



VIVIENDA CONTEMPORÁNEA DE FARDOS DE PAJA CON SISTEMA DE POSTE Y VIGA. Interpretación del concepto de estructuración de la ruca mapuche

Patricio Morgado Uribe¹, Leonardo Seguel Briones², Alejandro Bustamante Maturana³

Universidad del Bío-Bío, ¹pmorgado@ubiobio.cl; ²lseguel@ubiobio.cl;

³Constructora Redicon, abustamante.di@gmail.com

Palabras clave: tierra, cultura local, sostenibilidad, estabilidad sísmica, Chile

Resumen

La cultura constructiva de la región del Bío Bío se caracteriza por diversos sistemas constructivos que combinan la tierra con la madera, tales como las tabiquerías, entramados macizos de madera con tierra, las quinchas, entre otros. Los terremotos han demostrado que la estructuración del barro con madera es muy eficiente sísmicamente, a la vez que permite quitar masa al muro. Con la puesta en escena de la arquitectura de fardos de paja, aparece una alternativa todavía de mayor estabilidad y mejor sostenibilidad cultural y ambiental, de bajo costo y buen comportamiento energético. Se da a conocer un anteproyecto arquitectónico original, que recoge principios estructurales de la cultura mapuche, presentes en la cultura del sur de Chile y los combina con las técnicas constructivas de fardos de paja con tierra, que actualmente se están promoviendo en el país por distintas organizaciones. En este caso trata de una innovación que podría tener un interesante impacto en ámbito de la vivienda social y rural, tanto por su sencillo proceso constructivo, como por el bajo impacto que se causa en el sitio de asentamiento. Es un sistema de postes de madera empotrados al suelo como soporte estructural sísmico al todo el conjunto de elementos y a los muro de fardos. Se podría hablar de una quinchas altamente desarrollada, pero fielmente inspirada o "cruzada" por la sabiduría indígena contenida en la *ruka* mapuche. A partir de este conocimiento y teniendo a la vista sistemas constructivos de fardos de paja con tierra, se diseña una vivienda que combina el principio estructural de la *ruka*, con las ventajas del muro de fardos. Como antecedente complementario para la viabilidad del proyecto, se cuenta con la certificación contra el fuego del sistema de madera+fardos+tierra, que lo habilita ante la norma chilena. Esta presentación forma parte de los resultados y conclusiones obtenidos de la combinación de conocimientos de vertientes distintas, pero convergentes hacia el uso de la tierra y recursos propios del lugar en la vivienda. El desarrollo de este anteproyecto ha permitido ubicar con precisión y presupuestar los materiales y costo de obras que implicaría la materialización de este diseño. Se evidencia que la utilización de saberes de cultura local pueden permite obtener una buena eficiencia térmica y una atractiva relación costo-beneficio para los usuarios.

1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura construida con sistemas de tierra a lo largo de Chile presenta una gran variedad. No cabe duda de que las diferencias que se evidencian están fuertemente ligadas a su localización. Ésta, de acuerdo a la latitud y clima por un lado y a los recursos locales por otro, asume características y expresiones formales propias que son también depositarias del saber y cosmovisión de cada cultura. Son expresión del modo en que cada grupo cultural entiende su entorno, lo interpreta y lo deja plasmado en su arquitectura.

Chile es un país altamente sísmico, en especial la región centro-sur. La experiencia y la observación han hecho ver que los sistemas madera-tierra tienen un muy buen comportamiento frente a los esfuerzos del sismo. Por este motivo, interesa la revisión de soluciones constructivas que combinan una estructura de madera –con mayor o menor elaboración-, con rellenos, revoques y enlucidos de tierra y paja.

El territorio de la VIII Región del Bío-Bío, tierra de ancestro cultural mapuche, abrigaba una larga historia constructiva mucho antes de la colonización española. Con los estudios que han sucedido a los últimos terremotos se pudo reconocer el cruce sincrético cultural-

constructivo muy potente entre ambas culturas. Se trata del sistema constructivo en base a postes de madera empotrados en el suelo (figura 1), como elemento clave de la estructura y ésta está presente en viviendas de la arquitectura de Cobquecura del Valle del Itata (Morgado; Seguel, 2016).

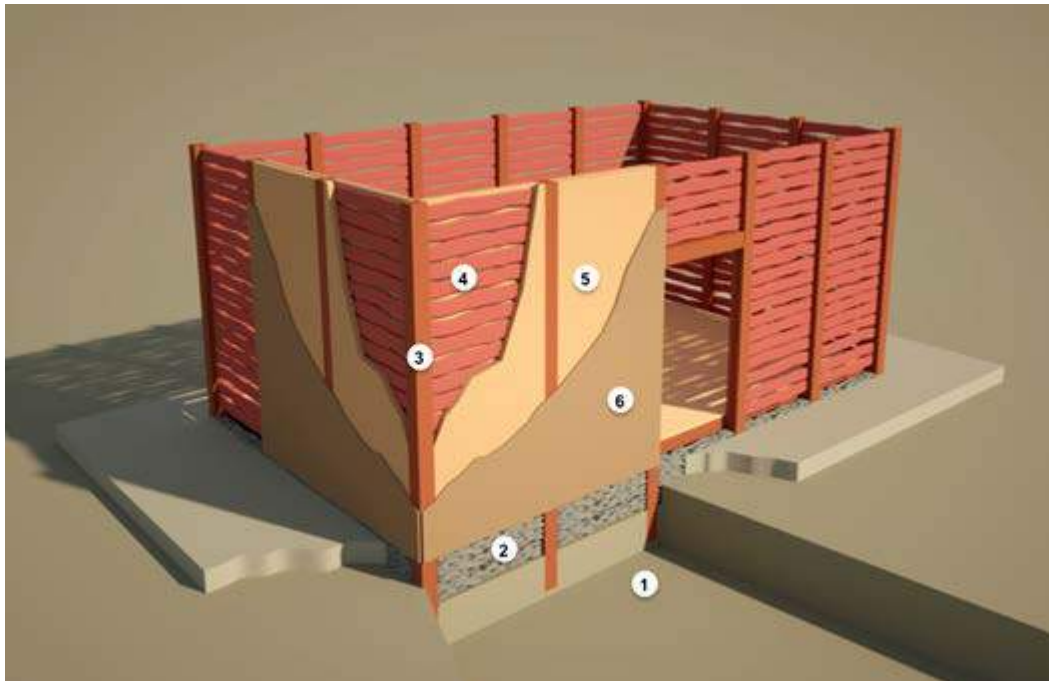


Figura 1. Sistema constructivo madera-tierra de Cobquecura en base a postes empotrados en el terreno. (1) suelo, (2) zócalo de piedra pizarra, (3) poste de roble empotrado al suelo, (4) maderos rústicos entrabados entre los postes, (5) capa de relleno de tierra y (6) revoco y enlucido

Para comprender el sistema, se ha estudiado este caso mediante visitas de observación en terreno y la realización levantamientos de detalles. El sistema constructivo fue empleado en las casas adineradas en la zona urbana. El particular, muestra una sorprendente similitud con el concepto estructural que predomina en toda construcción mapuche, cuya más clara síntesis se encuentra en la estructura de la *ruca* (figura 2)



Figura 2. Sistema de postes empotrados al suelo como elementos fundamentales de estabilidad de todo el conjunto

Siempre se escribió de que el pueblo mapuche no tuvo arquitectura, quizás porque se le tiende a comparar con las culturas que formaron o tributaron a un imperio en donde la arquitectura fue una clara expresión de poder y para ello la monumentalidad era sin duda un valor. Pero la verdad es que su visión del entorno y entendimiento del medioambiente los llevó a ser tremendamente sutiles en sus intervenciones. El vocablo *mapuche* quiere decir hombre de la tierra. Sus construcciones han sido más bien una imitación de la naturaleza tanto por el modo disperso de distribuirse sobre el territorio -dada su organización social familiar (Latcham, 1924)-, como por los sencillos conceptos estructurales que utilizaron. La idea de que el poste sea la estructura es una imitación del árbol: se ancla firmemente al suelo; el resto de los elementos se toman de él. Comparten la flexibilidad; el conjunto de postes trabaja de manera solidaria ante cargas horizontales configurando un sistema armónico flexible que prescinde de diagonales.

El estudio de la *ruca* mapuche ante la similitud con el sistema de postes de las casonas de Cobquecura ha llevado a reconocer que dicho sistema tiene atributos estructurales y constructivos de alta eficiencia, lo que se ha querido poner práctica desarrollando el diseño de una vivienda contemporánea apropiada para viviendas sociales en sectores rurales y propicia para la auto-construcción.

En la cultura constructiva de tradición urbana, sobre todo la relacionada con viviendas de tipo social, es decir, que cumplen requisitos como para optar a subsidio gubernamental, están asociadas a un proceso constructivo que procede por capas horizontales superpuestas, a saber por ejemplo: fundaciones, sobre-cimientos, soleras, pies derechos y diagonales, soleras superiores, maderas de techumbres, cubiertas. Entre capa y capa se emplean múltiples formas de unión cuya función es ir anclando cada capa sobre la anterior, generalmente mediante herrajes. Este concepto, determina que la flexibilidad del sistema ante los movimientos sísmicos está relacionada con las tolerancias o márgenes de juego de las uniones. Obviamente, la estructura de madera al ser sucesivamente solicitada va generando una pérdida de calidad en dichas uniones, afectando progresivamente al todo el sistema.

Esto ha llevado a tomar el desafío de diseñar un modelo de vivienda inspirada plenamente en la *clave estructural* mapuche y sus atributos. Interesa optimizar los procesos constructivos con la disminución de las partidas; intentar un comportamiento armónico del conjunto ante los sismos; no interrumpir la estructura desde su anclaje hasta las partes superiores, es decir, permitiendo una continuidad en la estructura fundamental. Parte del desafío está también minimizar el impacto físico sobre el terreno de asentamiento y sobre el medio-ambiente sin la utilización de radier o losa de piso. Se separa del terreno la plataforma de piso de la vivienda, ganando así una buena ventilación inferior y aislación de la humedad del suelo. Es una casa sobre postes.

La utilización de fardos de paja como cuerpo del muro sobre la plataforma de piso elevada es coherente con la puesta en práctica esta clave estructural, gracias a la extrema liviandad resultante (180 kg/ml aproximadamente para este diseño). También obtener beneficio de las propiedades térmicas, maximizando el rendimiento energético de la vivienda. Es pertinente aprovechar la recientemente certificación ignífuga obtenida para este tipo de construcción por un equipo nacional (Acevedo; Carrillo, 2016). Por otra parte, se pudo echar mano del fardo de paja ya que es un recurso propio del entorno local, abundante y de muy bajo costo.

En la propuesta elaborada se introduce como material de piso una plataforma consistente en un panel de madera contra-laminada, producto recientemente aparecido en Chile denominado CLT¹. Se trata de una opción que permite disminuir tiempos de obra y número de partidas, reemplazando lo conocido hoy día como entramados de piso. Se comporta muy bien estructuralmente y tiene baja conductividad térmica, lo que lo hace muy apropiado para contribuir a la aislación térmica respecto del terreno. Además la posibilidad de un acabado superficial, permite considerar el panel como terminación de piso interior.

¹ Cross laminated timber CLT está formado por capas de madera longitudinales y transversales que forman un gran bloque de madera sólida, cortados a modo de paneles de gran formato

2. MODELO DE VIVIENDA DE FARDOS CON SISTEMA DE POSTE Y VIGA

2.1 Caracterización

Se trata del diseño de una vivienda configurada a partir de un espacio único multifuncional organizado en torno a un centro. Se levanta sobre una plataforma de madera elevada sobre postes y vigas. Los muros de fardos con tierra descansan sobre dicha plataforma. Su fachada frontal tiene una orientación nor-poniente y se le antepone un corredor cubierto al igual que en su fachada sur-poniente. Estos corredores podrían llegar a ser galerías vidriadas que hagan efecto invernadero en la época de invierno. En la fachada posterior o sur-oriente se conecta un módulo de baño-seco por desarrollar (figura 3)

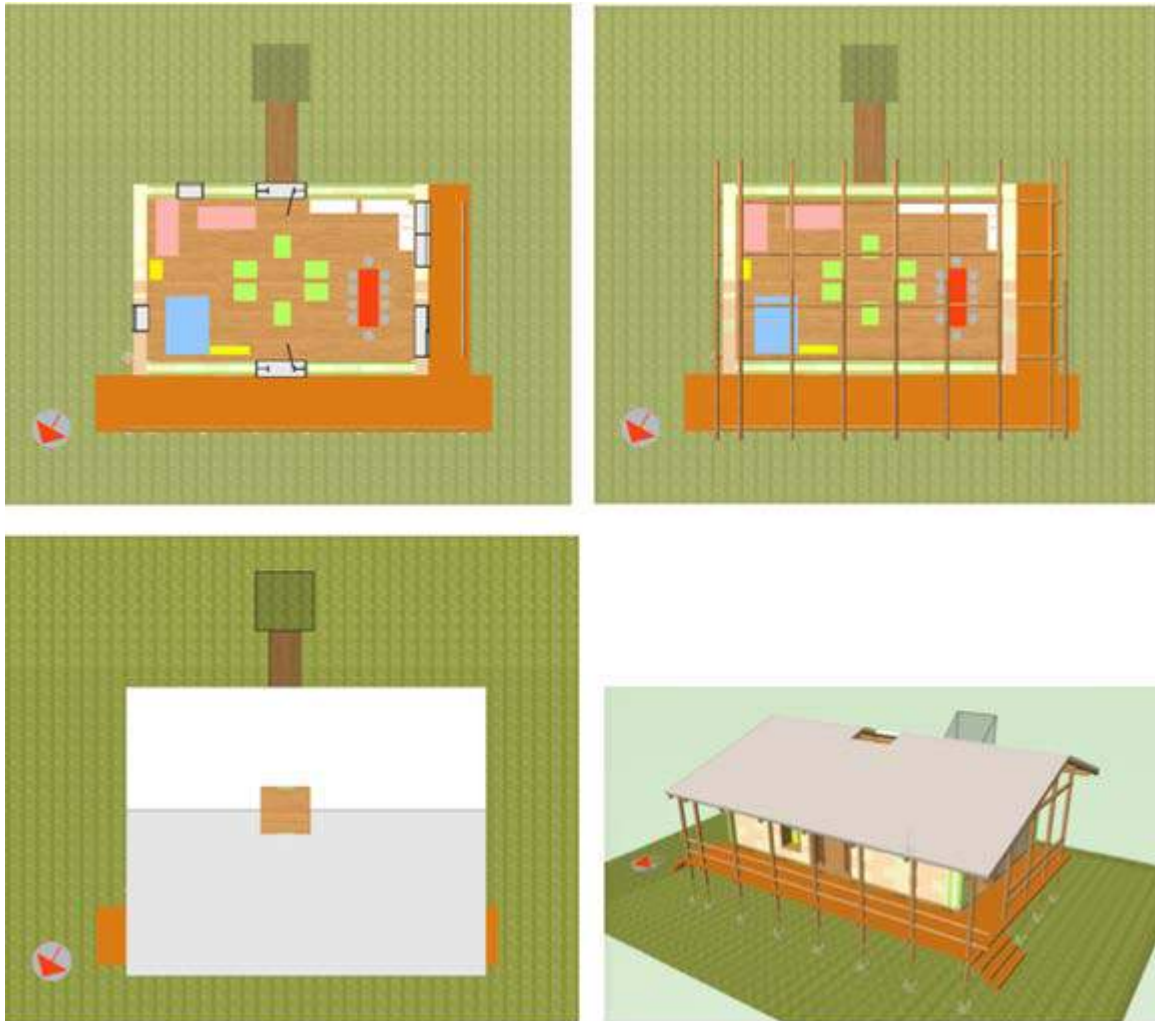


Figura 3. Vistas de planta (dos superiores y inferior izquierda) y general (inferior derecha)

Basados en observaciones y primeros ensayos, se establece que los postes serán enterrados a una profundidad que va entre 1,5 y 2,0 metros, para asegurar un buen empotramiento y se asentarán sobre una cama de hormigón que ayudará a centrarlos en su posición (figura 4). Se utilizarían postes rollizos de eucalipto tratados con CCB (cromo, cobre, boro) de baja toxicidad (Carmona, 2005), para lograr mejor comportamiento frente a xilófagos de ambientes húmedos. Sin perjuicio de esto, se considera la impregnación con brea o productos impermeabilizantes a nivel de sub-suelo.

Los postes se ordenan en una trama cuadrada modular de 1,8 m y quedan por el interior, separados de los muros. El fardo que se utilizará mide 0,9 m de largo, 0,45 m de ancho y 0,4 m de alto. De este modo, el módulo estructural coincide cada dos fardos, lo que permite dar solución a un posterior amarre del muro con la estructura de postes. Se trata de que la carga vertical de los muros sea soportada por la plataforma de madera y ésta la transmite a los postes a través de vigas maestras y finalmente al terreno. Por su parte, las cargas

horizontales provenientes de los sismos, serán transmitidas al sistema de postes con piezas conectoras de madera (figura 5).

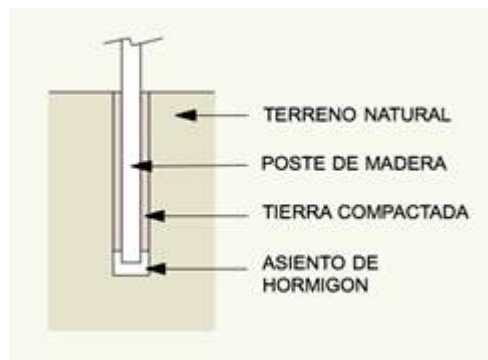


Figura 4. Empotramiento de un poste rollizo de eucaliptus calibrado e impregnado con CCB de baja toxicidad.

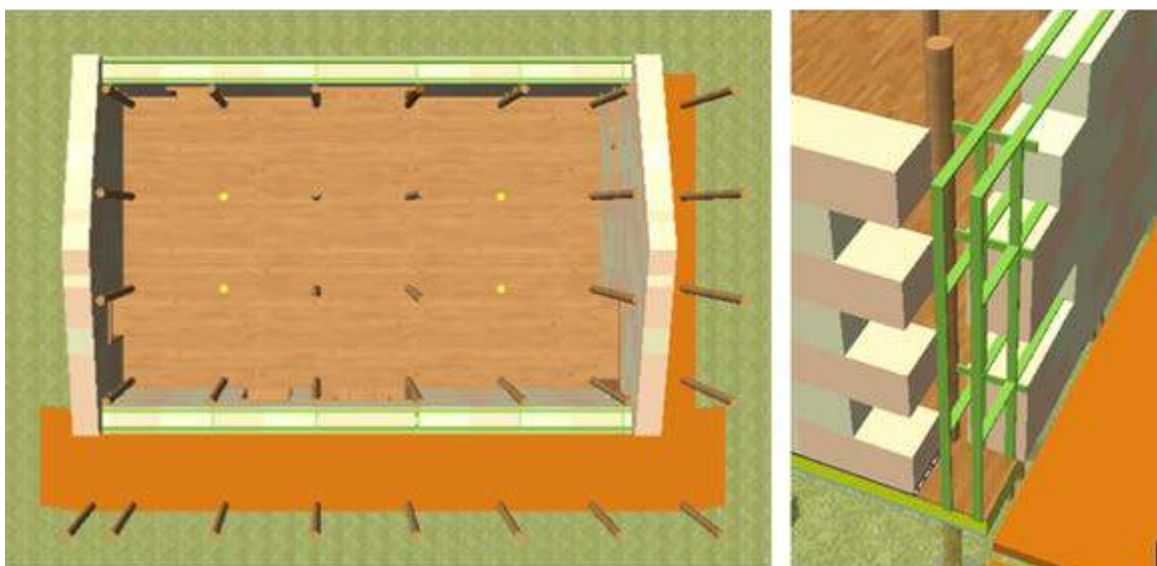


Figura 5. Se muestra la separación entre la estructura de postes y el muro de fardos. Estos se vincularán lateralmente mediante elementos de madera horizontales cada dos o tres hiladas de fardos. Cada dos o tres hiladas de fardos se colocarán piezas de madera horizontal al modo tradicional de las escalerillas, que servirán tanto para el anclaje horizontal a los postes como para apoyar la compresión de los fardos en sentido vertical previo a su anclaje y fijación.

La vivienda puede ser construida en un terreno de ligera pendiente sin alterar mayormente el sitio (figura 6). Puede variarse la longitud de los postes si –por cálculo– fuera necesario mejorar su empotramiento. El mercado ofrece postes apropiados para este fin con un diámetro de 6" (0,15 m) y con largos hasta de 8 metros, lo que es suficiente para viviendas de hasta un piso y medio. El modelo que se presenta se adecua al contexto topográfico del secano costero de la VIII región de Chile, que se caracteriza por suaves lomas y pequeños valles. Las distintas calidades de suelo serán también determinantes para establecer la profundidad de empotramiento, pero parece crucial la compactación que pueda hacerse alrededor de la parte enterrada del poste.

La separación del piso de la vivienda respecto del terreno, en el contexto centro-sur de Chile favorece la protección contra el frío y la humedad del suelo, permitiendo una ventilación permanente por la parte inferior de la plataforma de piso.

El diseño de esta vivienda considera complementariamente la utilización de un baño seco que se instalaría separado de ella pero accesible desde el interior (figura 7), permitiendo al usuario beneficiarse de los residuos con fines de cultivo y auto-sustento, aparte de evitar la contaminación del sitio con aguas servidas. Las instalaciones de cocina se contemplan dentro del espacio multifuncional la vivienda.

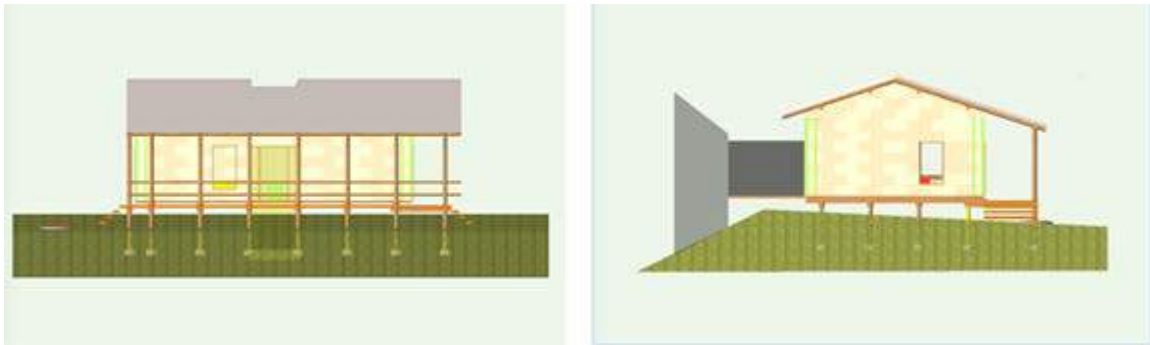


Figura 6. El modelo sobre postes permite la alteración mínima del sitio, adaptándose a diversas configuraciones topográficas.

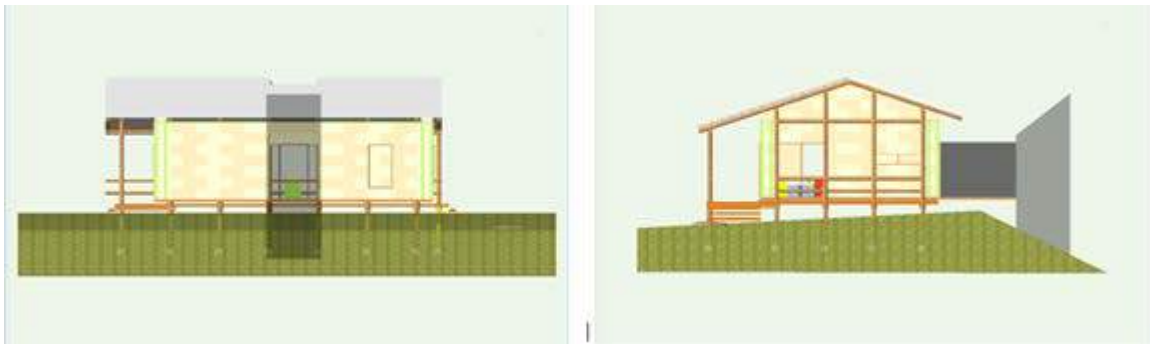


Figura 7. La instalación del baño seco como una unidad independiente, vinculada a un entorno de huertos de vida rural.

El clima regional es muy lluvioso y frío en invierno mientras que en verano es caluroso y con muchas horas de sol. Por esto, como se aprecia en las imágenes anteriores, el diseño contempla dos corredores hacia sus fachadas nor-poniente y sur-poniente como elementos de control climático y como posibilidad de actividades semi-interiores del habitar. Como se dijo antes, estos corredores pueden ser convertidos en lo que se denomina *galerías*, elemento propio de la arquitectura de cultura local que favorece la climatización del espacio interior gracias al efecto invernadero que entrega. Lo anterior implicaría la construcción de un tabique de cerramiento sobre en entablado del corredor, con un zócalo inferior de madera y vidrios en la parte superior para permitir la entrada del sol de invierno. Estos corredores en un principio se conciben como plataformas de entablado de madera sobre envigados convencionales, pero susceptibles de ser acondicionados térmicamente para un uso como piso interior.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO

El inicio de la construcción será el trazado de la trama de puntos en donde se excavarán los hoyos que tendrán una profundidad de entre 1,5 a 2,0 metros. Una vez hechas las excavaciones y teniendo ya en el sitio los postes, se procederá vaciar una carga de hormigón pobre que alcance un espesor de no más de 20 cm. Sobre esa carga todavía fresca, se asentarán los postes perfectamente centrados y aplomados (figuras 8 y 9) y apuntalados. Habiendo fraguado el hormigón con los postes aplomados se procederá a rellenar el contorno de los postes con tierra apisonada rigurosamente por capas de unos 10 cm, hasta lograr una perfecta estabilidad, verticalidad e igual distanciamiento tanto en la base como en su punto más alto.

Una vez que se tiene la trama espacial que genera el conjunto de postes, se procede a la colocación de vigas maestras de pino de escuadría 2X6". Las vigas serán fijadas en pares abrazando cada poste de acuerdo al diseño establecido. La fijación de realizará mediante la utilización de dos pernos por unión. De este modo se configurarán los planos de apoyo horizontal para los niveles de corredor y plataforma de piso interior (figura 10) Posteriormente se colocarán los paneles de CLT de 10 cm de espesor, de acuerdo al

protocolo de montaje que determina el fabricante. El resultado debe ser una sola placa unitaria, sólida y continua. Esta etapa define el horizonte de piso terminado de la vivienda y define también la superficie edificada como espacio habitable para este caso de 67,3 m² (figura 11)

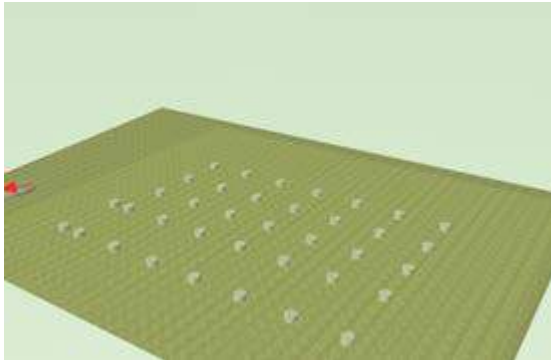


Figura 8. Terreno y excavaciones

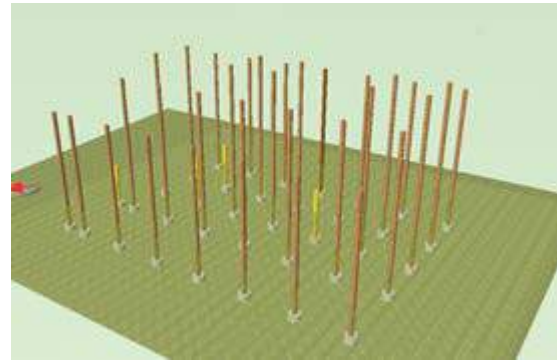


Figura 9. Postes asentados

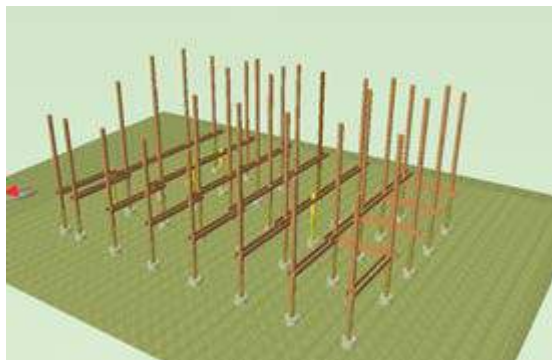


Figura 10. Envigados

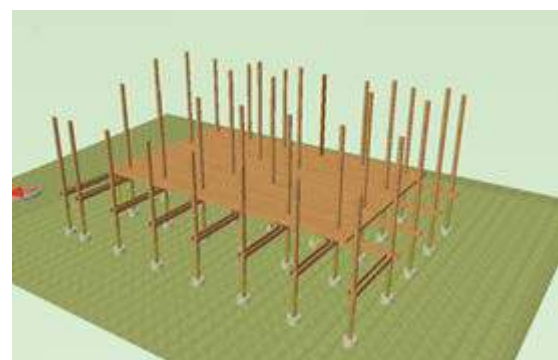


Figura 11. Plataforma de CLT

El panel CLT se fabrica contra-laminando tres capas de listones de pino. Su elaboración permite generar piezas de ancho hasta 1,2 m y hasta 6 m de longitud. Para el caso de esta vivienda se utilizarán paneles de un ancho 0,9 m, para poder coordinarse con el módulo de postes de 1,8 m. Los paneles de CLT serán montados y calzados entre las líneas de postes, para lo cual vendrán de fábrica un corte semicircular cada 1,8 m coincidentes con la distancia entre los postes (figura 12). En las juntas longitudinales entre panel y panel y en los cortes transversales se hace un ensamble encolado con una lamela a lo largo de los cantos. Así, se logra la continuidad constructiva y estructural necesaria.



Figura 12. Calce de postes y plataforma CLT



Figura 13. Lamelas de unión paneles CLT

Posteriormente corresponde la colocación del entablado de los corredores previo cadeneteado entre las vigas maestras utilizando tablas de pino machihembradas y tablones en las gradas de ambas escaleras (figura 14). A continuación se instalará la estructura de cubierta apoyada sobre los postes con el mismo tipo de rollizos empleados anteriormente.

Las uniones se harán mediante la combinación de herrajes y rebajes en las maderas en los puntos de cruce para asegurar una buena fijación de las piezas entre sí.

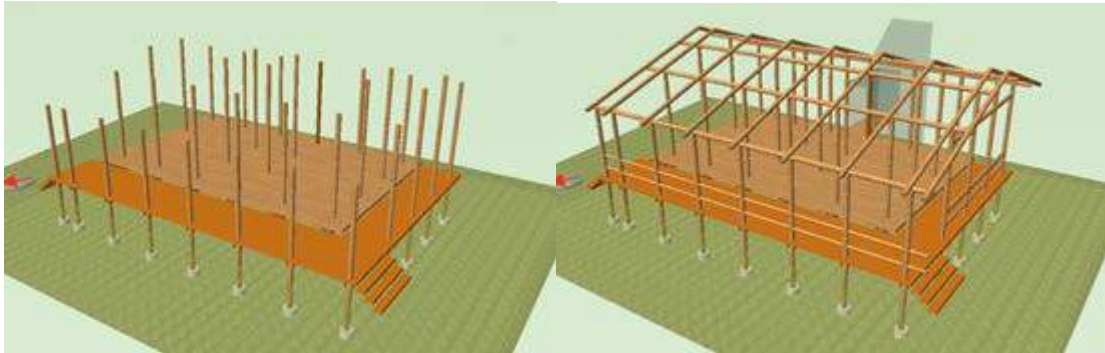


Figura 14. Entablados de piso de corredor

Figura 15. Envigados de cubierta

El paso siguiente es cubrir lo antes posible la cubierta para proteger la plataforma de piso y los entablados de los corredores. Se procederá a colocar las costaneras, barreras de humedad, aislación térmica y la cubierta definitiva (figura 16). Se justifica también cubrir con prontitud, ya que la adquisición de los fardos se hará de una sola vez con proveedores locales después de las cosechas y se dejarán horear bajo techo para que pierdan humedad, aireándose durante un tiempo antes de proceder a la construcción de los muros. Cuando ya los fardos estén en condiciones, se iniciará la construcción de los muros (figura 17)

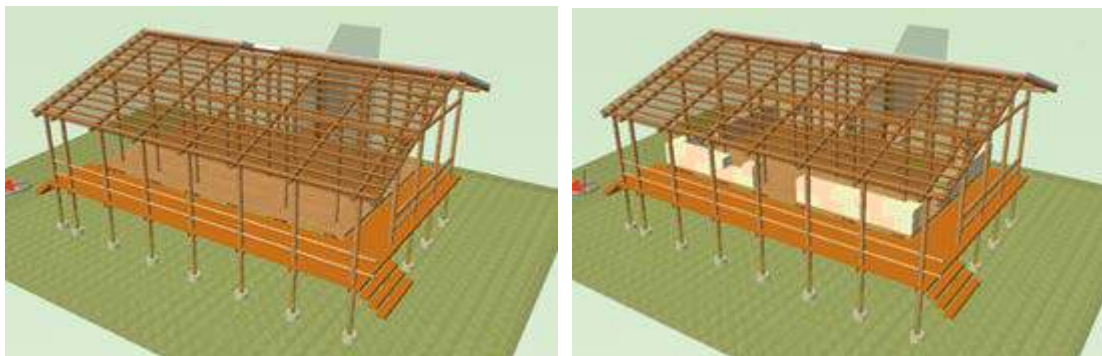


Figura 16. Costaneras y cubierta

Figura 17. Muros de fardo

Para la construcción de muros se procederá por hiladas, cuidando la colocación de escalerillas bajo y sobre los vanos e ir comprimiendo los fardos en la medida que se crece en altura e ir colocando las estacas de fijación entre las hiladas. Los vanos serán prefabricados en madera y se colocarán para ir solidarizando con los mismos fardos. Se estudiará la colocación de refuerzos sobre los vanos para absorber las cargas propias de los fardos que quedarán sobre ellos. Hay que recordar que las estructuras de techumbre no cargarán en ningún caso los muros. Estos últimos son autoportantes respecto y no reciben mas que su propio peso. Al llegar a la séptima hilada superior se procederá a comprimir por última vez el muro en su totalidad, estableciendo el horizonte de las fachadas frontal y posterior (figuras 18 y 19). Muy importante es en esta etapa hacer el anclaje laterales de las escalerillas en los postes del perímetro interior. Estos son los que transmitirán las cargas horizontales a los postes estructurales (figura 5).

La última etapa de la colocación de fardos es la correspondiente a los astiales de las fachadas laterales, la fijación de los centros de ventanas hacia los muros y la carpintería de amarre de las escalerillas en las esquinas de encuentro muros (figura 5). El astial va a requerir el recorte de fardos con un poco mas de trabajo para lograr una buena compacidad entre ellos, a la vez que ir generando rellenos en los espacios de pequeño tamaño. Por último, instalar escalerillas inclinadas sobre la pendiente y comprimir esa ultimas hiladas (figuras 20 y 21)

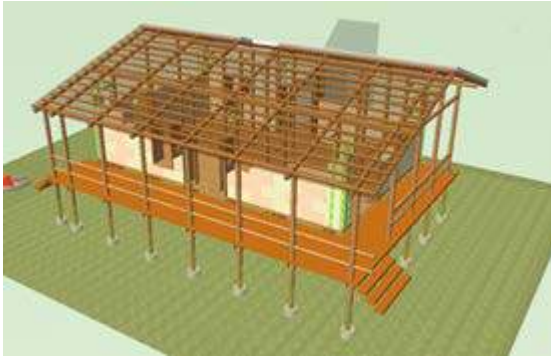


Figura 18. Muros de fardo y vanos

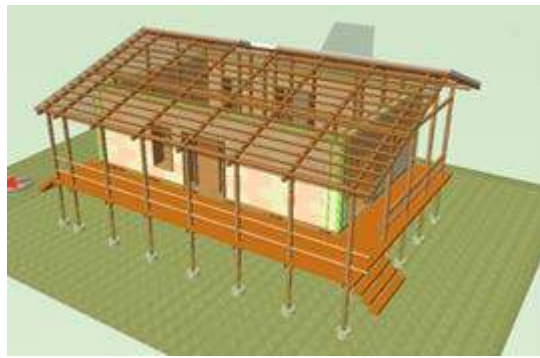


Fig. 19. Muros de fardo y amarra superior.



Figura 20. Muros de fardo, tímpanos.



Fig. 21. Aspecto general de conjunto.

Una vez finalizado el trabajo de los fardos, habrá Iniciar las obras de sello que impliquen carpinterías menores, para continuar con la preparación de las superficies de muros para poder recibir los revoques de tierra. Paralelamente, hacer las instalaciones eléctricas y de aguas, las que se espera dejar a la vista y apoyadas en las estructuras interiores de madera. En los muros se estima conveniente aplicar una malla de gallinero para colaborar con los revoques y minimizar la generación de grietas por causas de los sismos. La obra se cierra con la instalación de puertas y ventanas y accesorios.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El trabajo presentado ha sido fruto de un sinnúmero de experiencias de aprendizaje práctico de los autores a partir del año 2010, que comienza con la recuperación de viviendas de construcción con tierra después del terremoto del 27 de febrero que azotó un amplio territorio de la zona centro sur de Chile. En este período se ha transitado por distintas zonas del país y por diversas formas de construir con tierra, siempre con el interés de poder transferir esos conocimientos hacia la enseñanza y hacia la práctica y ejercicio de nuestra profesión. Existe en el país una permanente discusión sobre lo que es preferible y pertinente para la preservación de los saberes ancestrales depositados en las infinitas expresiones de las culturas locales a través de la arquitectura y construcción con tierra.

Se tiene la convicción de que la forma de construir con tierra que más conviene es aquella que tiene sus raíces no solo en el pasado, no solo en la historia. La cultura es una cosa viva y día a día encuentra nuevas formas de expresión y nuevos recursos a través de los cuales se puede actualizar el espíritu local que se heredó de modo ancestral. Al realizar nuevas lecturas de la historia y de las tradiciones de nuestras culturas, realmente se da valor y se revitaliza el patrimonio.

La arquitectura con fardos de paja llega al final de muchas experiencias y se muestra como otra posibilidad coherente con la cultura local, con sus tradiciones, oficios y recursos del entorno próximo, tal como ha enseñado el uso de la tierra, ese material sin tiempo que de algún modo enlaza los saberes y las técnicas tan mágicamente.

La propuesta de diseño que se ha presentado, ha permitido mirar desde una perspectiva contemporánea del entorno de cultura local, abriendo el pensamiento a nuevas disponibilidades tecnológicas que pueden resonar armónicamente con los saberes ancestrales si los orienta hacia el bien común. El ejercicio realizado afirma una vez más que es posible diseñar con conceptos sencillos, con materiales de bajo costo, con procesos simples y obtener a cambio una sensación de aportar a la preservación de nuestra cultura local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, R.; Carrillo, O. (2016). Validación ante norma chilena de sistemas constructivos en madera, fardos de paja y tierra. 16° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Asunción, Paraguay: FADA-UNA/PROTERRA/CEDES/hábitat

Carmona, D. (2005). Eficacia de preservantes en madera de *Pinus radiata* d. Don, frente al ataque de termitas subterráneas (*Reticulitermes hesperus*). Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2005000100004

Latcham, R. (1924). La organización social y las creencias de los antiguos araucanos. Santiago de Chile: Imprenta Cervantes.

Morgado, P.; Seguel, L. (2016). Sincretismo cultural constructivo en la arquitectura de tierra de Cobquecura. A+C Arquitectura y Cultura (8). Universidad de Santiago de Chile. Disponible en <http://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/amasc/article/viewFile/2862/2598#>

AUTORES

Patricio Morgado Uribe, chileno, Arquitecto de la Universidad Católica de Valparaíso, 1979. Magister en Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica. 1995. Diplomado en Diseño en Madera de la Universidad del Bío-Bío, 2003. Decano de la Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño UBB, 2010-2014. Director Escuela de Diseño Industrial. Director y docente del Departamento de Arte y Tecnologías del Diseño. Docente del Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura UBB. Fundador y Coordinador General de la REDARCOT/Cátedra Unesco/ Chile.

Leonardo Seguel Briones, chileno. Arquitecto de la Universidad de Bío-Bo Magister en Didáctica Proyectual, MADPRO, profesor e investigador J.C. del Depto. de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, miembro de Red Arcot/Cátedra Unesco-Chile, Visiting Fellow en Latin American Studies Program y en "Departmente of City and Regional Planning, college of Architecture, Art & Planning", Cornell University, NY. (1998-1999).