



ENVOLVENTE EN TIERRA CRUDA: EXPERIENCIA EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MIXTOS DE QUINCHA EN EL CENTRO TURISTICO CCH, CHILLEPÍN, CHILE

Cristián Bravo-Araya

Cristián Bravo-Araya Arquitectos, www.CBAarq.cl.
Santiago, Chile. cxbravoaraya@gmail.com

Palabras claves: permacultura, envolvente, tierra cruda, mucílago, quincha

Resumen

El siguiente artículo presenta y promueve la experimentación con tierra cruda en arquitectura contemporánea bajo el prisma bioclimático, considerando las técnicas, sistemas y detalles de construcción de la precordillera de la zona norte de Chile, explorados en la experiencia de la construcción del Centro Turístico CCH, ubicado en la localidad de Chillepín, IV Región de Coquimbo, Chile.

El Proyecto está compuesto por siete refugios con basamento semienterrado de piedra basáltica y envolvente de tierra cruda a través del sistema constructivo de quincha, aprovechando la potencial inercia térmica de los materiales en conjunción con una correcta orientación solar y la dirección del viento predominante.

El principal desafío del proyecto, es el desarrollo técnico de una cubierta con tierra cruda, que sea lo más liviana, modular e impermeable posible, sin afectar sus propiedades térmicas y con expresión total de la envolvente en tierra, tanto al interior como hacia el exterior de cada uno de los refugios. Como un acercamiento a la utilización de tierra cruda en la cubierta, se investigan, prueban y reproducen las soluciones constructivas tradicionales de la zona, clasificadas en:

- 1) Componentes y naturaleza del barro.
- 2) Proporciones y mezcla de sus componentes.
- 3) Aditivos y tratamientos aglomerantes e impermeabilizantes.
- 4) Sistemas constructivos prefabricados.
- 5) Montaje y terminaciones de la quincha.

El resultado de esta experimentación se expresa en la construcción del primer refugio, que expone la recopilación y prueba de las técnicas, sistemas y detalles de construcción en tierra adecuados a la volumetría, cargas y exigencias del proyecto y zona climática.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Ubicación

El proyecto se localiza en el pueblo de Chillepín, ubicado al interior del valle del Choapa en la comuna de Salamanca, región de Coquimbo. Esta zona, como muchas otras del norte de Chile, ve enfrentadas dos tradiciones culturales y constructivas en torno a la tierra cruda: la quincha y el adobe. No obstante, debido a su historia, desarrolló una cultura más enfocada al desarrollo de la quincha y sus variantes, mostrando más ejemplos de construcción en albañilería criolla con chonchones, un tipo de ladrillo fabricado artesanalmente secado al sol previo a su cocción, que de la construcción tradicional en adobe; que si puede ver durante el desarrollo de la colonia española en Chile.

El origen de esta localidad se remonta a la época prehispánica, con una serie de asentamientos indígenas que dejaron su huella en la zona, entre ellos las cultura molle, diaguita e incaica; y no fue hasta principios del siglo XX que comenzó un lento proceso de desarrollo y poblamiento después de la fundación de la ciudad de Salamanca en 1844.

Otro punto a considerar en el desarrollo de la cultura constructiva, es que Chillepín presenta un clima de estepa cálido con precipitaciones invernales; que se caracteriza por ausencia de nubosidad y sequedad del aire, debido a que las precipitaciones no son tan abundantes y a que los períodos de sequía son característicos de la zona. Por esta razón, los sistemas constructivos no se centran en el desarrollo de una tipología o materialidad particular para las cubiertas de las edificaciones, concentrando sus diferenciaciones en la manera en que se relacionan con el suelo, encontrándose distintos tipos de basamentos de piedra o pircas (figura 1), distribuidas a lo largo y ancho del valle.

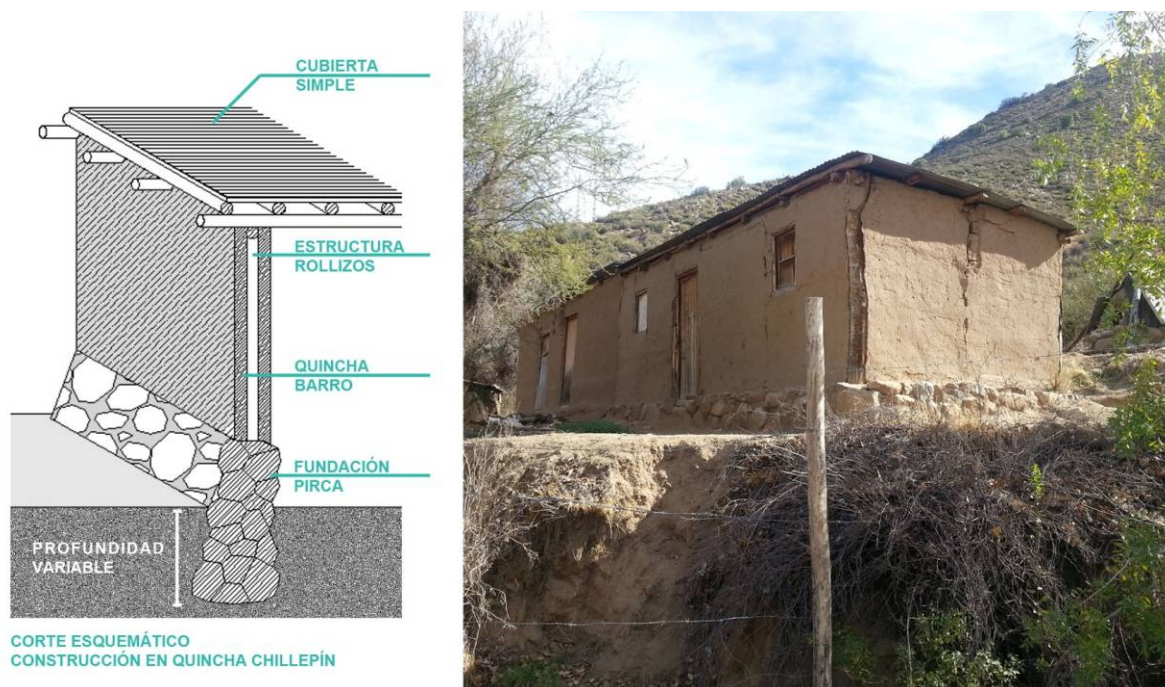


Figura 1. Corte esquemático y fotografía de caso tipo de construcción en quincha en Chillepín.

1.2 Encargo

El encargo consiste en un complejo turístico enfocado en la permacultura, compuesto por siete refugios, piscina y un espacio de eventos, diseñado para integrarse a un sistema preexistente de cultivo y cosecha de productos orgánicos como miel multiflora, arándanos y una serie de frutales de estación. Para lograr dicha integración, se pone énfasis en que la materialidad y la volumetría del proyecto sean coherentes y respetuosas con el paisaje que lo rodea, buscando alternativas dentro del ámbito de la sustentabilidad y concepciones bioclimáticas como eje articulador del proyecto.

1.3 El sitio

El terreno destinado para el proyecto, corresponde al tercer paño de una subdivisión agrícola previa, de forma trapezoidal y un área aproximada de 5000 m², con entrada directa desde la carretera que une Salamanca con el yacimiento de Minera Los Pelambres.

Como característica principal, el terreno presenta una pendiente irregular de 5 m entre el punto de acceso y el límite con el paño consecutivo, que se desarrolla de igual manera, con una pendiente de aproximadamente 15%. Además, considerando el resto del loteo, el circuito debe cubrir un territorio de más de 50.000 m², en el cual se desarrollan los programas anexos que el proyecto debe integrar: el sector de árboles frutales, la sala de cosecha de miel, las plantaciones de arándanos y un tranque de grandes dimensiones construido en el límite norte de la propiedad para el riego de los distintos cultivos; entregando la posibilidad de acceder a la medialuna de Chillepín, ubicada a un costado del terreno a intervenir (figura 2).

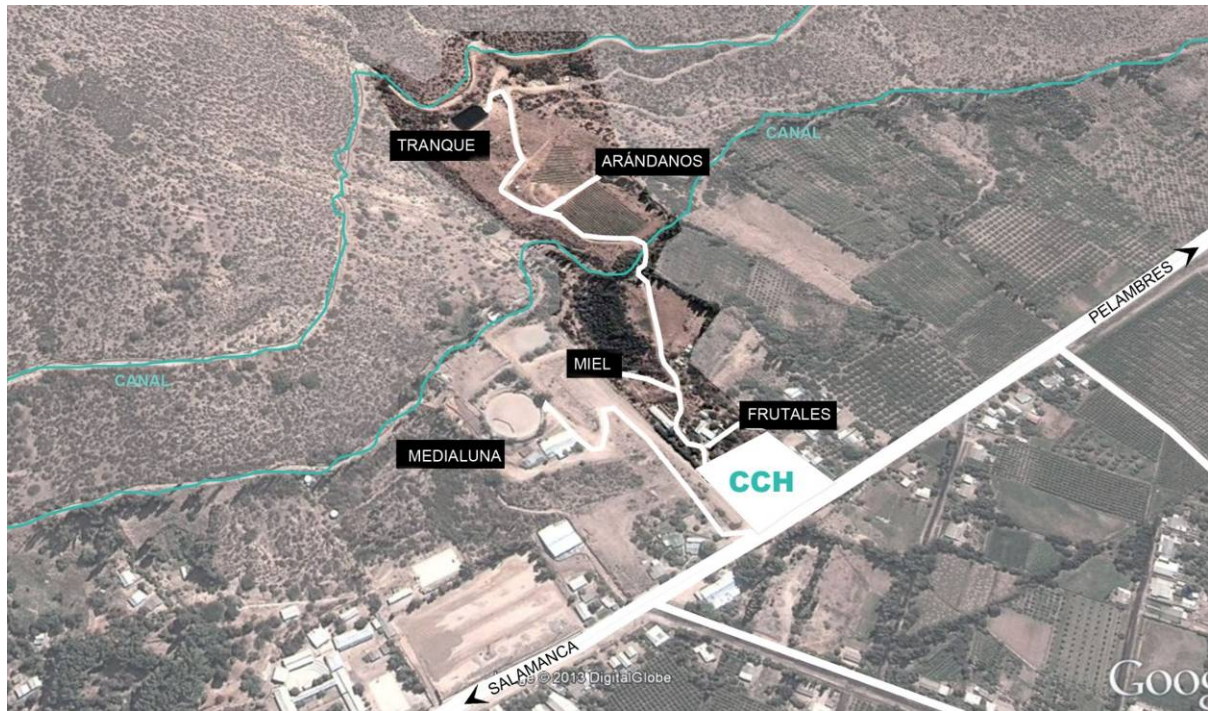


Figura 2. Contexto geográfico: sitio del encargo + programas preexistentes.

2. PROYECTO

El centro turístico CCH está compuesto por siete refugios de aproximadamente 50 m², dispuestos en cuatro terrazas de 1,4 m de altura aprovechando la pendiente del sitio para soterrar parte de su volumetría. Se propone un volumen con basamento semienterrado de piedra basáltica y envolvente de tierra cruda / quincha, aprovechando la inercia térmica de los materiales en conjunción con la orientación solar y dirección del viento. Como una manera de disminuir más aún el impacto sobre el paisaje, y aprovechar las ventajas térmicas que producía una envolvente continua, se plantea que los techos de los refugios sean completamente de quincha; siendo este uno de los principales desafíos constructivos del proyecto: el desarrollo técnico de una cubierta en tierra cruda que sea liviana, modular e impermeable sin afectar la calidad térmica ni la expresión final de la envolvente. Para lograrlo, se propone realizar un trabajo por etapas, en donde la primera de ellas, involucre la investigación y experimentación con las distintas técnicas constructivas en un refugio modelo, evaluado por un plazo de 3 meses desde el momento en que se considere una solución como la definitiva.

2.1 Sistema constructivo:

El sistema constructivo definido para los refugios, es un sistema mixto de quincha, que integra todas las observaciones realizadas en la zona y las mejoras arquitectónicas consideradas adecuadas para asegurar la persistencia en el tiempo y el menor grado de deterioro posible ante un evento sísmico. Según Minke (2001), dentro de los errores estructurales que provocan riesgos de derrumbe durante un sismo, se cuentan la poca atención a las distancias entre vanos y esquinas, la ausencia de refuerzos horizontales, una cubierta demasiado pesada sin arriostramiento, y una calidad pobre del mortero o mezcla de barro a utilizar, siendo irregular en su capacidad aglutinante y en las uniones (Minke, 2001). Tomando esto en consideración, se propone un sistema constructivo articulado y normado en estos principios, eliminando las distancias entre vanos y esquinas estructurales, generando un esqueleto con estructura continua y reforzada desde la fundación a la cubierta con travesaños regulares en toda su altura.

El sistema, se articula de la siguiente manera:

-Se genera una fundación de hormigón, atravesado por pletinas de acero de 6 mm estacadas a la profundidad necesaria para encontrar estabilidad sobre la roca. La expresión de esa fundación, es una pirca de altura variable, 80 cm en su punto menor y 140 cm en su punto mayor que trabaja como sobrecimiento de la estructura y protección ante la humedad.

-Sobre la pirca, descansa una estructura de pilares dobles y vigas de madera, que componen la silueta del volumen a construir utilizando los listones de canto para disminuir el esfuerzo de corte.

-Esta estructura de madera, está reforzada por un exoesqueleto de acero de 6mm, compuesto por perfiles tipo canal de 25 mm x 50 mm x 25 mm, que se amarran con el estacado de las fundaciones, y componen el sistema de evacuación de aguas de lluvias.

-En los vanos resultantes, se generan una serie de bastidores prefabricados con listones de pino de 2" x 6" dispuestos de canto, con un tratamiento de aceite de linaza doblemente cocido, en cuyo interior se dispone un relleno de tierra alivianada seca, fabricada a partir de los bastidores y sus vacios como moldaje.

-Una vez instalado el relleno, se procede a cerrar los bastidores por ambas caras con una superposición de malla hexagonal y ACMA, de manera de otorgarle adherencia y rigidez a la superficie, evitando que la tierra alivianada se humedezca o encapsule.

-Se proyecta la mezcla de barro sobre las mallas con un espesor no menor a 50 mm, cubriendo la totalidad de la envolvente, tanto por su interior como por su exterior, teniendo especial cuidado en el trabajo sobre los módulos que componen la cubierta.

-Se aplica un revoque de 2 cm a base de linaza y tratamientos hidrófugos en toda la envolvente a modo de terminación, sellando definitivamente el barro a los agentes externos como la humedad y el resecamiento (figura 3).

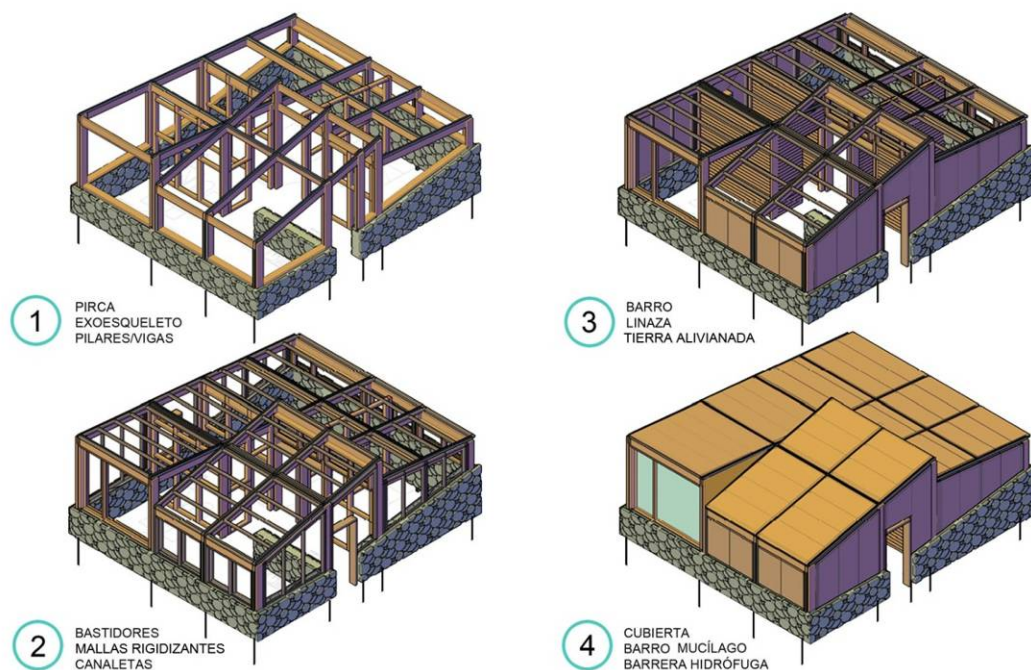


Figura 3. Cuadro resumen del sistema constructivo de los refugios.

Del sistema constructivo descrito anteriormente, nacen dos interrogantes importantes en cuanto a la viabilidad del proyecto. Por un lado, se busca generar una mezcla de barro tal, que tenga las propiedades aglutinantes e hidrófugas necesarias para una envolvente continua,

que sea lo menos propensa a las grietas para evitar filtraciones. Y por otro, como una investigación fundamental, las condiciones incidentes en la fabricación de los bastidores del techo y el montaje de estos en la obra, procurando el correcto sellado, solidaridad e impermeabilidad de la cubierta.

3. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Como un acercamiento a la utilización de tierra cruda en la cubierta, se investigan, prueban y reproducen las soluciones constructivas tradicionales de la zona, según los componentes, proporciones y aditivos utilizados en la mezcla de barro para la construcción de la envolvente de quinchas, además del funcionamiento del sistema prefabricado de bastidores mixtos, la factibilidad de su montaje y todas las técnicas necesarias para las terminaciones del revoque de tierra.

3.1 Componentes y naturaleza del barro

Un acercamiento fundamental al uso de tierra cruda en la construcción, es el conocer las propiedades óptimas para un barro sano; es decir, que tenga la plasticidad y ductibilidad suficiente para formar parte del esqueleto de madera y acero propuesto, sin peligro de desmoronamiento o erosión apresurada. Con este fin, se investigan las propiedades del suelo en el sitio de Chiltepén, dando como resultado un suelo franco arenoso, óptimo para el cultivo por su alto material orgánico, pero poco beneficioso para su uso en la construcción, esta muestra se denominara de ahora en adelante, muestra A.

Se procede entonces a realizar pruebas en los suelos interiores del loteo general, cercano a los macizos y quebradas, encontrándose un suelo fuertemente arcilloso, de un color rojizo y estabilidad adecuada en las primeras pruebas, denominada de ahora en adelante, muestra B. Como se menciona en Hays et al (1986), se busca una tierra de suelo con baja granularidad y una arcilla poco plástica o activa, ya que debido a su absorción de agua, puede provocar fuertes agrietamientos durante el secado, por lo que ninguna de las dos muestras es beneficiosa por sí sola.

3.2 Proporciones y mezcla de sus componentes

Utilizando los sistemas de prueba mencionados en Hays et al (1986), se procede a cernir ambas muestras, realizando la prueba del secado y la de tenacidad. Se demuestra que sin importar el volumen, la muestra A es frágil en su cohesión y la muestra B se agrieta con facilidad una vez que se endurece.

Se decide que para lograr una muestra que sea factible utilizar para el proyecto, se debe generar una nueva mezcla, resultante de la combinación de las propiedades de las muestras A y B, utilizando el sistema de corrección granular. Este proceso busca que la nueva composición disminuya su absorción de agua, evitando los fuertes agrietamientos durante el secado y mejorando la cohesión de sus elementos, considerando que la muestra A tiene una capacidad mayor de retención de agua y materias orgánicas, y que la muestra B presenta una baja granularidad y plasticidad.

Se procede a realizar tres muestras de prueba, utilizando las muestras A y B en mezclas con distintas proporciones de cada una.

Para verificar sus propiedades y comportamiento, y lograr una mayor imparcialidad en cuanto a su comparación, se aplican sobre un bastidor de prueba con el sistema propuesto y una cantidad constante de fibras de paja cortada a lo largo y arena para aumentar la cohesión del barro.

A continuación se exponen las proporciones y resultados obtenidos en cada caso:

- Muestra 1: 40% A + 60% B

Esta mezcla produce un barro rojo con una alta capacidad de moldeamiento, como una masilla lubricada de fuerte cohesión entre sus componentes, sin embargo, presenta

evidentes agrietamientos producto de la pérdida de agua durante el secado, dejando las fibras a la vista.

- Muestra 2: 60% A + 40% B

Esta proporción genera un barro de color grisáceo, que si bien tiene cohesión aparente y no tiene grietas en su superficie, presenta poca adherencia con las fibras vegetales utilizadas, y es muy débil a las pruebas de esfuerzo básicas a la que es sometida. En mayor espesor, esta parece ser la muestra utilizada en los revoques típicos de la zona.

- Muestra 3: 50% A + 50% B

Esta muestra es la más estable, la cantidad y espesor de las grietas visibles es considerablemente menor que la muestra 1, dejando un color marrón parejo en la superficie aplicada. Su cohesión con las fibras es adecuada, y no es frágil al tacto, considerándose como la proporción adecuada entre ambas muestras, al equilibrar la resistencia y cohesión necesarias para su uso en los bastidores del techo. (Figura 4)

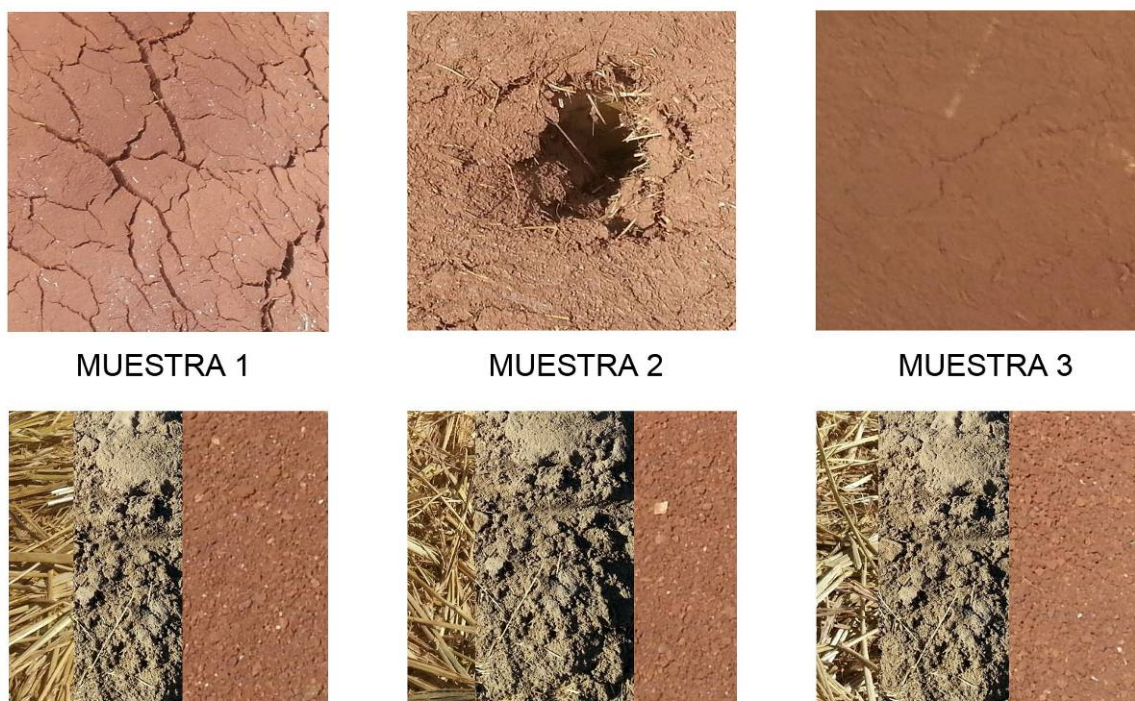


Figura 4. Cuadro comparativo de proporciones y resultados de las muestras.

3.3 Aditivos y tratamientos aglomerantes e impermeabilizantes

Según Minke (1994), ha sido usual en distintas partes del mundo, la utilización de productos animales, minerales y vegetales en la constitución del barro para la construcción; tales como la sangre, la orina de caballo, estiércol, leche, cal, bitumen, savias aceitosas y látex.

Haciendo una investigación con la gente de mayor experiencia en la zona, que ya no se dedican a este tipo de construcciones, se puede concluir que era usual utilizar aditivos vegetales en el agua de la mezcla, utilizando el mucílago resultante del corte de las paletas fibrosas del nopal (*opuntia spp.*), una especie común en la zona, que produce el fruto conocido como tuna. Este aditivo y aglomerante se producía de la siguiente manera: Se cortaban las paletas del nopal a lo largo, exponiendo su interior carnoso, rico en látex y mucílago, se dejaban reposar en un recipiente con agua por al menos 72 horas, luego se procedía a realizar la mezcla de barro reemplazando el agua por esta solución viscosa y se dejaba curar la mezcla por otras 72 horas, tiempo que se decía era necesario para que la mezcla se uniera completamente.

Ante esta solución, que promete entregarle a la muestra 3 la cohesión e impermeabilidad necesarias para su uso en la cubierta, se investigan las propiedades del mucílago del nopal a nivel vegetal, encontrándose que sus funciones más importantes son las de cicatrizante y protección ante bacterias en los usuales cortes naturales que presenta esta especie. Ambas propiedades serían un gran aporte a la composición del barro, por lo que se procede a su utilización, logrando resultados favorables, generando una capa de barro sana, de apariencia lisa, y una disminución notable de las grietas visibles (figura 5).



Figura 5. Muestra 3 con aditivo de mucílago de nopal, curado y terminación.

3.4 Sistemas constructivos prefabricados

Con los componentes y proporciones de la mezcla del barro a utilizar establecidos, se procede al estudio de factibilidad de los paneles prefabricados para el techo, que van encajados a presión y posteriormente fijados en los casetones formados por las vigas y los travesaños de la estructura de cubierta; buscando la manera más eficiente de producirlos en cuanto a su peso propio, estructura y la rigidez necesaria en sus caras superior e inferior, para evitar deformaciones por pandeo.

Se procede a probar las diferencias entre construir un bastidor compuesto de listones de pino seco tratado con linaza de 1" x 4" y uno de 1" x 2" clavados y encolados entre sí, y un bastidor simple, realizado con listones de las mismas características pero de 1" x 6", con la hipótesis previa de que al ocupar listones secos de menor escuadrilla en la composición del bastidor, el porcentaje de humedad total del paquete sería menor que el de listones de escuadrilla mayor, influyendo en el peso final del paquete. Sin embargo, al proceder a las pruebas manuales, y a un pesaje simple, se comprueba que la diferencia no es significativa entre ambos bastidores, por lo que es en el relleno de tierra alivianada y en la proyección del barro, en donde deben concentrarse los esfuerzos por reducir el peso del paquete constructivo.

Se decide reemplazar el relleno de tierra alivianada por paja comprimida, de manera de aumentar el área de contacto con el barro proyectado, que en relación con la superposición de las mallas hexagonales y ACMA, evita el traspaso de mezcla hacia el interior del bastidor, disminuyendo considerablemente el peso y mejorando la cohesión de la capa de tierra cruda.

Otra medida importante para optimizar el sistema de bastidores, es que antes de proceder al montaje sobre la cubierta, se proyecta el barro de la cara interior del paquete como una

manera de rigidizar la paja hacia el interior y evitar la dificultad de proyectar el barro hacia arriba, dejando la partida de sellado y afinado como la única restante hacia el interior y facilitando la fijación del bastidor desde arriba.

3.5 Montaje y terminaciones de la Quincha

Una vez realizados los 32 bastidores que componen la cubierta según las condiciones establecidas para mejorar su eficiencia, se procede al proceso de colgado, montando cada bastidor en los vanos de la estructura de cubierta, comenzando por el extremo sur o fachada principal, hasta llegar a la fachada norte, cuya terraza posterior está a 140 cm de diferencia con el nivel del piso de acceso. Al finalizar este montaje, se procede a proyectar el barro sobre la cara exterior del bastidor, con un espesor no menor a 5 cm.

Con la envolvente completa del refugio con una capa de barro proyectado de 5cm, tanto al interior como al exterior, se procede a la preparación del revoque de terminación; una emulsión realizada en base a linaza, la mezcla de tierra modificada con arena y el mucílago del nopal. Esta nueva mezcla se deja curar por 72 horas, en un recipiente sin sol directo, evitando diferencias de humedad significativas en los estratos superiores e inferiores del revoque dentro del recipiente.

Con la ayuda de una espátula, se procede, con movimientos circulares, a parchar las grietas existentes en la envolvente con esta nueva mezcla, hasta completar una capa de afinado de aproximadamente 2 cm en todas las caras del volumen.

En el caso de la cubierta, se pone especial cuidado en rellenar todas las uniones del sistema, minimizando los puntos de filtración. Además, se realiza una capa protectora de dos manos de aceite de linaza doblemente cocido a toda la superficie de la cubierta, para evitar la penetración y erosión por el impacto de la lluvia o el viento, dejándolo secar una semana antes de realizar cualquier prueba de filtración de agua sobre el techo.

Al cumplirse el tiempo de secado de la cubierta, se procede a realizar una prueba de filtración de agua lluvias, inundando el sistema de canaletas y lanzando flujos constantes de agua a modo de lluvia por intervalos de cinco minutos continuos, cada seis horas, período durante el cual se revisaba si el agua traspasaba a la cara interior del refugio.

Se realiza esta prueba cada dos semanas, por un plazo de dos meses, como una manera de constatar que el agua no se había filtrado dentro de los bastidores al no tener expresión en la capa interior del revoque de barro, confirmando la impermeabilidad del paquete.

Una vez concluido el tiempo de prueba, se dan por aprobados tanto la mezcla y proporción del barro y sus componentes, como el sistema constructivo para el refugio, cuyo resultado final cumple todas las exigencias puestas desde la concepción del proyecto (figura 6).

4. REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES

Dentro de la investigación y definición del sistema constructivo, se pone especial énfasis en la construcción del sistema a través de reinterpretaciones de las técnicas vernaculares utilizadas en la autoconstrucción de viviendas en el valle del Choapa desde tiempos prehispánicos hasta la fecha.

Uno de los principales desafíos de la construcción de los refugios que son parte del proyecto CCH, era el diseño y ejecución de una envolvente completa de quincha mejorada, que mediante las modificaciones expuestas anteriormente, resolviera los distintos problemas asociados a las construcciones en tierra cruda, que según considera Chiappero (2003), son el agrietamiento, la poca cohesión de la capa de barro por su espesor inadecuado, y la vulnerabilidad a la humedad y el viento. (Chiappero, 2003).

Considerando la experiencia de la construcción del primer refugio, y la comprobación de los resultados de las distintas pruebas de estructura, mezcla y revoques hasta la fecha (Mayo 2012-Marzo 2013), se logra generar un sistema viable y consecuente para su reproducción en los refugios restantes, dejando abierta la posibilidad de ser aplicado en otro tipo de

proyectos, considerando la rapidez del sistema prefabricado de bastidores y la viabilidad económica de la utilización de tierra cruda como envolvente y terminación del proyecto.

Esto toma especial relevancia a la hora de concebir el desafío de diseñar una vivienda de interés social en tierra cruda, otorgando la posibilidad de obtener una mejor calidad espacial y desempeño térmico, con una inversión similar a la realizada en la construcción actual de proyectos de este tipo con sistemas constructivos tradicionales. Dejando abierta la posibilidad de experimentación en este campo en un futuro.



Figura 6. Fotografías del resultado final en fachada e interior del primer refugio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chiappero, Rubén (2003). Arquitectura en tierra cruda: breves consideraciones sobre la conservación y la restauración. Buenos Aires: Nobuko.

Hays, Alain et al (1986). Técnicas mixtas de construcción con tierra. Villefontaine: CRATERRE.

Minke, Gernot (1994). Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual. Montevideo: Nordan Comunidad.

Minke, Gernot (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Alemania: Forschungslabor für Experimentelles Bauen.

Currículo

Cristián Bravo-Araya: Arquitecto diplomado en Arquitectura Sustentable y certificado académico en estudios de la cultura latinoamericana de la PUC de Chile (2012), Fundador de CBAarq en 2011, centrándose en estudios del patrimonio, arquitectura, diseño y paisajismo en proyectos con sistemas de construcción vernaculares y bioclimáticos en Chile.