



CORREDORES BIOLÓGICOS URBANOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA KANATA:  
ESTRATEGÍAS PARA LA RÉPLICA Y ESCALAMIENTO EN EL MARCO DE LA  
GOBERNANZA AMBIENTAL

# BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADOS CON CAL

UN PROCESO DE INVESTIGACIÓN ACCIÓN ARTICULADO Y COLABORATIVO SOBRE UN  
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICO Y LOCAL Y LA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA



**MEMORIA**

## **MEMORIA “BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADOS CON CAL: UN PROCESO DE INVESTIGACIÓN ACCIÓN ARTICULADO Y COLABORATIVO SOBRE UN MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICO Y LA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA”**

**Autores:** Irma Quiróz Quinteros, FAYCH - UMSS

email: irmaquirozbo@gmail.com

M.Sc. Arq. Alain C. Vimercati, Fundación Pro-Hábitat

email: vimercati.alain@gmail.com

**Fotografías:** Fundación Pro-Hábitat

**Imágenes:** Jérémie Guyot, Daniel Maaroufi, Alain Vimercati

**Diseño y composición:** ADMIRA

**Impresión:** Imprenta Zurich

Calle Santivañez N°261, Cochabamba

**Telf.:** 7144853

### **FUNDACIÓN PRO-HÁBITAT**

**Gerente general:** Lic. Antonia Terrazas

**Dirección:** C. Hamiraya #511 esq. México

Cochabamba, Bolivia

**e-mail:** fundacionprohabitat1992@gmail.com

www.prohabitatbolivia.org

facebook.com/fundacionprohabitat

**Telf.:** +591 4 452 48 59

### **VISIÓN**

La Fundación Pro Hábitat se destaca entre las organizaciones más reconocidas y competentes por sus contribuciones a los procesos de mejoramiento sostenible del hábitat de las familias bolivianas, respetando, valorando y promoviendo la diversidad cultural y pluriétnica del Estado Plurinacional de Bolivia, potenciando el protagonismo de las organizaciones sociales para que las políticas públicas del sector respondan a las necesidades de la población.

### **MISIÓN**

Fortalecer la participación ciudadana de manera incluyente, solidaria, transparente y equitativa a través de tecnologías apropiadas y estrategias adecuadas e innovadoras, desarrollando las capacidades de familias y organizaciones sociales para que incidan, participen y sean protagonistas en el diseño, gestión, ejecución y control de procesos de mejoramiento del hábitat y soluciones.

EL PROYECTO BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADOS CON CAL SE DESARROLLA EN EL MARCO DEL PROYECTO DE DIÁLOGO Y APOYO COLABORATIVO (DAC) DE LA COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA EMBAJADA DE SUIZA EN BOLIVIA, IMPLEMENTADO POR SOLIDAR SUIZA. LAS ACCIONES Y CONOCIMIENTOS GENERADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO SE CONSTITUYEN EN UN BIEN DE DOMINIO PÚBLICO, DE ACCESO LIBRE, GRATUITO Y QUEDA TOTALMENTE PROHIBIDA SU COMERCIALIZACIÓN. EL CONTENIDO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE SUS AUTORES.

# I. Introducción

El sector de la construcción está creciendo aceleradamente, convirtiéndose en una de las principales fuentes de contaminación no solamente en Bolivia, sino a nivel global. Frente a la emergencia del cambio climático y del calentamiento global, es urgente que también en este sector se empiece a tomar medidas que permitan contribuir a reducir el impacto ambiental con materiales ecológicos, locales y asequibles que, al mismo tiempo, mejoren el confort habitacional para apuntar a espacios de vida y comunidades más sostenibles e inclusivas.

La tierra, uno de los materiales naturales más antiguos en el campo de la construcción, representa

una posible alternativa en este sentido. A pesar de ser un material ecológico y local con probadas calidades térmicas y acústicas, en las últimas décadas, sobre todo en las áreas urbanas, ha sufrido un cierto descrédito por cuestiones culturales y hasta clasistas, al ser asociada con el campo y el área rural. Sin embargo, su recuperación y revalorización permitiría brindar una alternativa totalmente válida tanto desde el punto de vista constructivo como también habitacional. Es justamente frente a estas inquietudes comunes que surgió la idea de realizar un proceso de investigación acción en torno a los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) estabilizados con cal.



# II.

## Datos generales

### **FINANCIADORES**

Proyecto Diálogo y Apoyo Colaborativo (DAC) de la Cooperación al Desarrollo de la Embajada de Suiza en Bolivia - Solidar Suiza con contraparte de Misereor.

### **EJECUCIÓN**

Enero 2022 - marzo 2023

### **ACTORES CLAVES**

#### **Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat (FAyCH UMSS)**

Arq. Fabián Farfán Espinoza (Decano Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat - UMSS), Arq. Jorge Arze (Jefe de Área Tecnológica), Irma Quiróz Quinteros (Coordinadora investigadora proyecto).

#### **Instituto de Investigaciones de Arquitectura y Ciencias del Hábitat (IIACH UMSS)**

##### **Laboratorio de Control de Calidad de Materiales (LCCM)**

Arq. Andrés Loza (Director IIACH), Ricardo Nina Vásquez (Investigador técnico laborista), Ing. Abel Chacón (Coordinador de LCCM).

##### **Equipo de apoyo estudiantes, auxiliares y graduados (FAyCH UMSS)**

Arq. Agustina Silvestre Cruz, Arq. Romanely Apaza Apaza.

##### **Fundación Pro-Hábitat (FPH)**

Verónica Aruquipa, Muriel Brünker, Daira Colque, Mariana Ferrería, Jérémie Guyot, Dana Jiménez, Daniel Maaroufi, Lindsay Meneces, Luca Tarallo, Roxana Triveño, Alain Vimercati (Coordinador proyectista), Daniel Weber.

##### **Contratista**

Raúl Vázquez Rodríguez (Maestro de obra), Erick Heredia y Ariel Mancilla (Albañiles).

##### **Dueños vivienda**

Fam. Colque Mamani, OTB Tacopoca Alta, municipio de Sacaba, Departamento de Cochabamba, Bolivia.

##### **Fabricante cinva-ram**

Wilfredo Mamani, El Alto, Departamento de La Paz, Bolivia.



*Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión*

### III.

## Los inicios

La investigación sobre los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) estabilizados con cal se realizó mediante un proceso colaborativo y sistemático en alianza entre la Fundación Pro-Hábitat y la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat de la Universidad Mayor de San Simón (FAyCH UMSS) y en articulación con el Laboratorio de Control de Calidad de Materiales (LCCM) del Instituto de Investigaciones de Arquitectura y Ciencias del Hábitat (IIACH UMSS).

La investigación surgió por inquietudes compartidas entre ambas instituciones por un lado sobre el impacto ambiental generado por los materiales de construcción y, por el otro, sobre cómo integrar medidas bioclimáticas y saludables en el campo de la vivienda popular bajo parámetros de asequibilidad, racionalidad constructiva y uso de materiales ecológicos y locales.

Los BTC han sido el elemento central de la investigación, como un aporte a la mitigación del cambio climático al ser un material ecológico y local, por su contribución en la absorción del CO<sub>2</sub>, al confort térmico y acústico de la vivienda y a la economía circular.

La investigación se desarrolló en cinco etapas: i.) diseño arquitectónico del proyecto de vivienda bioclimática experimental; ii.) estudio de las características del suelo y de la tierra; iii.) ensayos en laboratorio sobre la dosificación para la fabricación de BTC; iv.) producción de los BTC y v.) ejecución del proyecto de vivienda.

Este proceso se pudo realizar gracias a recursos del proyecto de Diálogo y Apoyo Colaborativo de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada de Suiza en Bolivia en alianza con Solidar Suiza y de MISEREOR.





*Ensayos preliminares sobre la tierra in situ*

# IV.

## Los ensayos en laboratorio

Al final del año 2021 se empezaron a realizar los primeros ensayos empíricos con la tierra presente en el terreno de la familia Mamani, donde se estaba planteando implementar el proyecto de vivienda bioclimática experimental con el uso de BTC. A partir de los resultados preliminares, a inicios del año 2022 se realizó la planificación y organización del proceso de investigación.

En el mes de mayo se iniciaron los ensayos en el Laboratorio del Control de Calidad de Materiales de la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat (FAyCH UMSS). Primero se procedió al tamizado de la tierra del predio y se realizaron estudios para determinar sus características físicas como p.ej. la distribución granulométrica y composición. Los resultados permitieron determinar que esta tierra contenía demasiado limo y que se tenía que equilibrar con tierra arcillosa para obtener un mejor comportamiento físico mecánico.

Sucesivamente, se realizaron varios ensayos de dosificaciones con la tierra del predio, tierra arcillosa, cal (tanto hidratada como viva) y agua. Estas dosificaciones se comprimieron en probetas de bloques de 5 x 5 x 5 cm que se sometieron a un secado lento de 14 días. En algunos casos se integraron aditivos como microorganismos y goma de penca de tuna que, sin embargo, necesitarían de estudios adicionales para determinar beneficios eventuales.

Después del periodo de secado se determinaron algunas características físicas de las probetas (peso y densidad) y, luego, se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión, los cuales permitieron determinar las dosificaciones que presentaban las mejores resistencias.

Toda esta experiencia en el laboratorio permitió respaldar científicamente los resultados obtenidos en vista de la producción de los BTC.





Ensayos de dosificaciones

## V.

# La producción de BTC

La producción de los BTC estabilizados con cal empezó en el mes de septiembre de 2022 y se realizó en el tinglado de la sede de la OTB Tacopoca Alta de Sacaba, que se encuentra justo a lado del predio del proyecto de vivienda y que la comunidad puso a disposición. La familia Mamani llevó la tierra del predio y consiguió la tierra arcillosa necesaria para empezar el proceso de producción de los bloques. Para la producción de los bloques se consiguió un Cinva-Ram, una prensa manual especialmente fabricada para comprimir los BTC. Una vez que todo el material estuvo listo se pasó al proceso de producción de los bloques bajo la supervisión de la Arq. Irma Quiróz y del Tec. Sup. Raúl Vásquez y sus ayudantes y gracias al precioso apoyo de las/os estudiantes de arquitectura de la asignatura Teoría y Análisis del Diseño Arquitectónico G2, auxiliares de laboratorio,

graduados arquitectos y practicantes voluntarias/os nacionales y extranjeros de la FPH.

En el marco de la investigación se desarrollaron dos seminarios técnico prácticos sobre la fabricación de los BTC con estudiantes de la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat, para introducir y sensibilizar sobre el uso de este material de construcción ecológico y local a través de la metodología del “aprender haciendo”. Se realizó también un workshop para el público en general para realizar un intercambio y transferencia de saberes sobre este material y contribuir a difundir y promover su uso. En el caso del workshop se lograron generar algunos recursos económicos que se destinaron para apoyar la compra de cal destinada a la producción de los BTC, como un aporte al gran esfuerzo cumplido por la familia Mamani para concretizar su proyecto de vivienda.





Ensayos de levantamiento de muro con BTC

# VI.

## El proyecto piloto

La familia Mamani, compuesta de dos adultos y tres jóvenes, vivía en dos habitaciones precarias en la parte delantera de su predio. Estas condiciones de hacinamiento los llevaron a solicitar apoyo a la Fundación Pro-Hábitat (FPH) para realizar el diseño de una nueva vivienda en la parte posterior de su predio, donde se encontraba el jardín. El Arq. Alain Vimercati y varios practicantes de la FPH trabajaron de manera conjunta con la familia para elaborar una propuesta que responda a sus necesidades socio-habitacionales y, al mismo tiempo, se base en el diseño bioclimático y el uso de BTC como material ecológico y envolvente térmica. Se planteó una forma compacta de dos pisos (planta baja y alta) adosada a la pared perimetral y a un nuevo cuarto recién construido, para minimizar el coeficiente de uso de suelo, optimizar los costos de construcción y preservar los árboles existentes en el jardín. Se realizaron simulaciones de la radiación solar para

garantizar el confort térmico todo el año: el bloque se orienta principalmente hacia el noroeste para beneficiarse de la radiación solar en el periodo invernal y, a través de un balcón continuo, evitar la radiación directa en el verano. Esta disposición espacial, además, está pensada para generar una fuerte relación entre el espacio exterior del jardín y los espacios interiores. Se introduce la perspectiva de género y generacional en la disposición espacial interior, con una planta baja compuesta de espacios comunes flexibles e interrelacionados, una amplia cocina habitable y un dormitorio para los adultos.

La ejecución de la obra estuvo a cargo del Tec. Sup. Raúl Vásquez y sus ayudantes, quienes contribuyeron de manera significativa al proceso de investigación acción respecto a la producción de los BTC y al desarrollo de soluciones constructivas para su uso como envolvente.



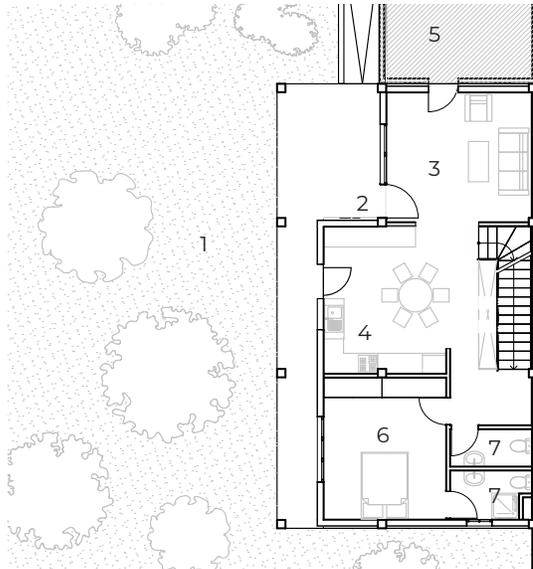


Vista externa

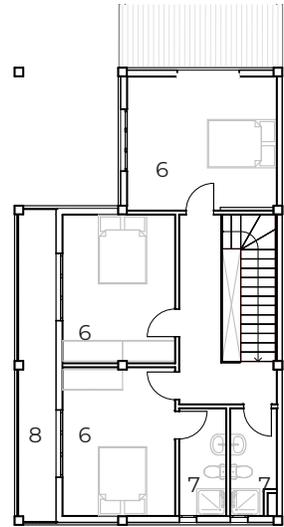
Plantas, esc. 1:200



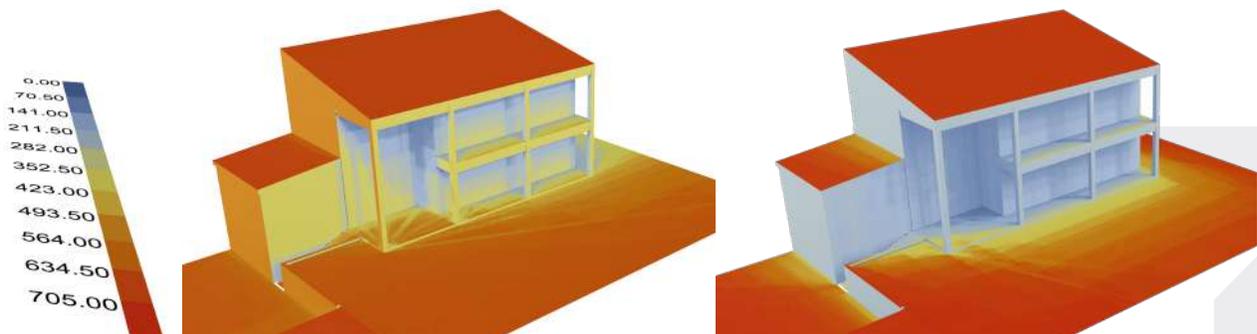
- 1. Jardín
- 2. Entrada
- 3. Living
- 4. Cocina
- 5. Estudio (existente)
- 6. Dormitorio
- 7. Baño
- 8. Balcón



Planta baja



Planta alta



Análisis de la irradiación solar sobre la vivienda en invierno (izquierda) y verano (derecha)





*Obra gruesa del proyecto piloto de vivienda bioclimática con paredes de BTC*

## VII.

# Réplica y escalabilidad

El campo de la construcción en Bolivia se enfoca principalmente en el uso de materiales de construcción convencionales y de bajo costo que, sin embargo, no brindan beneficios a nivel social y ambiental. La investigación sobre los BTC permitió realizar un primer paso hacia el desarrollo de un material alternativo que pueda contribuir a la absorción del CO<sub>2</sub> durante el proceso de carbonatación de la cal y a la reducción del impacto ambiental en el sector de la construcción y a mejorar el bienestar de los habitantes y usuarios.

Un gran desafío que surge a partir de esta investigación consiste en optimizar la cadena de producción para reducir su costo en vista de facilitar y ampliar su uso en el campo de la vivienda popular y de interés social. Desde el punto de vista de la investigación científica es necesario seguir profundizando el estudio de sus características

físicas y mecánicas, p.ej. en cuanto a sus propiedades térmicas, acústicas e hidrófugas, así como por su impacto ambiental, considerando que los procesos de calcinación pueden ser altamente contaminantes.

Asimismo, es necesario seguir reflexionando sobre la producción contemporánea de la vivienda en relación con el déficit socio-habitacional presente y a la elaboración de propuestas que respondan a la complejidad y variedad de las necesidades que se tienen tanto a nivel colectivo como individual.

Esta investigación genera más preguntas que respuestas, sin embargo sus resultados e impactos muestran la potencialidad del trabajo interinstitucional, colaborativo y articulado entre actores académicos, sociales y ONGs, para desarrollar posibles alternativas y caminos para resolver problemas concretos y reales en el campo de la problemática socio-habitacional y ambiental.





*Workshop bioconstrucción*

# CORREDORES BIOLÓGICOS URBANOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA KANATA: ESTRATEGIAS PARA LA RÉPLICA Y ESCALAMIENTO EN EL MARCO DE LA GOBERNANZA AMBIENTAL



## ALIADOS DEL PROYECTO



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

