma, función, significado y tecnología de las estructuras.

Este modelo de evaluación, considera varios aspectos de las estructuras, previo a realizar cálculos matemáticos. Integra la estructura con la geometría, la relación con el diseño arquitectónico–constructivo, el aspecto psicológico que produce en sus habitantes, etc.; matices ausentes en el proceso de cálculo estructural, puramente matemático.

Como premisa fundamental, se considera la conveniencia de no cambiar de manera significativa, los tipos constructivos usuales en la región, debido a las ventajas que poseen en cuanto a la utilización de recursos que el sitio ofrece, el uso mínimo de energía empleado en el proceso constructivo, y la consideración de variables culturales y socio-económicas propias de los habitantes del lugar.
En función de los resultados obtenidos se elabora un diagnóstico de la situación, que facilita la selección del sistema más conveniente, como también modificar aquellos aspectos que disminuyen la valoración del proyecto, y a la vez respetar y adoptar aquellos que sean favorables o adecuados.

1. CONCEPTO DE CALIDAD ESTRUCTURAL

Realizar una evaluación cuali–cuantitativa estructural de las construcciones, previo a cualquier cálculo estructural, es de fundamental importancia, porque permite considerar varios aspectos de su futuro comportamiento ante eventuales catástrofes, sin llegar a realizar cálculos matemáticos. Esta evaluación es más amplia, integradora; ya que considera la geometría, la relación con el diseño arquitectónico–constructivo, el aspecto psicológico que produce en sus habitantes, etc.; matices ausentes en el proceso de cálculo estructural.

Es objetivo del presente trabajo es analizar el aspecto técnico–constructivo mediante la aplicación de un procedimiento para la evaluación cuali–cuantitativa, de la propuesta elaborada para una Unidad Productiva Rural Comunitaria (UPRC) consistente en un Centro Comunitario (CC) ubicado en una zona árido–sísmica alejada de centros urbanos y de difícil accesibilidad. Con este fin, se parte de los diferentes tipos constructivos estructurales existentes en la zona, que fueron analizados en investigaciones previas (Blasco Lucas y Simón Gil, 2006), y se emplean como base los criterios de valoración de variables definidos

en el planteo original del **M**odelo de **E**valuación de **C**alidad **E**structural (MECE)[3] (Blasco Lucas y Simón Gil, 2003) que se aplicará en este caso, el cual permite cuantificar distintas alternativas constructivo-estructurales para el anteproyecto arquitectónico realizado mediante diseño participativo con los pobladores. En función de los resultados obtenidos se elabora un diagnóstico de la situación, que facilita la selección del sistema más conveniente, como también modificar aquellos aspectos que disminuyen la valoración del proyecto, y a la vez respetar y adoptar aquellos que sean favorables o adecuados.

2. TIPOS ESTRUCTURALES A ANALIZAR

La selección de los tipos constructivo–estructurales (Torroja, 1996) a utilizar como variantes para el proyecto en cuestión, surgen del análisis realizado anteriormente[1] en la zona rural en estudio y detectados como los más empleados (Blasco Lucas et al., 2003-2007) [2]:

- ✓ Esqueleto, de barras o armazón: 38 % de las construcciones analizadas en la muestra.
- ✓ Placa o laminar: 58% de las construcciones de la muestra seleccionada.

El resto de las mismas, poseen tipologías combinadas. Estos tipos han sido construido por los pobladores con diversos materiales y tecnologías tales como adobe, quincha, piedra, rollizos, chapas, etc.; siendo la piedra y el adobe los materiales más empleados en muros.

Estructura			Código de Tipo Estructural	Cerramientos Verticales	
Tipo	**Subtipo**	**Elementos Resistentes**		**Variante**	**Muros**
TE: Esqueleto	TE1	Rollizos de madera	TE1-V1	V1	Ladrillos
			TE1-V2	V2	Chapas metálicas
			TE1-V3	V3	Bloques
			TE1-V4	V4	Adobe
			TE1-V5	V5	Madera
			TE1-V6	V6	Adobe + ladrillo
			TE1-V7	V7	Adobe + quincha
			TE1-V8	**V8**	**Quincha tradicional**
			TE1-V9	**V9**	**Quincha mejorada**
	TE2	Hormigón armado	TE2-V1	V1	Ladrillo
			TE2-V2	**V2**	**Adobe**
			TE2-V3	V3	Bloque
TP: Placa	**TP1**	**Adobe**	**TP1**		**Adobe trabado en esquinas**
	TP2	Piedra	TP2		Piedra
	TP3	Ladrillo	TP3		Ladrillo
	TP4	Bloques	TP4		Bloques
	TP5	**Suelocemento**	**TP5**		**Suelocemento**
TC: Combinada	TCi	Placa + Esqueleto	TCi		Mixtos

Tabla 1. Variantes de Tipos Estructurales existentes en las construcciones relevadas.

A pesar que la zona posee un elevado riesgo sísmico, se considera conveniente no cambiar o modificar de manera significativa los tipos constructivos usuales en la región, debido a que los mismos poseen importantes ventajas, tales como la utilización de recursos (materiales y mano de obra) que el sitio ofrece, el uso mínimo de energía en el proceso constructivo, y la consideración de variables culturales y socio-económicas propias de los habitantes del lugar. En la Tabla 1 se resumen las 17 variantes de tipos estructurales definidas en investigación previa (Blasco Lucas et al., 2006), y en la Tabla 2 aquellas seleccionadas para conformar los casos a analizar en la UPRC. En la misma, figura un total de 5 variantes básicas, correspondiendo las tres primeras a materiales y tecnologías empleadas por los habitantes de zonas rurales en sus viviendas, y las dos últimas a alternativas mejoradas propuestas por el equipo de trabajo que desarrolla la presente investigación.

CASOS	CÓDIGO	MATERIALES	TIPOS ESTRUCTURALES	ELEMENTOS RESISTENTES
1	**TE2-V2**	Adobe + Hormigón armado	Esqueleto	Estructura de hormigón armado
2	**TP-1**	Adobe trabado en esquinas	Placa	Mampostería de adobe
3	**TE1-V8**	Quincha tradicional	Esqueleto	Rollizos de madera
4	**TE1-V9**	Quincha mejorada	Esqueleto	Rollizos de madera
5	**TP-5**	Suelocemento	Placa	Mampostería de suelocemento

Tabla 2. Variantes de Tipos Estructurales seleccionadas para aplicar MECE

Partiendo de que el análisis del sistema estructural implica estudiar en forma conjunta los subsistemas que lo componen: forma, función, significado y tecnología, se aplican las tablas y valoraciones de los mismos, desarrolladas en investigaciones previas.

3. PROPUESTA DE UPRC A EVALUAR [4]

El anteproyecto que se representa en la Fig. 1, fue elaborado experimentando un proceso de diseño participativo con los pobladores de Balde de Leyes en investigaciones anteriores (Blasco Lucas et al., 2006, 2003-2005 y 2004-2007) [1] [2] y es el que se somete a la evaluación de calidad estructural en el presente proyecto.

4. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ESTRUCTURALES

El método MECE fue desarrollado empíricamente para el análisis de casos de viviendas urbanas, y se pretende mediante la presente aplicación adaptarlo a la valoración de calidad estructural de construcciones rurales, las cuales poseen características muy particulares que las diferencian de las urbanas.

La herramienta tomada como base para analizar las variables estructurales del Centro Comunitario es el libro implementado en MS-Excel compuesto de hojas programadas con funciones del utilitario, vinculadas entre sí, que automatizan el análisis deseado. La necesidad de realizar modificaciones y ampliaciones de las variables consideradas inicialmente en MECE, se asocia con las diferencias existentes en los tipos estructurales utilizados en la zona actualmente en estudio (Blasco Lucas y Simón Gil, 2006), respecto a la anterior.

Para realizar la calificación de cada ítem considerado, en los subsistemas que forman parte del sistema estructural, se re-elaboran los criterios de adjudicación de valores para cada variable, en los aspectos específicos relacionados con los tipos estructurales rurales seleccionados. Se continúa adoptando una escala de valoración comprendida entre 0 y 1, correspondiendo este último valor a la situación óptima dentro de cada concepto.

Las variables consideradas se agrupan dentro de cada subsistema, del siguiente modo:

- ✓ *Forma estructural:* Simpleza, simetría, extensión en planta y elevación.
- ✓ *Función estructural:* Equilibrio, resistencia, rigidez y economía.
- ✓ *Significado estructural:* Evidencia de la estructura y percepción de la misma por parte de los usuarios.
- ✓ *Tecnología estructural:* Materiales y técnicas constructivas empleadas.

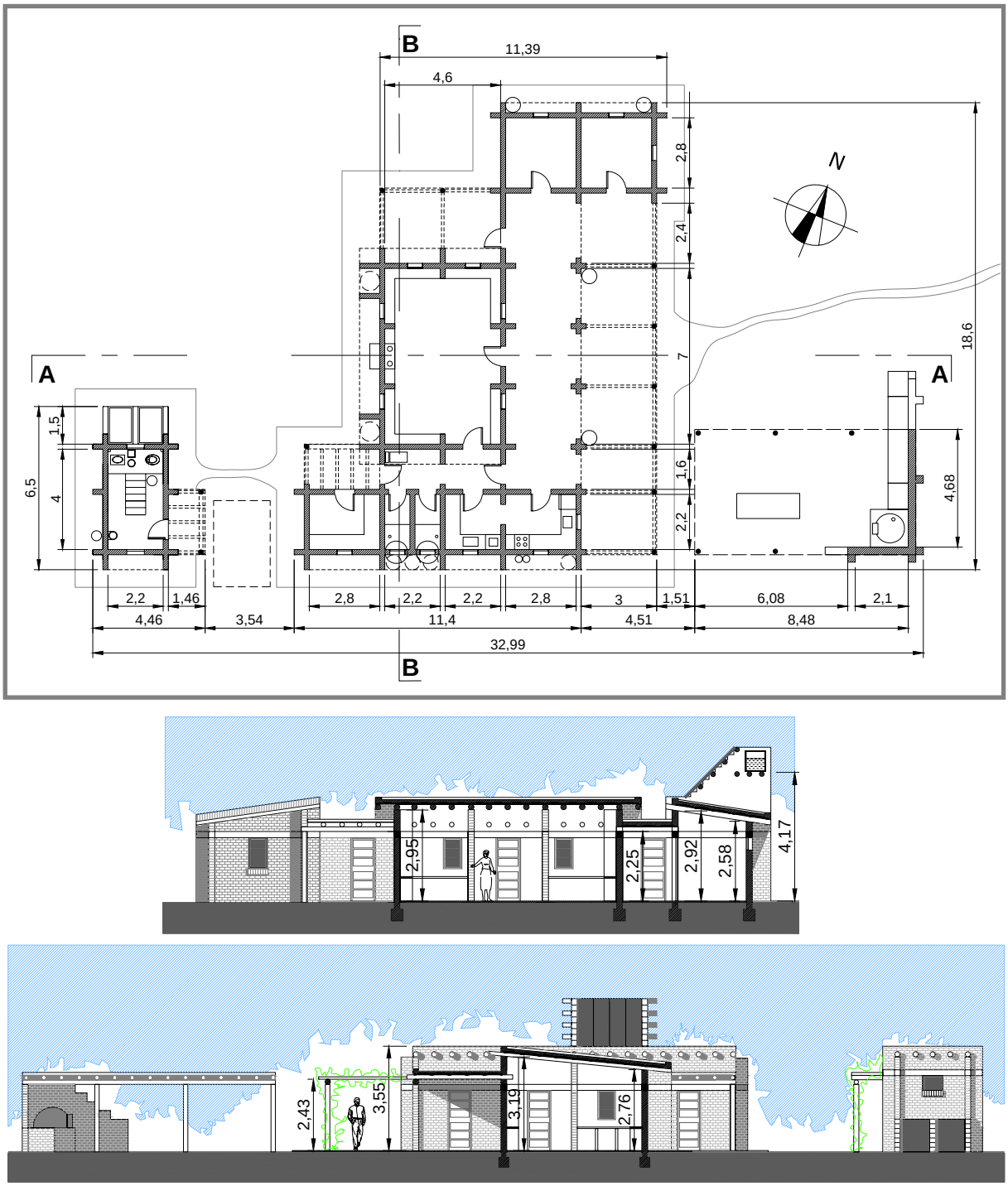

Fig.1. Anteproyecto de la UPRC para Balde de Leyes: planta y cortes.

5. APLICACIÓN DE MECE EN UPRC

A continuación se explicita el proceso de aplicación de MECE por subsistema, resaltando aquellas modificaciones efectuadas en determinadas variables.

5.1. Forma Estructural

Los reglamentos y libros de texto que tratan sobre configuración edilicia en zona sísmica, manifiestan que las formas simétricas son preferibles a aquellas que no lo son, debido fundamentalmente a dos razones:

- ✓ En términos puramente geométricos, la asimetría tiende a producir excentricidad entre el centro de masas y el centro de rigidez, provocando efecto de torsión. Esto también se puede deber a causas no geométricas, como por ejemplo, variaciones en la distribución de peso de una estructura simétrica.
- ✓ La asimetría tiende a concentrar esfuerzos. El ejemplo más claro de esto es la concentración de esfuerzos en una esquina interior. Sin embargo, un edificio con esquinas interiores no es necesariamente asimétrico (un edificio cruciforme puede ser simétrico), pero sí irregular.

Esto manifiesta que la simetría por sí misma no es suficiente y sólo cuando se combina con la sencillez (del tipo definida como configuración "convexa") es que las formas geométricas tienden a eliminar las concentraciones de cargas, de ello se concluye que:

- ✓ *Simetría + Sencillez = Eliminación de Concentraciones de Cargas y Torsión*

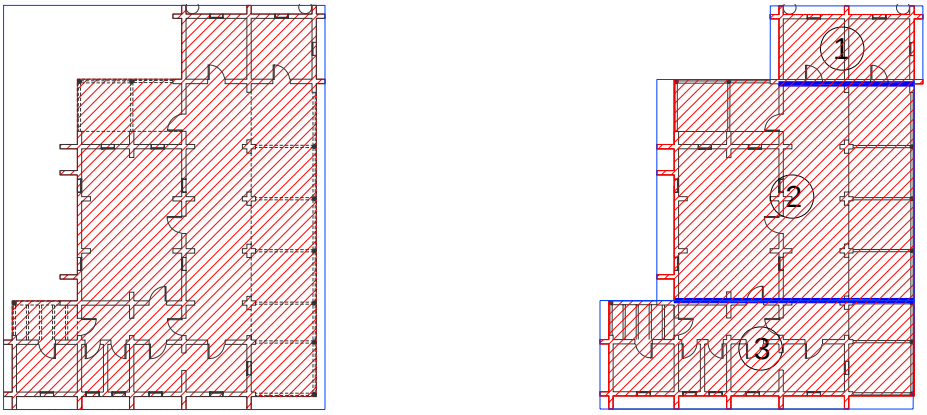

Fig. 2. Izquierda: Superficie de la construcción inscripta en un rectángulo. Derecha: Superficie de la construcción dividida por juntas.

SUB-SIST.	VARIABLES	ASPECTOS / CONCEPTOS		MAX	CASOS				
					1	2	3	4	5
FORMA ESTRUCTURAL	FORMA EN PLANTA	Cuadrada, rectangular		1,00					
		Su superficie puede inscribirse en un 85% de un cuadrado o rectángulo.		0,70					
		L, T, H, U, Z, que no cumplen la condición anterior.		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
		Irregular		0,00					
	SIMETRÍA	En 2 direcciones	Totalmente simétrica	1,00					
			Simetría parcial (ε = 85%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
		En 1 dirección	Totalmente simétrica	0,60					
			Simetría parcial (ε = 85%)	0,40					
		Ninguna simetría		0,00					
	RELACIÓN ALTURA MÁX. EDIF / DIMENS.	Hasta 3		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Más de 3		0,00					
	PROMEDIO				**0,72**	**0,72**	**0,72**	**0,72**	**0,72**

Tabla 3. Valoración de la forma estructural.

A medida que el edificio se vuelve más simétrico, se reduce su tendencia a sufrir concentraciones de esfuerzo y torsión, y su comportamiento ante cargas sísmicas tenderá a ser menos difícil de analizar y más predecible. Esto indica que cuando la seguridad se va a mantener con economía de diseño y construcción, las formas simétricas y simples son más convenientes. A los fines de efectuar una comparación de la forma estructural en planta de la construcción con una figura simple y simétrica, La Fig. 2 muestra la impronta de la UPRC

inscripta en un rectángulo, para efectuar su análisis y valoración de aspectos a considerar en la tabla de valoración de variables relativas al subsistema formal. Analizando la imagen de la izquierda de la figura 2, la Tabla 3 muestra las valoraciones asignadas a la UPRC por forma estructural, detallando los aspectos o conceptos considerados por cada variable.

Los resultados obtenidos en todos los casos son coincidentes, debido a que las variantes se basan en diferentes materiales de construcción y tecnologías empleadas, pero no la forma de la planta estructural. Si bien la forma en planta del centro comunitario no es compleja, presenta irregularidades que generan concentración de esfuerzos en ángulos entrantes y diferentes localizaciones de centro de masas y de rigidez que genera excentricidad y por consiguiente torsión, y hacen a la construcción más vulnerable ante posibles movimientos sísmicos, motivo por el cual no recibe la máxima valoración.

A los fines de lograr una forma en planta más regular, que impida la concentración de esfuerzos en determinados puntos, se considera la posibilidad de dividir la planta estructural, a través de juntas. La propuesta de mejora (PM) sobre la inicial (PI) se muestra en la imagen de la derecha de la Fig. 2, en la cual, se diferencian 3 partes. La valoración de la PM se muestra en la Tabla 4.

SUB-SIST.	VARIABLES	ASPECTOS / CONCEPTOS		MAX	CASOS				
					1	2	3	4	5
FORMA ESTRUCTURAL	FORMA EN PLANTA	Cuadrada, rectangular		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Su superficie puede inscribirse en un 85% de un cuadrado o rectángulo.		0,70					
		L, T, H, U, Z, que no cumplen la condición anterior.		0,35					
		Irregular		0,00					
	SIMETRÍA	En 2 direcciones	Totalmente simétrica	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
			Simetría parcial (ε = 85%)	0,80					
		En 1 dirección	Totalmente simétrica	0,60					
			Simetría parcial (ε = 85%)	0,40					
		Ninguna simetría		0,00					
	RELACIÓN ALTURA MÁX. EDIF / DIMENS. MENOR	Hasta 3		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Más de 3		0,00					
	PROMEDIO				**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**

Tabla 4. Valoración de cada sector de la forma estructural dividida por juntas.

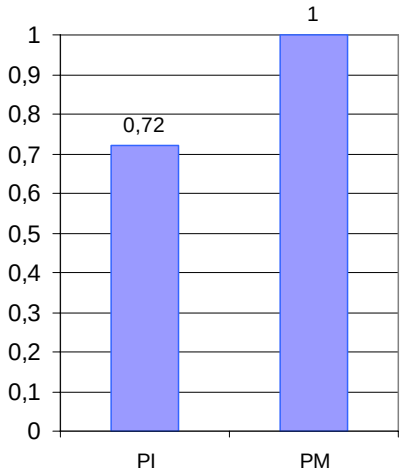

Fig. 3. Comparación de valoraciones de la forma estructural para PI (Propuesta Inicial) y PM (Propuesta Mejorada).

Cada sector se inscribe dentro de una figura regular. Las partes 1 y 3 en un rectángulo y la 2 en un cuadrado. Si bien desde el punto de vista estructural, la construcción queda dividida en tres partes, funcionalmente sigue comportándose como una unidad. De este modo, cada una de las partes de la construcción adquiere la máxima valoración, por lo cual corresponde al total de la obra a partir del promedio de la valoración de sus partes, también el puntaje máximo (1) referido al subsistema forma estructural. Dado que los 5 casos analizados basan su diferencia en los materiales y tecnologías empleadas y no a la forma en planta, todos ellos, considerando la presencia de juntas que regularizan la planta, alcanzan el máximo puntaje. La Fig. 3 muestra la mejora lograda en la valoración formal para todos los casos de tipos estructurales analizados. En ella se observa que se logra un aumento de la valoración en un 28%, a través de este cambio formal en el diseño, por lo cual se considera que es recomendable su incorporación al mismo. Es decir, en PM se logra obtener el máximo puntaje en cada uno de los casos, debido a que su forma en planta, al ser simple, simétrica y regular, responde más adecuadamente al sismo.

5.2. Función Estructural

En lo referente a la función estructural, se parte de la premisa de que al ser una construcción nueva, la estructura – y la obra toda - será realizada conforme a las reglas del buen arte, por lo cual, a los conceptos de equilibrio y rigidez, se les otorga el valor máximo.

SUB-SIST.	VARIABLES		ASPECTOS / CONCEPTOS		MAX	CASOS				
						1	2	3	4	5
FUNCIÓN ESTRUCTURAL	ESTRUCTURA DE ESQUELETO	RIGIDEZ	Sin deformación ni daño		1,00	1,00		1,00	1,00	
			Deformación en viga		0,80					
			Deformación en columna		0,60					
			Daño en viga		0,40					
			Daño en columna		0,20					
			Estructura derrumbada		0,00					
		RESISTENCIA	Muros resist. (esp.mín. 0,20m) en ambas direc. > 12 cm / m² de sup. de vivienda	Sí	1,00	1,00			1,00	
				No	0,00			0,00		
			Vigas y columnas coaxiales	Sí	1,00	1,00		1,00	1,00	
				No	0,00					
			Relación ancho viga / columna.	1/1	1,00	1,00		1,00	1,00	
				Hasta 1 / 1,5	0,70					
				Hasta 1,5 / 1	0,40					
				Proporción mayor	0,00					
			Presencia de columnas cortas	No	1,00	1,00		1,00	1,00	
				Sí	0,00					
	EQUILIBRIO		Estructura en perfecto estado		1,00		1,00			1,00
			Estructura con fisuras		0,50					
			Estructura derrumbada		0,00					
	ESTRUCTURA PLACA	RIGIDEZ	Sin deformación ni daño		1,00		1,00			1,00
			Deformación en placa		0,50					
			Daño en placa		0,30					
			Estructura derrumbada		0,00					
		RESISTENCIA	Placa pesada con buena vinculación entre sí		1,00					1,00
			Placa liviana con buena vinculación entre sí		1,00					
			Placa liviana con mala vinculación		0,50					
			Placa pesada con vinculación regular		0,40		0,40			
			Placa pesada con mala vinculación		0,00					
	PROMEDIO					**1,00**	**0,80**	**0,80**	**1,00**	**1,00**

Tabla 5. Valoración con MECE de la función estructural en la UPRC, agregando el tipo placa.

En la versión original de MECE no fue contemplado el tipo estructural "placa" porque no se presentó al analizar las viviendas urbanas, por lo cual fue necesario incorporar las variables de rigidez y resistencia específicas para posibilitar la evaluación del mismo, debido a que este se encuentra entre las variantes constructivo-estructurales de los casos analizados en la presente investigación. La Tabla 5 muestra las valoraciones realizadas del subsistema función estructural en la UPRC. Los tipos realizados con estructura resistente de hormigón armado y cerramiento de adobe; como así también las construidas con suelocemento con armadura interna y la quincha mejorada, son las que alcanzan la máxima valoración, como se observa en la Fig. 4.

5.3. Significado Estructural

La realidad física que concierne a la arquitectura, está constituida por la masa de la edificación y también por la gente que ocupa los edificios. Hay numerosas disciplinas que proporcionan conocimiento científico acerca de la realidad física de la arquitectura. Mientras acrecientan el mismo, y sin coincidir con él necesariamente, la gente construye sus propias concepciones no científicas de la arquitectura (Salas Serrano y Lira, 1995).

En ellas se incluirán parcialmente acertadas y parcialmente erróneas ideas acerca de la realidad física, por ejemplo, acerca de la durabilidad de los materiales, o del modo en que la estructura del edificio soporta su propio peso y la acción de las fuerzas externas, etc. La semiótica en arquitectura es muy importante porque permite analizar una obra y determinar su mensaje (Bonta, 1998).

Teniendo en cuenta que la zona posee una muy elevada peligrosidad sísmica y que sus habitantes están acostumbrados a vivir en construcciones muy precarias, este concepto es muy aplicable e importante cuando se analizan las estructuras resistentes de sus espacios habitables. Aquí se trata la influencia psíquica en los ocupantes de los espacios generados (evidencia y percepción de la estructura). La Tabla 7 y la Fig. 4 muestran los valores asignados a las variables de significado estructural en cada caso.

SUB-SIST.	VARIABLES	ASPECTOS / CONCEPTOS	MAX	CASOS				
				1	2	3	4	5
SIGNIFICADO	EVIDENCIA	Estructura a la vista	1,00	1,00			1,00	
		Estructura oculta	0,00		0,00	0,00		0,00
	PERCEPCIÓN	Brinda seguridad	1,00					1,00
		No causa ningún efecto psicológico	0,70			0,70	0,70	
		Brinda desconfianza	0,35	0,35				
		Brinda temor	0,00		0,00			
	PROMEDIO			**0,68**	**0,00**	**0,35**	**0,85**	**0,50**

Tabla 7. Valoración del significado estructural para los diferentes casos.

La valoración final demuestra que el hecho de que vigas y columnas sean fácilmente perceptibles, eleva notablemente la puntuación en este ítem. Esto se manifiesta en:

- ✓ *Caso 1:* la disminución del puntaje se debe al cerramiento en sí (adobe) pero no a la estructura propiamente dicha.
- ✓ *Caso 2:* se agrava notablemente dado que no posee una estructura resistente reconocible y porque el adobe es un material sumamente frágil y de respuesta deficiente ante situaciones de sismos, de lo cual los habitantes del lugar son perfectamente concientes.
- ✓ *Caso 4:* el puntaje es mayor debido a que una estructura liviana como lo es la quincha, provoca una menor sensación de temor que un muro de adobe.

5.4. Tecnología Estructural

Es en este subsistema en el que se producen las grandes diferencias entre los distintos casos. Debido a las particularidades de la construcción analizada, también se han introducido algunas variantes respecto a la tabla MECE original, efectuada con el objeto de analizar viviendas urbanas. Ellas se ponen de manifiesto, en los siguientes aspectos:

- ✓ *Materiales:* Se agrega el suelocemento, que es un material propuesto, estudiado y probado por el equipo de trabajo. También se considera la facilidad de obtención de los materiales, particularidad que es muy importante en obras con estas características de implantación y de menor incidencia en la valoración de obras urbanas, donde la obtención de cualquier material de construcción es relativamente sencilla.
- ✓ *Técnica constructiva:* Dado que esta variable considera el uso de recursos humanos y materiales en relación a su origen, se cree conveniente agregar un nuevo aspecto o concepto, intermedio entre las anteriores, que corresponde al empleo de recursos humanos propios del lugar (autoconstrucción), previa capacitación y posterior seguimiento por parte de personal especializado, pero con algunos materiales adquiridos en comercios de zonas urbanas.

La Tabla 8 corresponde a la tecnología estructural con sus adaptaciones al tema particular de la UPRC en estudio, y la Fig. 4 representa gráficamente los resultados obtenidos.

SUB-SIST.	VARIABLES	ASPECTOS / CONCEPTOS		MAX	CASOS				
					1	2	3	4	5
TECNOLOGÍA ESTRUCTURAL	MATERIALES	Hormigón armado combinado con:	Ladrillo cerámico	1,00					
			Ladrillón						
			Bloques						
			Suelocemento						
			Acero o madera	0,70					
			Adobe	0,40	0,40				
		Suelocemento con armadura interna		1,00					1,00
		Acero o madera exclusivamente		0,50					
		Quincha		0,20			0,20	0,20	
		Adobe con traba en esquinas		0,00		0,00			
	TÉCNICA CONSTRUCTIVA	Apropiada: utilización de recursos humanos y naturales de la zona		1,00		1,00	1,00		
		Recursos materiales no naturales de la zona y recursos humanos propios previa instrucción de personal especializado.		0,50	0,50			0,50	0,50
		Adopción de recursos materiales y humanos foráneos		0,00					
	PROMEDIO				**0,45**	**0,50**	**0,60**	**0,35**	**0,75**

Tabla 8. Valoración del significado estructural para los diferentes casos.

En este ítem, el caso que adquiere mayor puntaje es el correspondiente al de suelocemento con armadura interna, seguido por la quincha tradicional, el adobe trabado en esquinas, el adobe con hormigón armado, y la quincha mejorada.

El bajo puntaje obtenido por esta última, se debe a la fuerte incidencia que tiene la baja valoración que corresponde cuando por un lado, los sistemas utilizan recursos que no son del lugar, y por otro, son tecnologías frágiles.

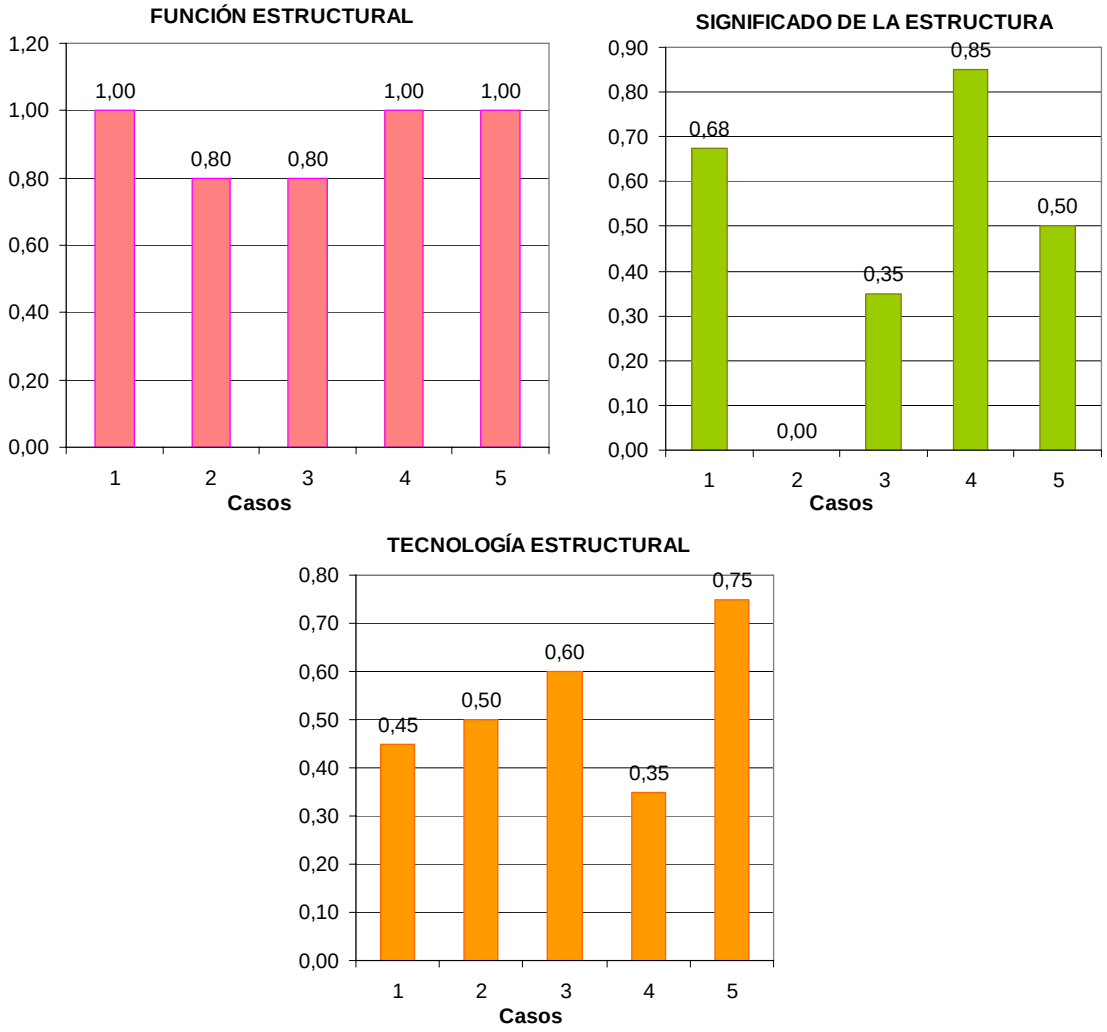

Fig. 4. Gráfico comparativo de la valoración de la función estructural, significado estructural y tecnología estructural en los diferentes casos de la UPRC.

6. COMPARACIÓN ENTRE PI Y PM DE LA UPRC

Como síntesis y a partir de la consideración en forma conjunta de todos los subsistemas, el resultado final de las valoraciones de todos los casos para PI y PM se resumen con fines comparativos en la Tabla 9 y la Fig. 5. Estos se obtienen de promediar los puntajes finales adjudicados a cada subsistema, los cuales a su vez conforman el promedio de las valoraciones de todas las variables consideradas.

CASOS	CÓDIGO	MATERIALES	TIPOS ESTRUCTURALES	PI (PROPUESTA INICIAL)	PM (PROPUESTA MEJORADA)
1	**TE2-V2**	Adobe + Hormigón armado	Esqueleto	0,71	0,78
2	**TP-1**	Adobe trabado en esquinas	Placa	0,5	0,58
3	**TE1-V8**	Quincha tradicional	Esqueleto	0,62	0,69
4	**TE1-V9**	Quincha mejorada	Esqueleto	0,73	0,8
5	**TP-5**	Suelocemento	Placa	0,74	0,81

Tabla .9. Comparación numérica de las valoraciones obtenidas entre PI y PM de la UPRC.

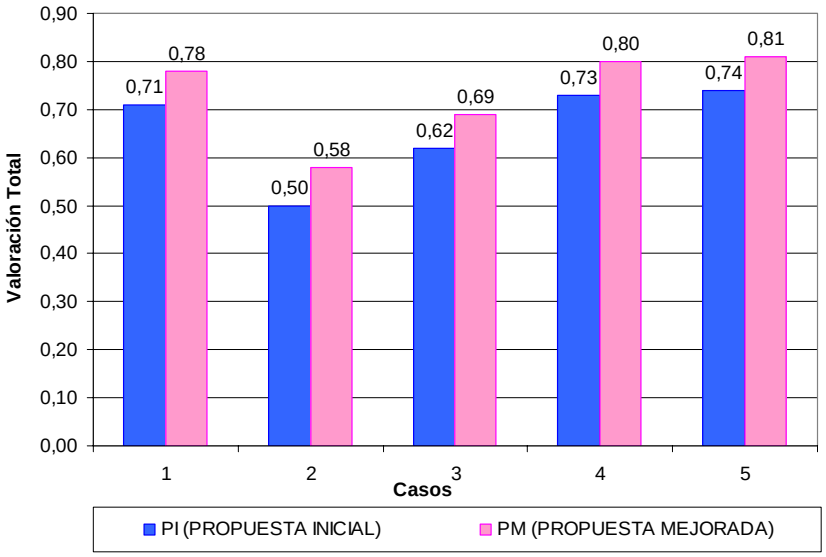

Fig. 5. Comparación gráfica de las valoraciones obtenidas entre PI y PM de la UPRC.

Existe un incremento de la valoración final de los diferentes casos analizados (comprendida entre el 10% y 14%), si en la construcción se contemplan juntas que permitan regularizar la forma estructural en planta, de manera tal que cada sector trabaje estructuralmente en forma independiente, sin perder la unidad funcional.

A pesar de ser un material no tradicional, la construcción de suelocemento es la que adquiere mayor puntuación en la valoración final, tanto en la PI como en la PM de la UPRC, por lo cual es una alternativa muy interesante para tener en cuenta en este tipo de construcciones con características de implantación similar a la aquí tratada.

7. CONCLUSIONES

Se ha aplicado MECE para realizar la valoración de la calidad estructural en viviendas urbanas en etapas anteriores, y en la presente ha sido factible modificarlo para que preste utilidad para evaluar construcciones rurales con características especiales, inclusive en un edificio de tipo público. Además de permitir evaluar distintos tipos edilicios en forma simultánea, admite la posibilidad de analizar variantes de los tipos estructurales empleados.

En base al desarrollo y los resultados expuestos precedentemente se puede afirmar que el proceso metodológico implementado a través de MECE puede emplearse para analizar soluciones estructurales de cualquier tipo de edificio, pues posee la versatilidad suficiente para admitir la incorporación de variables adicionales específicas.

En el caso de aplicación presentado, se ha utilizado MECE para comparar la incidencia que la introducción de una mejora formal tiene en la valoración final, aunque también podrían efectuarse variaciones en los demás subsistemas, mediante un proceso iterativo. De este modo se constituye en una herramienta de prediseño eficaz para la toma de decisiones en los aspectos estructurales, previo a iniciar cálculos complejos.

La aplicación correcta de la teoría de sistemas en la especificidad de las cualidades estructurales (Simón Gil, 2006), es el mayor valor de MECE, que sintetiza un gran bagaje de conocimientos científico-técnicos cuya aplicación se suele realizar normalmente en forma intuitiva por parte de expertos estructurales que han adquirido su manejo fluido a través de una larga experiencia profesional.

La claridad conceptual que posee tanto en la definición de las variables como de las valoraciones que corresponden a cada una de ellas, ha permitido desarrollar un soporte informático en planillas electrónicas de MS-Excel que automatiza su uso haciéndolo muy sencillo y ágil. Este soporte es factible de perfeccionar y completar para propiciar una masificación de su empleo con fines didácticos y profesionales.

Mediante la aplicación de MECE se logra una cuantificación de la calidad estructural de cinco variantes de muros construidos con tierra para la ejecución de una UPRC rural, a través de índices de valoración cualitativa, que permiten obtener un orden de prelación de las diferentes tecnologías analizadas considerando aspectos formales de diseño estructural.

La evaluación indica por un lado que la propuesta mejorada (incorporando juntas de dilatación) resulta mejor que la propuesta inicial, y por otro, que los casos 5 (Suelocemento armado) y 4 (Quincha mejorada) son los que alcanzan los mayores valores, seguidos de 1 (Adobe + Hormigón armado), 3 (Quincha tradicional), y 2 (Adobe trabado en esquinas).

Para llegar a una selección segura de la mejor variante constructiva en tierra, estos resultados deben complementarse con análisis económicos, higrotérmicos y energéticos.

BIBLIOGRAFÍA

BLASCO LUCAS, Irene; SIMÓN GIL, Laura. "Tipos Estructurales y Autoconstrucción con Tierra en Región Árido-Sísmica". En: *Actas Digitales del V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra y I Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra*. CRICYT. Mendoza. Argentina. 2006. Tr. 95, 18 páginas.

BLASCO LUCAS, Irene; CARESTÍA, Carina; VEGA, Liliana; FÁBREGA, Mabel; RE, Guillermina; SIMÓN GIL, Laura; HOESÉ, Liliana; PONTORIERO, Domingo; MERINO, Norma; HIDALGO, Elena; ROSES, Rodolfo; PIGNATARI, Graciela. "UPRC en Comunidad Rural Seleccionada". Capítulo III en: *Unidades Productivas Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas*. Libro digital en edición. IRPHa-FAUD. Argentina. 2006. pp. 45-47.

BLASCO LUCAS, Irene; CARESTÍA, Carina; VEGA, Liliana; FÁBREGA, Mabel; RE, Guillermina; SIMÓN GIL, Laura; HOESÉ, Liliana; PONTORIERO, Domingo; MERINO, Norma; HIDALGO, Elena; ROSES, Rodolfo; PIGNATARI, Graciela. "Caracterización de Unidades Productivas Rurales (UPR)". Capítulo I en: *Unidades Productivas Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas*. Libro digital en edición. IRPHa-FAUD. Argentina. 2006. pp. 34.

BLASCO LUCAS, Irene; SIMÓN GIL, Laura. "Tipos Estructurales y Autoconstrucción con Tierra en Región Árido-Sísmica". En: *Actas Digitales del V SIACOT (V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra).* Mendoza, Argentina. 2006. 15 páginas.

BONTA, Juan Pablo. *Sistemas de Significación en Arquitectura.* Colección Arquitectura y Crítica. Gustavo Pili. Argentina. 1998.

SALAS SERRANO, Julián.; LIRA, C. (). *HABITERRA, Exposición Iberoamericana de Construcciones de Tierra. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Proyecto CYTED XIV.1*. Editorial Escala. Bogotá, Colombia. 1995.

SIMÓN GIL, Laura; BLASCO LUCAS, Irene; LANTERI, Yanina. "El soporte Edilicio". Capítulo VIII en *VIVENDA, CLIMA Y ENERGÍA: Diagnóstico y propuesta de casos de estudio.* Libro digital interactivo. IRPha–FAUD-UNSJ. Argentina. 2003. 40 págs.

SIMÓN GIL, Laura. *Integración de las Estructuras en la Arquitectura.* Tesis Doctoral en Arquitectura UM. Editorial Fundación Universidad Nacional de San Juan. Argentina. 2006. 138 páginas.

TORROJA Eduardo. *Razón y Ser de los Tipos Estructurales.* 8va. Edición. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. 1996.

NOTAS

[1] BLASCO LUCAS, Irene; SIMÓN GIL, Laura. *"MECE: Modelo de Evaluación de Calidad Estructural".* IRPha–FAUD-UNSJ. Argentina. 2003

[2] PIC 21/A383 (2003-2005). *"Unidades Productivas Comunitarias Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas".* (CICITCA-UNSJ). Proyecto del Programa de Incentivos. Resoluciones 033-03-CS/2003 (09/05/03), y 104/03-CS. IRPHa-FAUD. Directora: MSc.-Arq. Irene Blasco Lucas.

[3] PICT-13059 (2004-2007). *"Unidades Productivas Sustentables en Zonas Rurales Árido-Sísmicas".*Proyecto FONCYT-ANPCYT. Resoluciones BID 1201 y 1728/OC-AR. IRPHa-FAUD. Directora: MSc.-Arq. Irene Blasco Lucas.

[4] Elaborado por Blasco Lucas I. en el marco de su Tesis Doctoral en Arquitectura (UM).

Laura Alicia Simón Gil: Investigadora Categoría III (2005) en el IRPha–FAUD–UNSJ. Doctora en Arquitectura – UM (2001) Profesora Adjunta Estructuras II y Taller de Arquitectura V – FAUD–UNSJ. Profesora Adjunta Estructuras III – FAUD–UM.
Irene Blasco Lucas: Categoría I desde 2005. Ha dirigido desde 1983 en la UNSJ veinte proyectos de investigación en arquitectura sustentable, energías renovables y tecnologías apropiadas. Prof. Titular y Asociada Efectiva desde 1990. Docente Taller de Arquitectura IV-B y el Módulo Aridez en la Maestría en Arquitectura de Zonas Áridas y Sísmicas FAUD-UNSJ.