

DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ADOBE CON MAQUINARIA EN AMAICHA DEL VALLE, ARGENTINA

Guillermo Rolón¹, María Fernanda Chaile², Florencio Serrano³, Fernando Ezequiel Nicolasa⁴, Pablo Dorado⁵, Carmen Susana Quinteros⁶, Paula Anahí Jerez Lazo⁷, Gastón Antonio Nicolasa⁸, Gonzalo García Villar⁹, Ramón Gerardo Quinteros¹⁰, Paula Boldrini¹¹

Instituto de Investigaciones Territoriales y Tecnológicas para la Producción del Hábitat, CONICET-UNT, Tucumán, Argentina
¹guillerolon02@gmail.com; ²florencioserrano_5@hotmail.com; ³pablodoradoctca@gmail.com; ⁷paulis763@gmail.com;
¹¹paulaboldrini@hotmail.com;

Cooperativa Nuevo Origen Obrero, Tucumán, Argentina, ^{2, 4, 6, 8, 10} mariaferchaile@gmail.com

⁹Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda, FAU-UNT, Tucumán, Argentina,
arqgonzalov@gmail.com

Palabras clave: tecnificación, cadena de producción, mecanización, trabajo, adoberos

Resumen

La cadena productiva de la construcción con adobe incluye la elaboración de mampuestos. Este trabajo explora la producción de adobes en una planta en montaje en Amaicha del Valle, Tucumán, donde se implementará la mecanización del moldeo. Se presentan los criterios que guiaron el diseño de la planta, la elección de la maquinaria y las estimaciones de producción futura. Este estudio forma parte de un proceso de vinculación tecnológica entre la cooperativa Nuevo Origen Obrero y el Instituto de Investigaciones Territoriales y Tecnológicas para la Producción del Hábitat (INTEPH – CONICET/UNT), financiado con fondos nacionales para la innovación. La investigación se basa en datos recolectados entre 2017 y 2023, así como en registros de reuniones de campo entre el INTEPH y la cooperativa, realizadas desde fines de 2023 hasta junio de 2024. Estas reuniones, documentadas mediante audiovisuales, notas, gráficos y fotografías, permitieron analizar el proceso de diseño de la planta. Como resultado, se diseñó la planta que está en construcción, adaptando el proceso tradicional a la nueva maquinaria. Se estima que, con la plataforma completa, la producción aumentará en comparación con el método artesanal actual, reduciendo el esfuerzo físico necesario para el moldeo manual y eliminando la tarea de limpiar bordes irregulares de los adobes. Este trabajo evidencia cómo la mecanización puede mejorar la eficiencia en la producción de adobes, manteniendo la calidad y tradición del proceso, al tiempo que mejora las condiciones laborales de los miembros de la cooperativa

1 INTRODUCCIÓN

La ejecución de las construcciones con mamposterías de adobe involucra, entre sus actividades previas, la elaboración de los mampuestos. Esta actividad en particular presenta en la actualidad un gran abanico de diseños de las plantas de producción que abarcan desde una dinámica totalmente artesanal y altamente dependiente de la fuerza humana hasta la inclusión de sistemas que incluyen maquinarias que prescinde de la manipulación directa del operario en la elaboración de los mismos (Lopes Ferreira, 2023, Houben; Guillaud, 1994). Las características que adquieren cada una de esas plantas de producción están dada en función de algunos factores, tales como: los medios de producción disponibles, el capital financiero, la demanda existente, los conocimientos técnicos y comerciales del personal y la infraestructura disponible. En el caso de Amaicha del Valle, se presenta la particularidad de que el proceso de producción es en todos los casos altamente artesanal; es decir, con muy escasa maquinaria incorporada, apenas con herramientas mínimas y, en algunos casos, máquinas mezcladoras o la incorporación de animales en la etapa de batido y preparación del barro. Esta particularidad que presenta la elaboración de los adobes se puede explicar tanto por conocimientos tradicionales y las costumbres culturales de la zona, como por dinámicas económicas y productivas que predominan en la región. Los propios productores reconocen el gran esfuerzo físico que implica la producción de adobes, y también advierten que modificar

el proceso de producción para reducir dicho esfuerzo puede afectar directamente la calidad de los mampuestos.

El grado de artesanía de esta producción demanda gran esfuerzo físico por parte de todas las personas que trabajan en esta actividad laboral y repercuten indefectiblemente tanto en la salud de las personas, como en el margen de ganancia que obtienen y las restricciones en el rango de tiempos, volúmenes y calidad de producción que pueden alcanzar y ofrecer. En tal sentido, la introducción de procesos mecanizados se piensa aquí en términos no solo de reducción de los tiempos productivos, alcanzar mayor uniformidad de los adobes y mejor calidad del producto final sino principalmente en reducir los esfuerzos físicos en la producción cuidando la salud de las personas.

Este estudio indaga estas cuestiones, atendiendo a las condiciones y necesidades que conducen a plantear la mecanización del proceso. El objetivo en particular es presentar una experiencia de vinculación tecnológica entre la cooperativa de adoberos Nuevo Origen Obrero de Amaicha del Valle y el Instituto de Investigaciones Territoriales y Tecnológicas para la Producción del Hábitat (INTEPH – CONICET/UNT) a través del proyecto financiado con fondos nacionales de fomento a la innovación. De esta experiencia se presentan los criterios que guiaron el diseño de una planta de producción de adobe que incluye la mecanización y la elección de la máquina, así como las estimaciones de producción que deberían darse cuando la planta entre en producción. Cabe aclarar que este proyecto está en curso y por lo tanto solo se presentan los resultados del diseño planteado.

1.1 Amaicha del Valle y la arquitectura con tierra local

La localidad de Amaicha del Valle se encuentra en el sector noroeste de la provincia de Tucumán, en Argentina. Se sitúa en la parte baja del Valle Calchaquí, uno de los valles más extensos de la región, conformado por la cuenca del Río Santa María. Amaicha del Valle se destaca por ser uno de los territorios con mayor extensión, cubriendo alrededor de 52.812 hectáreas (figura 1).

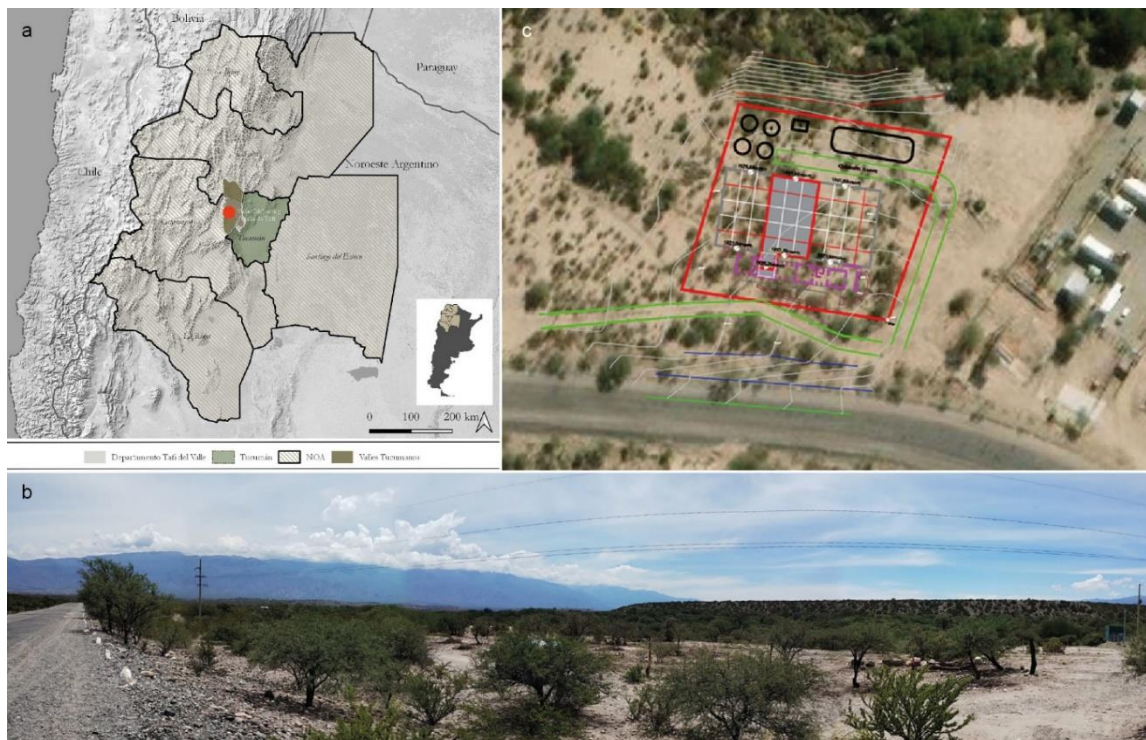


Figura 1. a) Ubicación de Amaicha del Valle (punto rojo), en color, las provincias que forman parte del Noroeste argentino y la provincia de Tucumán destacada en verde; b) vista panorámica del sector del proyecto en Amaicha del Valle; c) emplazamiento del proyecto sobre base cartográfica de Goglemaps

La construcción con tierra en Amaicha del Valle persiste y es visible en la actualidad con diferentes grados de desarrollo entre distintos poblados y dentro de ellos, mayormente empleada en la producción de arquitectura doméstica. Son diversos los autores que destacan los elementos de continuidad de la arquitectura vernácula o tradicional en la producción actual de esta arquitectura (Otegui et al., 2022; Sosa, 2004; Latina, 2003), donde las técnicas más arraigadas y que se siguen reproduciendo son la de la mampostería de adobe y las cubiertas de torta de barro (Sosa, 2002); técnicas constructivas que entran en convivencia con materiales y sistemas industrializados –estructuras de hormigón armado y cerramientos de adobe– y diversas innovaciones tecnológicas, incorporadas a los sistemas constructivos tradicionales con diferentes resultados –aberturas de aluminio en lugar de madera, techos metálicos reemplazando las cubiertas de barro, revoques de cemento en lugar de terminaciones de tierra, entre otras (Dorado, 2023; Rotondaro, 2016). Sosa y Latina (2015) suman, a los aspectos característicos de la producción actual de esta arquitectura, la fuerte influencia de estilos arquitectónicos foráneos, los cuales incidieron en la modificación de las resoluciones estéticas y constructivas. Aspectos no menores dado que han incidido en la reducción progresiva de los espesores de muro de los habituales 40 o más a valores de 20 cm en promedio, con las consecuentes repercusiones negativas en la seguridad estructural y la eficiencia energética.

2 METODOLOGÍA

La elaboración de este trabajo se basa, por un lado, en el análisis de datos recolectado entre 2017 y 2023 en el área de estudio; y por otro lado, en los registros de cada una de las reuniones realizadas en campo entre los integrantes del INTEPH y la cooperativa entre fines de 2023 y junio de 2024 en el marco de un instrumento público de financiamiento para la producción denominado proyecto PEIS 23 (Proyectos Especiales de Innovación Social, del Ex Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación). En estos encuentros se realizaron registros audiovisuales, notas, gráficos y fotografías, mediante los cuales se pudo analizar el proceso de diseño y los resultados logrados sobre la propuesta y diseño de la planta de producción que aquí se exponen.

Particularmente para el diseño de los espacios arquitectónicos y del proceso de producción, se consideraron antecedentes bibliográficos, registros realizados en campo a otros productores y criterios acordados en reuniones con los miembros de la cooperativa en base a su trayectoria en la producción de estos mampuestos. Las entrevistas, en particular, permitieron comprender en detalle el proceso de producción local y las demandas específicas del mismo, así como identificar las etapas más laboriosas, las que afectan críticamente a la salud debido al esfuerzo físico implicado para las personas involucradas en la producción e incluso las razones que llevan a reemplazar etapas específicas con procesos mecanizados. Luego de ello, fue clave la aplicación de métodos de diseño participativo, llevados a cabo mediante una serie de 6 encuentros de entre dos y tres horas de trabajo para registrar las necesidades de los espacios y de los procesos de producción y posteriormente alcanzar el diseño de la planta de producción. Este proyecto toma el carácter de un proceso de vinculación tecnológica, lo cual implica la participación de ambas partes en el desarrollo del mismo desde los espacios y conocimientos que cada grupo puede aportar. Por esta misma razón, están incluidas todas las personas como autoras de este artículo.

En un período de aproximadamente tres meses, se realizó primero una visita conjunta al sitio y un relevamiento en profundidad del terreno destinado a la planta de producción, recabando información planimétrica. Posteriormente, se organizó un encuentro para elaborar conjuntamente un programa de necesidades, a fin de dimensionar los espacios y conformar un organigrama funcional que incluyera áreas de acopio de materia prima, espacios de trabajo, acopio de la producción, comercialización, entre otras actividades. Este organigrama fue elaborado de acuerdo al criterio de los productores. A continuación, se llevó a cabo una primera elaboración y revisión de un anteproyecto, en la que se realizaron ajustes y

adaptaciones según el criterio de los productores. En un encuentro posterior, se definieron aspectos técnicos de la infraestructura de la planta de producción. Finalmente, tras determinar las necesidades prioritarias de construcción y las estrategias de crecimiento de la planta, se logró la definición de un proyecto final, el cual se encuentra actualmente en ejecución.

3 PRODUCCIÓN DE ADOBE EN AMAICHA DEL VALLE

3.1 La elaboración y características de los adobes: experiencia de la Cooperativa

La elaboración de adobes implica la adquisición de tierra y otros materiales adicionales como arena, pastos, agua, gramíneas y estiércol, entre otros, para producir el barro estabilizado con el que se ejecutan. Este proceso se basa en conocimientos locales y en las características granulométricas del suelo disponible (Dorado, 2022; Otegui et al, 2022).

En Amaicha del Valle, el barro estabilizado para cortar adobes se prepara incorporando agua y otros materiales a la tierra. Luego de un batido realizado con los pies, caballos, pico, azada, pala o mezcladoras mecánicas, se deja reposar la mezcla entre tres días y dos semanas hasta alcanzar la plasticidad óptima para moldear los adobes. El cortado se realiza con una adobera de madera o metálica, cuyas dimensiones varían según el productor. Tradicionalmente se han producido adobes para muros de 40 cm de espesor, pero actualmente la medida más comercializada es de 30 x 20 x 10 cm, resultando en muros de 22 a 24 cm de espesor. Esta reducción en dimensiones busca facilitar la integración con estructuras de hormigón armado, que comenzaron a ser habituales en la zona, y reduce el peso de los adobes, mejorando su manipulabilidad.

El empleo contemporáneo de una estructura sismorresistente con encadenados horizontales y verticales en casi todas las construcciones actuales de la zona es uno de los factores que ha propiciado que las construcciones que emplean adobes en la zona utilicen muros de mampostería elaborados a sogá. Esto tiene implicaciones tanto en la calidad constructiva como en el impacto ambiental de las edificaciones. Los productores de adobes señalan que, al colocar el adobe a sogá, no es necesario que sus dimensiones se adapten perfectamente a las trabas de un muro elaborado a tizón u otras trabas propias de la mampostería tradicional. Además, la producción de adobes de menor tamaño repercute en la cantidad de materia prima necesaria para su fabricación; de alguna manera, el material preparado "rinde más". También afecta la cantidad de material que debe movilizarse en la planta de producción y el número de adobes que pueden transportarse en un solo viaje. El incremento de la demanda actual y las nuevas prácticas constructivas con adobe han popularizado los adobes de 30 cm, por lo que los adoberos suelen ofrecer y tener un stock de estas dimensiones. Así y todo, estas modificaciones impactan negativamente en la calidad constructiva, un aspecto que es considerado por quienes trabajan con este material y por los habitantes de las nuevas construcciones realizadas con estos criterios.

Una vez secos, los mampuestos se regularizan con un machete, se contabilizan y se apilan hasta su uso en construcción. En algunos casos, para evitar la regularización, el cortado de adobes se realiza sobre contrapisos de hormigón, plásticos o telas plásticas que evitan la adherencia de suelo suelto a la mezcla de adobe. La producción manual de mampuestos sigue siendo la norma, implicando un esfuerzo físico considerable para los trabajadores, quienes enfrentan jornadas extenuantes que afectan su salud a largo plazo. Para mitigar la fatiga y aumentar las ganancias, las prácticas han evolucionado hacia una fabricación más rápida y con dimensiones reducidas. Sin embargo, la precariedad laboral persiste casi en su totalidad, con trabajo informal y bajos ingresos que no compensan adecuadamente el esfuerzo.

Algunos miembros de la cooperativa comenzaron en 2005 cortando adobes para solventar gastos cotidianos, logrando una producción máxima de 3000 adobes a la semana. La capacidad de producción dependía del grado de artesanía con el que estaba organizada la planta de producción, la cantidad de trabajadores disponible y, en consecuencia, los volúmenes de tierra que podían trabajar. Cuando la demanda resultaba mayor a esta

capacidad productiva, se resolvía prolongando los tiempos de entrega. La calidad de los adobes dependía de la tierra comprada de una cantera en el cauce del río de Amaicha. El volumen habitual que se despacha desde la cantera es de 6 m³, el cual rinde aproximadamente 800 adobes de 30 x 20 x 10 cm (denominados adobes de 30) o entre 450 y 500 unidades de 40 x 19 x 10 cm (denominados adobes de 40).

El proceso productivo incluía cavar pozos grandes para colocar la tierra comprada, humedecerla durante 4 a 5 días y en paralelo preparar la cancha limpiándola y nivelándola. Empleaban paja picada que se incorporaba como estabilizante al momento de mezclar la tierra ya húmeda. Después de mezclar y pisar con caballos, el barro se dejaba reposar una hora y luego se cubría con plástico hasta el día siguiente. La cortada de los adobes requería al menos tres personas: una manejando la adobera y dos transportando el barro en carretillas, logrando cortar 6 m³ en unas 4 horas. Esto indica que para los 3.000 adobes semanales invertían 15 horas de trabajo. Los adobes recién cortados se dejaban reposar alrededor de 5 días, se raspaban para eliminar imperfecciones al tercer día, y se apilaban para secar hasta su entrega. Los adobes rotos se reincorporaban a la mezcla para volver a elaborarlos.

3.2 Componente de la planta de producción artesanal de adobes

En la descripción anterior se pueden identificar aquellos componentes de una planta de producción artesanal habitual en Amaicha del Valle, los cuales se muestran en las imágenes de la figura 2.



Figura 2. Componentes de planta de producción artesanal. a) preparación del barro. b) agregado de paja durante el mezclado. c) mezclado manual. d) moldeado. e) cancha con producción de adobes

1) El espacio físico: a) la cancha es el lugar donde se realiza el moldeado de los adobes y consiste en una superficie de tierra compactada (en ciertos casos se emplean contrapisos de hormigón), lisa y al aire libre; b) también lo integra el espacio de acopio de los adobes, otro lugar que generalmente está presente en la planta de producción. Allí es donde son apilados en largas hiladas de varios cientos de unidades. Las dimensiones del espacio físico también deben ser suficientes para ubicar: c) los sectores de acopio de las materias primas que se emplean (tierras, áridos, pastos, agua); d) así como de los pozos o montículos donde se prepara y humedece la tierra para elaborar el barro estabilizado.

2) Herramientas de trabajo: es habitual en este tipo de plantas de producción artesanal se empleen palas, azadas, zarandas de obra, picos, carretillas, baldes, cucharas de albañil, machetes, mangueras, adoberas y varias otras herramientas más.

3) Materias primas: el acopio de tierra, arena, fibras vegetales, agua son las principales materias primas y de presencia necesaria en la planta de producción. Como se indicó, ocupan un espacio en el diseño de la planta.

4) Infraestructura: se refiere a la disponibilidad de reservas de agua o bien de su acceso por medio de la red pública, como así mismo la electricidad, el acceso vial y la estructuras para protección frente a los agentes ambientales (asoleamiento, frío, nieve, lluvia, viento).

3.3 Productores de adobe en los valles tucumanos

Respecto a los niveles de productividad o el estado de esta actividad en la zona de Amaicha del Valle, un estudio reciente (Dorado, 2023) deja ver que la producción de adobe muestra serios límites y falta de continuidad en el tiempo. A pesar de haberse identificado 18 espacios donde se producen adobes (denominadas localmente como “cortadas de adobe”) en las localidades estudiadas en el estudio citado (Amaicha del Valle, Tafí del Valle y Quilmes), solo siete estaban activas durante el relevamiento realizado entre 2021 y 2022, reflejando una oferta concentrada y vulnerable a las fluctuaciones de la demanda. Además, la producción de este mampuesto es oscilante a lo largo del año. Durante el otoño e invierno, las condiciones climáticas dificultan la elaboración de adobes, pero la demanda sigue siendo constante debido a que las obras continúan. Por este motivo, encontrar proveedores durante este periodo se vuelve más difícil, muchos productores no tienen adobes almacenados debido al volumen requerido para su acopio y la necesidad de espacio cubierto que demandan.

Los productores reconocen que la producción intermitente se debe en parte a las difíciles condiciones laborales y a los bajos ingresos que genera aun cuando se dediquen tiempo completo a esta actividad. Este cuadro de situación ha llevado a una dependencia de oportunidades laborales alternativas con las cuales complementar los ingresos.

La producción de estos mampuestos también implica un esfuerzo físico considerable que no se ve reflejado en el precio de venta, contribuyendo así a perpetuar la informalidad en el proceso productivo. Es importante destacar que la producción de adobe sigue siendo artesanal y manual, sin integrar estrategias de tecnificación ni maquinaria que podrían mejorar la productividad y la calidad del producto, así como reducir el esfuerzo físico requerido.

Aunque la construcción con tierra en los valles tucumanos ha aumentado sus niveles de producción y productividad en los últimos años, y sus modelos de producción se han diversificado (Dorado, 2024), todavía no se valora adecuadamente la instancia primaria de producción de adobes en términos económicos y menos en las condiciones de trabajo forzado e informal. La percepción de que es una opción más económica se basa principalmente en el precio unitario pagado a los adoberos, sin considerar los costos reales de producción ni las condiciones laborales deficientes de su tarea. De esta manera la producción de adobe en los valles tucumanos, se encuentra activa, movilizandando mano de obra local y se distribuye en varias localidades. Sin embargo, enfrenta diversas debilidades: discontinuidad en el suministro a lo largo del año, informalidad laboral, malas condiciones de trabajo y variabilidad en las características del producto (tamaño, calidad y precio). Además, no hay una tendencia hacia la estandarización de los mampuestos en términos de normas técnicas, medidas, materiales y características, lo que dificulta su fabricación y uso de manera homogénea y consistente. Esta percepción se debe a que el adobe sigue considerándose un producto marginal en comparación con otros materiales industrializados.

3.4 Diversidad de la demanda y saturación de la capacidad productiva

Los procesos de saturación de demanda se van presentando de manera cada vez más recurrente. Un caso particular, por el momento aislado, pero que permite prever algunos

problemas vinculados a un crecimiento repentino de la demanda fue el caso del Barrio Pachamama.

En este barrio, una obra ejecutada con fondos públicos nacionales del ex Ministerio de Desarrollo Territorial y Hábitat de la Nación que gestionó la Comuna rural de Amaicha del Valle durante el transcurso de 2021, inició las obras a mediados de 2022 y culminó un año después, en 2023. La obra se ejecutó mediante el subprograma “Habitar Comunidad” del programa “Casa Propia”, destinado a comunidades indígenas y campesinas, es decir, a clases sociales con mayores dificultades de acceso a la vivienda. Este barrio está integrado por 24 viviendas de tres ambientes y 52 m² ejecutadas con muros de mamposterías de adobe y revoques internos de tierra. El resto de los elementos constructivos se resolvieron con otros materiales naturales (piedra en sobrecimientos, rollizos de madera en estructura de techos, puertas y ventas, cañizos (carrizos de la especie *Arundo donax*) en cielorrasos exteriores e industrializados (cimientos, vigas y columnas de hormigón armado, techos de chapa de zinc, cielorrasos de morteros de cal reforzada en cielorraso interiores, plástico en instalaciones eléctricas, agua y cloaca, etc.). La obra duró un año de construcción y representó un incremento en la demanda de adobes en el mercado local que llevó a su saturación rápidamente. En entrevista con el responsable de la obra¹ se pudo conocer que la estrategia de montar una planta de producción propia se presentó rápidamente inviable debido a la dificultad de abastecer con agua en el sector donde se estaba construyendo el barrio y porque ninguno de los 13 grupos de trabajo que estuvieron involucrados en las obras accedió a elaborarlos como parte del contrato de ejecución de cada vivienda.

Para complejizar el panorama, la necesidad repentina de grandes volúmenes de adobes provocó que ningún productor pudiese atender individualmente la demanda emergente. Incluso, ni la cooperativa en cuestión por el esfuerzo que significaba, pudo atender el pedido. La solución implementada fue comprar los lotes de producción de todos los adoberos en forma simultánea durante el plazo que duró la obra. Esto provocó que la calidad de los adobes fuera heterogénea por la diversidad de los suelos empleados por cada productor y el costo de traslado muy variable debido a las distancias entre la zona de producción y el destino de la producción.

En el Valle de Tafí, lindante con el Valle Calchaquí, este fenómeno también se presenta, pero a partir de la demanda simultánea de obras particulares. El incremento sostenido desde 2015 de obras particulares para los segmentos de las clases sociales medias y medias que demandan obras de arquitectura con adobe ha saturado también la capacidad productiva de los adoberos locales. Según las entrevistas que se vienen realizando (informales y formales), esto repercute en los retrasos de los tiempos de entrega y en una disminución de la calidad de los adobes.

La única demanda de adobes que se satisface sin mayor problema es la de producción de vivienda autoconstruida, de la población local de clase media y media baja dado que frecuentemente recurre a la producción propia de sus mampuestos. En estos casos, la elaboración de los adobes demanda de periodos de trabajo extendidos que significan mucho tiempo de trabajo que llega a alcanzar más de tres meses.

4 CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN MECANIZADA

En 2022 se conforma legalmente la cooperativa y lo constituyen en vista de reorganizar su trabajo, adquirir equipamiento que les permita mecanizar parte del proceso de manufactura y acceder a subsidios públicos o privados de producción e innovación. En palabras de sus integrantes, la decisión de mecanizar primero priorizó la búsqueda de mejoras laborales, porque el trabajo en este rubro resulta un tanto esclavizante y desgastante físicamente. En ese sentido, esta necesidad resulta igual o más importante que mejorar la eficiencia productiva.

¹ Arq. Claudio Bumbacher

Es así que en el transcurso de 2023 la cooperativa entró en contacto y se estableció el vínculo con el INTEPH – CONICET/UNT durante una primera reunión de trabajo. En esta instancia y ante la existencia de una convocatoria del Ex Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación se pensó aplicar la propuesta. En enero de 2023, y con el Proyecto PEIS aprobado, se suceden una serie de cinco reuniones donde se trabajó sobre el diseño de la planta de producción y edificio para sede de la Cooperativa. En paralelo la cooperativa gestiona un terreno 2.500 m² donde instalarla y procede a acondicionarlo (figura 3).



Figura 3. Replanteo de obra de la plataforma en el terreno

4.1 El diseño

La planta de producción de adobes de este proyecto se distingue por el uso de una máquina ladrillera modelo MH12 distribuida por la empresa Ladrillera Conci SRL, equipada con un motor Honda de 6,5HP para el desplazamiento del equipo, una tolva metálica para contener el barro y una matriz de caño enchapado en acero inoxidable que contiene los moldes, adaptado para cortar 6 adobes de 30 x 20 x 10 cm por vez (figura 4). La máquina, adquirida para mecanizar parte del proceso productivo, tiene dimensiones y peso que influyeron en el diseño de la planta: presenta 1,80 m de ancho, 2,80 m de largo, 1,30 m de alto y un peso de 680 kg. El mecanismo para la elaboración del adobe es controlado por un operador que, al accionarlo, desplaza la matriz de los moldes hacia el centro de la máquina hasta la posición de contacto con el suelo; luego se acciona el desplazamiento de la tolva también hacia el centro; cuando está en posición deja pasar el barro; el paso siguiente es retirar la tolva y accionar el mecanismo para liberar el exceso de barro; a continuación se levanta la matriz y se la lleva a la posición de inicio donde existe un sistema de autolimpieza de la misma. Por último, se desplaza la máquina hasta la nueva posición de moldeado y se reinicia el ciclo. Debido a su peso, esta máquina no puede utilizarse directamente sobre terreno natural dado que se dificulta enormemente su desplazamiento si no está bien compactado, siendo más adecuado sobre un piso resistente, aspecto que condicionó el diseño de la planta.



Figura 4. Máquina ladrillera adaptada: 1) tolva para la carga de barro; 2) matriz de moldeado de adobe

La planta de producción de adobes diseñada está organizada en tres sectores bien diferenciados (figura. 5):

- Sector técnico-administrativo de apoyo: Este sector está orientado hacia el sur y se encuentra cerca del acceso a la ruta. Contiene las oficinas administrativas y el taller, que incluye el depósito de la máquina ladrillera. También cuenta con infraestructura para el depósito de agua, ubicado en la parte más alta del terreno.
- Sector de producción y acopio de adobes: Es el sector más importante de la planta, ya que contiene la plataforma de trabajo donde se realiza el proceso de mecanizado. Esta plataforma está construida con hormigón simple de 0,10 m de espesor en paños cuadrados de 4 m de lado, reforzada con varillas de hierro del 10 en los sectores de contacto entre paños. La superficie de la plataforma es amplia, ya que el moldeado de los adobes se realiza directamente en el suelo, ocupando aproximadamente dos quintas partes del terreno en la zona central. La plataforma final tendrá dimensiones de 20 m x 40 m, construida en etapas sucesivas. En la primera etapa, se construirá un polígono rectangular de 15 paños, es decir, de 12 m de ancho (3 paños) x 20 m de largo (5 paños). En una segunda etapa se sumarán otros 15 paños más en un polígono de iguales dimensiones al primero y en una tercera y última los 20 paños faltantes en un polígono de 16 m x 20 m.
- Sector de acopio de materias primas y preparación del barro: Ubicado al norte del terreno, este sector ocupa dos tercios del área total y se divide, a su vez, en tres partes:
 - 1) Acopio de materias primas: Almacenaje de tierra, arena, fibras, etc.
 - 2) Preparación del barro: Se realizarán cuatro pozos de 4 m de diámetro por 0,50 m de profundidad (6 m^3) para mantener un volumen cuantioso de barro preparado, permitiendo sostener la eficiencia de la planta con la incorporación de la máquina ladrillera.
 - 3) Carga y descarga de materiales y adobes: Espacio destinado a la logística de materiales.

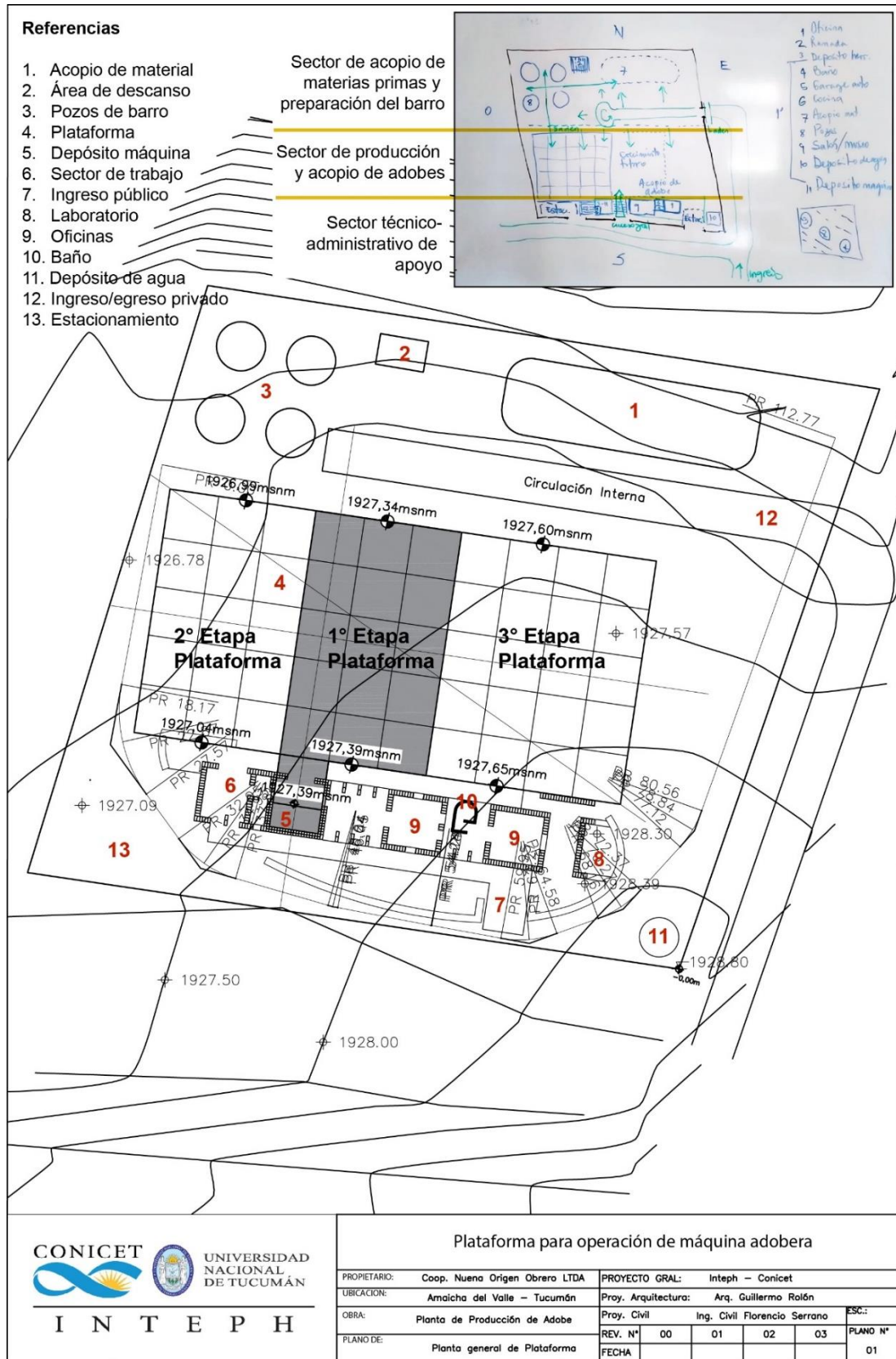


Figura 5. Diseño planta de producción definitiva y referencia de locales y espacios de trabajo. Arriba a la derecha: boceto inicial del diseño de planta de producción propuesto

4.2 Estimaciones de la producción

Con el objetivo de verificar las capacidades productivas de la planta y evaluar si la implementación de la maquinaria resulta en una mejora en la productividad en comparación con la producción artesanal, se realizó una estimación de la producción. Estos aspectos fueron clave al diseñar la planta, ya que es fundamental que esté adaptada a las necesidades y al funcionamiento específico de esta maquinaria. Dado que el objetivo principal del proyecto era mejorar la productividad, es esencial que estos factores se consideren en el diseño. Entre los aspectos considerados se incluyeron la cantidad de materia prima disponible para abastecer la máquina, el método de abastecimiento, las capacidades máximas de acopio, la producción diaria y total, posibles cuellos de botella, entre otros. Las estimaciones son hipotéticas en la medida que la planta de producción no fue puesta en funcionamiento hasta la fecha de publicación de este trabajo.

Como se indicó, en la cooperativa manejan dos dimensiones: “adobes de 30” y “adobes de 40”. El cálculo de la producción se presenta las estimaciones según las dimensiones del adobe que se produzca. El cálculo se estima considerando que la totalidad del barro se encuentra previamente preparado.

En el caso de los adobes de 30 cm, por las dimensiones de la matriz de los moldes y el ancho de la máquina (1,80 m), en un paño de 4 x 4 m de la plataforma pueden entrar 6 tandas de moldeos de adobes en el sentido de desplazamiento de la máquina y dos moldeos en el sentido paralelo, es decir, un total de 12 moldeos (Fig. 6, en azul). Considerando además que entran 6 adobes por moldeo, esto arroja un total de 72 adobes por paño. Finalmente, entre los 15 paños de la primera etapa podrían ejecutarse hasta 1.080 adobes.

Para establecer los tiempos de producción se estimaron los tiempos parciales de moldeo de cada tanda de acuerdo al video demostrativo del fabricante disponible en <https://ladrilleraconci.com.ar/mh-12/>. El funcionamiento muestra que la máquina tardar alrededor de 30” en ejecutar una tanda de moldeo. En este cálculo, se consideran tanto el desplazamiento de la matriz del molde dentro de la máquina como el desplazamiento y descarga de barro desde la tolva. Una vez completado el moldeo, se requiere, en el contexto más desfavorable, aproximadamente un minuto adicional entre el desplazamiento de la máquina a su nueva posición y el reinicio de una nueva tanda de moldeo. Una carga completa de la tolva puede rendir dos tandas de moldeo. Cuando la recarga es necesaria, se requiere duplicar el tiempo del proceso mencionado a dos minutos. El tiempo total para ejecutar los dos moldeos sería de cuatro minutos. De este modo, para el moldeo de los adobes ser requieren 24 minutos para un paño y 360 minutos (6 horas) para el total de 15 paños (de la primera etapa de construcción de la plataforma).

Si se consideran 6 h como una jornada aceptable para un trabajo de este tipo, la ampliación de la plataforma en la segunda etapa incrementa un día de trabajo más para el moldeo de los adobes y lleva la producción a 2.160 adobes en 12 h de trabajo.

Finalmente, en la tercera etapa, con la superficie completa de la plataforma diseñada y contabilizando un total de 50 paños, la estimación de producción elevaría la producción simultánea a 3.600 adobes en 20 h de trabajo. En este caso, incrementando el tiempo de trabajo diario a 7 horas, esta producción podría resolverse en 3 jornadas laborales o bien en 5 días de trabajo de 4 h cada uno.

Resumiendo, según etapas de construcción de la planta de producción:

1. Primera etapa 15 paños: 1.080 adobes en 6 h de trabajo
2. Segunda etapa 30 paños: 2.160 adobes en 12 h de trabajo
3. Tercera etapa 50 paños: 3.600 adobes en 20 h de trabajo

En el caso de los adobes de 40 cm, el diseño de la matriz puede contener 5 adobes por moldeo. En este caso, en un paño de 4 x 4 m de la plataforma pueden entrar 8 tandas de

moldeos en el sentido de desplazamiento de la máquina y dos tandas de moldeos en el sentido paralelo (figura 6 en azul). Aquí, por paño entrarían 80 adobes con un tiempo de producción de 32 minutos.

Repitiendo el procedimiento de cálculo ya indicado se obtienen los siguientes valores de producción de adobes:

4. Primera etapa 15 paños: 1.200 adobes en 8 h de trabajo
5. Segunda etapa 30 paños: 2.400 adobes en 16 h de trabajo
6. Tercera etapa 50 paños: 4.000 adobes en 27 h de trabajo

En este último caso, por el volumen de barro necesario para la producción, se requeriría incrementar 2 pozos más de 6 m³ para lograr abastecer la cantidad de material necesario.

Estas estimaciones servirán como referencia durante la puesta a punto de la planta de producción y en la fase de capacitación de los operarios. El objetivo es que los operarios adquieran las habilidades necesarias no solo para manejar la maquinaria, sino también para gestionar la planta de producción en su totalidad. Estas estimaciones son esenciales en esta etapa de diseño para validar posteriormente el diseño y el funcionamiento de la planta.

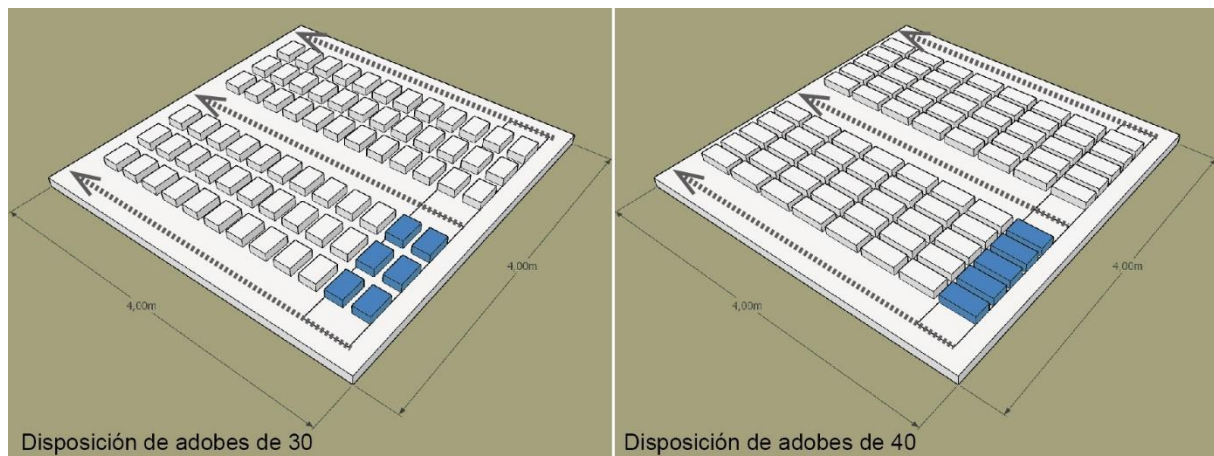


Figura 6. Distribución de adobes por plataforma según desplazamiento de la máquina. Las flechas indican el sentido de desplazamiento de la máquina. En azul cantidad de adobes por tanda de moldeo

5 CONSIDERACIONES FINALES

Si se compara la producción máxima alcanzada en la planta de producción artesanal, gestionada por los miembros de la cooperativa, con la propuesta de mecanizar el moldeo, es posible prever algunas mejoras en la productividad en determinados contextos. Si bien a partir de las primeras estimaciones durante la primera etapa, no se logra mejorar la productividad ni de los adobes de 30 cm ni de los adobes de 40 cm, ya que incluso con un segundo moldeo antes de finalizar la primera semana, la producción queda por debajo de los 3.000 adobes que se producían de manera totalmente artesanal. Además, tampoco se mejora el tiempo de producción, el cual se incrementa levemente. En todos los casos si se consigue disminuir parte del esfuerzo físico requerido en la producción, uno de los objetivos de los cooperativistas.

La mejora en la productividad podría considerarse recién en la tercera etapa, cuando esté habilitada la superficie total de la plataforma proyectada. En ambos casos, la cantidad de adobes producidos por semana sería mayor con el empleo de la máquina ladrillera en comparación con el proceso artesanal.

Se observan dos mejoras significativas en las condiciones de trabajo con la mecanización y el reemplazo de al menos dos eslabones en la cadena productiva. Por un lado, se elimina el esfuerzo físico asociado al moldeo de los adobes, una de las tareas más pesadas del trabajo del adobero. Por otro lado, se elimina la tarea de limpiar los bordes de los adobes, necesaria

cuando estos se moldean directamente sobre el suelo natural, con la consecuente reducción en el tiempo de pos moldeo.

El análisis plantea varias cuestiones a considerar para etapas futuras: ¿cómo mejorar la productividad bajo este esquema de trabajo? ¿Qué otras partes del proceso pueden mecanizarse para seguir reduciendo el esfuerzo físico de los trabajadores? En el primer caso, modificar la matriz de adobes para incrementar la cantidad de unidades obtenidas por cada moldeo podría ser un camino inmediato, así como reducir el tiempo de carga de la tolva o aumentar su volumen para que rinda tres moldeados en lugar de dos. Estas acciones están directamente relacionadas con el diseño de la máquina ladrillera. En el segundo caso, evaluar maquinarias que puedan reemplazar el esfuerzo físico en la elaboración del barro es una posibilidad a considerar.

Finalmente, y como ya se indicó, las estimaciones de producción con la máquina ladrillera son valores estimados dado que, al momento de la presentación de este trabajo, la plataforma de la planta de producción aún se encontraba en construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dorado, P. (2023). La producción de Arquitectura de Tierra en los Valles Tucumanos. Aproximaciones a la determinación de un cluster productivo emergente. Tesis Doctoral. Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.

Dorado, P. (2024). Modelos de producción y dinámicas contemporáneas de la arquitectura residencial rural. Su análisis desde la construcción con tierra en los valles tucumanos, Argentina. Cuaderno urbano: espacio, cultura y sociedad, 37(37), 33-56.

Houben, H.; Guillaud, H. (1994). Earth construction – a comprehensive guide. London, UK: ITDG Publishing.

Latina, S. M. (2003). Arquitectura de tierra en el siglo XXI. Tafí del Valle, Tucumán, Argentina. Actas Del II Seminario Iberoamericano de Construcción Con Tierra [Recurso Electrónico]: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 243–250.

Lopes Ferreira, T. (2023). Sobre la producción de adobe a escala. En: Ferreiro, A., Salcedo, Z. y Neves, C. (Edit.). Memorias del Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra N° 21. Bogotá/Tibasosa, Colombia: PROTERRA/Universidad Nacional de Colombia/Escuela Taller de Boyacá, 997.

Otegui, F., Dorado, P., y Rolón, G. (2022). El tumbadillo en Amaicha del Valle. Aproximaciones a las dimensiones de análisis de una práctica constructiva. Estudios Atacameños, 68, e5149.

Rotondaro, R. (2016). La influencia de la innovación tecnológica en las tradiciones constructivas y proyectuales. El caso de la arquitectura de tierra contemporánea del Noroeste Argentino. Tesis Doctoral. Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.

Sosa, M. (2002). La arquitectura popular de los Valles Calchaquíes en Tucumán. 1º Seminario-Exposición La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat. GTT (Grupo Tierra Tucumán) Tucumán.

Sosa, M. (2004). Las construcciones con tierra en el Valle Calchaquí-Tucumán. ¿Una prospectiva constructiva? Memorias 3º Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra: “La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat.”, 185-191.

Sosa, M. E.; Latina, S. M. (2015). Tecnología de tierra y expresión arquitectónica. Poblados de Tucumán, Argentina. Tierra, Sociedad, Comunidad: 15º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción Con Tierra, 581–590.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se está llevando a cabo gracias a instituciones como el CONICET y al ex Ministerio de Ciencia, Desarrollo e Innovación de la Nación que apuntalan el trabajo en territorio en procesos de vinculación tecnológica con la sociedad civil.

AUTORES

Guillermo Rolón, doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología, master en restauración y gestión integral del patrimonio construido, arquitecto, investigador adjunto del CONICET e investigador adscrito del CRIATiC; Integrante del programa de extensión universitaria Mejoramiento del hábitat participativo (MHaPa), miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la red argentina PROTIERRA.

María Fernanda Chaile, comunera de la Comunidad indígena de Amaicha del Valle, presidenta y trabajadora en la Cooperativa Nuevo Origen Obrero Ltda.

Florencio Serrano es ingeniero civil por la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán. Cursó una especialización en hidráulica de ríos por la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Actualmente es técnico responsable por el CONICET del Laboratorio de Suelos del Instituto de Investigaciones Territoriales y Tecnológicas para la Producción del Hábitat. Integrante del programa de extensión universitaria Mejoramiento del Hábitat participativo (MHaPa).

Fernando Ezequiel Nicolasa, comunero de la comunidad indígena de Amaicha del Valle y trabajador en la Cooperativa Nuevo Origen Obrero Ltda.

Pablo Dorado es arquitecto (2015) y doctor en arquitectura por la Universidad Nacional de Tucumán (2023). Diplomado en diseño estratégico de tecnologías para el desarrollo Inklusivo sustentable en la Universidad Nacional de Quilmes (2019). Actualmente es becario postdoctoral del CONICET en el Instituto de Investigaciones Territoriales y Tecnológicas para la Producción del Hábitat. Aborda temas de la producción contemporánea de arquitectura de tierra en los valles tucumanos, Argentina. Además, es miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Carmen Susana Quinteros, comunera de la comunidad indígena de Amaicha del Valle y trabajadora en la Cooperativa Nuevo Origen Obrero Ltda.

Paula Anahí Jerez Lazo, arquitecta recibida en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Actualmente se encuentra cursando el doctorado en arquitectura de la misma Universidad con el apoyo de una beca doctoral CONICET (2019-2025) con lugar de trabajo en el INTEPH. Integrante del programa de extensión universitaria Mejoramiento del Hábitat participativo (MHaPa).

Gastón Antonio Nicolasa, comunero de la comunidad indígena de Amaicha del Valle y trabajador en la Cooperativa Nuevo Origen Obrero Ltda.

Gonzalo García Villar, arquitecto y doctor por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Becario doctoral del CONICET con lugar de trabajo en CRIATiC. Diseñador y director de obras de arquitectura en tierra y bioclimáticas. Docente de tecnologías constructivas en tierra. Miembro de la red Iberoamericana PROTERRA y de la red argentina PROTIERRA.

Ramón Gerardo Quinteros, comunero de la comunidad indígena de Amaicha del Valle y trabajador en la Cooperativa Nuevo Origen Obrero Ltda.

Paula Boldrini es arquitecta, magister en Psicología Social y doctora en Ciencias Sociales con orientación en geografía por la Universidad Nacional de Tucumán. Es profesora adjunta de la cátedra de Ordenamiento Territorial y Urbanismo y Gestión Ambiental (carreras de Agrimensura y Geofísica y Geodesia) de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán. Investiga procesos de mejora del hábitat que involucra metodologías de participación en procesos de vinculación tecnológica.