

ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN TIERRA PARA LOS PISOS ECOLÓGICOS DE TARIJA

BALDIVIESO ALARCÓN GIOVANNA¹

I: Investigador Junior; Carrera de Arquitectura y Urbanismo – Facultad de Ciencias y Tecnología –Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” - Tarija – Bolivia

Correo electrónico: giovini.baldi@gmail.com

RESUMEN

La necesidad de utilizar los recursos que nuestra propia zona nos brinda con abundancia impulsa la investigación sobre técnicas que utilicen materiales tradicionales de la zona, es el caso de la tierra o arcilla, siendo motivo de estudio su comportamiento, medio de utilización, alcances y posibilidades en cuanto a diseño Arquitectónico nos permite.

Entonces como arquitectos urbanistas nos concierne estar al tanto sobre las técnicas constructivas, además de las posibilidades morfológicas que nos permite la tierra, un material que emplea diferentes técnicas desde varios años atrás; para buscar la manera de re insertarla y convertirla en referente para el diseño arquitectónico actual y futuro en un camino sostenible.

El proyecto consiste en el estudio de la Tierra, sus potencialidades en cuanto a técnica y diseño formal, los beneficios y dificultades de la misma a través de la demostración de las técnicas en tierra, por medio de pruebas tangibles a escala real en los laboratorios de la Carrera de Arquitectura y Urbanismo, además de la demostración a pequeña escala.

Con los resultados que se logren obtener, se pretende que en base al análisis de sus beneficios y demás particularidades de este material, postular puntos y plantear la Tierra como una alternativa

para la resolución para el diseño formal, accesible y ambientalmente amigable de una vivienda aplicable en cualquier piso ecológico de Tarija.

PALABRAS CLAVE

Tierra, Técnica, Diseño Arquitectónico, Pisos ecológicos.

ABSTRACT

The need to use the resources that our own area provides us in abundance promotes research on techniques that use traditional materials such land, being a subject of study behavior, means of utilization, scope and possibilities In terms of architectural design allows us.

As city planning architects, we are concerned about the construction techniques, besides the morphological possibilities that the land allows us, a material that uses different techniques from many years ago; to find a way to re insert it and make it a reference for current and future architectural design in a sustainable way.

The project consists of the study of the land, its potentialities in terms of technique and formal design, its benefits and difficulties through the demonstration of some techniques, through tangible, real-time tests in the laboratories of The Career of Architecture and Urbanism and the demonstration on a small scale.

With the results obtained and the benefits and

other particularities of this material, postulate points and pose the land as an alternative to the resolution for the formal, accessible and environmentally friendly design of an applicable dwelling in any ecological floor of Tarija.

KEYWORDS

Land, Technique, Architectural Design, Ecological Floors

INTRODUCCIÓN

Tarija es una región como muy pocas en el mundo, donde podemos encontrar en el departamento los tres pisos ecológicos separados a pocas horas uno de otro, cada piso ecológico con diferentes micro climas y condiciones de vida diferentes.

Desde la Capital de Tarija situada en el piso ecológico denominado Valle, en dirección al norte podemos encontrarnos al promediar dos horas de recorrido en la zona alta de la ciudad, donde las condiciones climáticas cambian radicalmente, tornándose en un ambiente más frío y montañoso, en dirección al Sur partiendo de la misma Capital, alrededor de una hora y media de viaje nos encontramos con el trópico tarijeño, donde el clima es más cálido, en ambos casos se nota de manera clara el cambio en cuanto al paisaje natural se refiere y las condiciones climatológicas.

Cada zona dentro del departamento al contar con las diferentes condiciones tanto de clima como de características demográficas, proporcionan ciertos elementos y o recursos que se generan con abundancia. Es el caso de la tierra, que abunda en las diferentes zonas del departamento a pesar de las diferencias que existen entre las zonas, siendo aplicada de varias maneras y en diferentes porcentajes; son varios los casos en los que se aplica este recurso para la construcción de las

viviendas, además de la incorporación de otros materiales autóctonos de cada zona ecológica.

Pese a la existencia de estos materiales de fácil acceso para la construcción de viviendas, la percepción que existe en cuanto al hecho concreto de utilizar la tierra para la construcción habitacional es bastante negativa; pues en nuestro departamento la tecnología empleada en construcciones con tierra es demasiado elemental, la morfología es básica, no se va más allá de lo tradicional, muros de grosor considerable hechos de bloques de adobe y de tierra pisada, plantas cuadradas, cubiertas de teja y o paja, lo máximo dos plantas de construcción.

La percepción psicológica que se genera al plantear propuestas con tierra, es que estas construcciones son antihigiénicas, insalubres, que traen consigo muchas plagas y enfermedades, además de que las mismas son vistas como viviendas para los pobres, la tierra como material para los más desfavorecidos, siendo que en otras partes del mundo las construcciones con tierra son para los ricos.

El hecho de que este material sea menospreciado en el ámbito de la construcción, hace que la población en general tenga el ideal de un falso modo de vida, es decir que lograr la satisfacción que un hogar pueda brindar, sea por medio de los materiales con los que está hecho, tener el pensamiento que una vivienda hecha de ladrillo, teja o calamina, proporciona una mejor calidad de vida, que con las mismas se puede lograr belleza y tener cierto estatus social, ya sea el caso del hormigón, placas de yeso u otros materiales que en estas últimas décadas han reemplazado a la tierra.

Se tiene la idea que las posibilidades formales de una obra arquitectónica habitacional con tierra

son casi nulas y no permiten mayor riqueza, caso contrario son los nuevos materiales que si lo permiten.

La arquitectura de una vivienda puede ser infinita, e inclinarse hacia varios estilos, dependiendo de las necesidades del usuario, la comodidad, confort, función y belleza forman parte incondicional de todo diseño habitacional.

Esta investigación propone mostrar los alcances de la tierra en cuento a su intervención arquitectónica para la construcción de un hecho habitacional, su utilización como material primordial, reinsertándola como parte de propuestas formales. Planteando alternativas de intervención con tierra aplicables en los tres pisos ecológicos del departamento de Tarija, dando sugerencias para vivienda, con un enfoque medio ambiental y entrópico, con las diferentes técnicas posibles, adecuándose a las condiciones de clima y condiciones físico - naturales de cada sector incorporando materiales tradicionales que varían dependiendo el sector.

Se estudian las tecnologías autóctonas y el conocimiento popular en los modos de producir arquitectura en tierra en cada una de las zonas para desarrollar métodos para la aplicación

de la tierra, su incorporación y combinación con materiales típicos de la zona y a la vez con materiales contrastantes.

Se plantea la recuperación de la tecnología ancestral sin pretender en ningún momento un retorno al pasado que implique un retroceso y una negación a los actuales avances de la ciencia y tecnología; es decir poder beneficiarse de las prácticas y conocimiento que se heredaron tecnificándolas y mejorándolas para lograr su aplicación hacia una vivienda de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo principal del proyecto es proponer y realizar diseños arquitectónicos en tierra con innovaciones tecnológicas, apoyadas de ciencia y conocimiento a través de las posibilidades, espaciales, funcionales y formales, aplicables en los diferentes microclimas del departamento de Tarija con la adición de materiales autóctonos que refuercen las propuestas, con el fin de cambiar la percepción de la tierra y reinsertarla como una alternativa que los futuros arquitectos tomen en consideración como base de sus diseños.

Para el desarrollo del presente trabajo se ha planteado la siguiente metodología, que partió del estudio, recopilación de información y análisis.

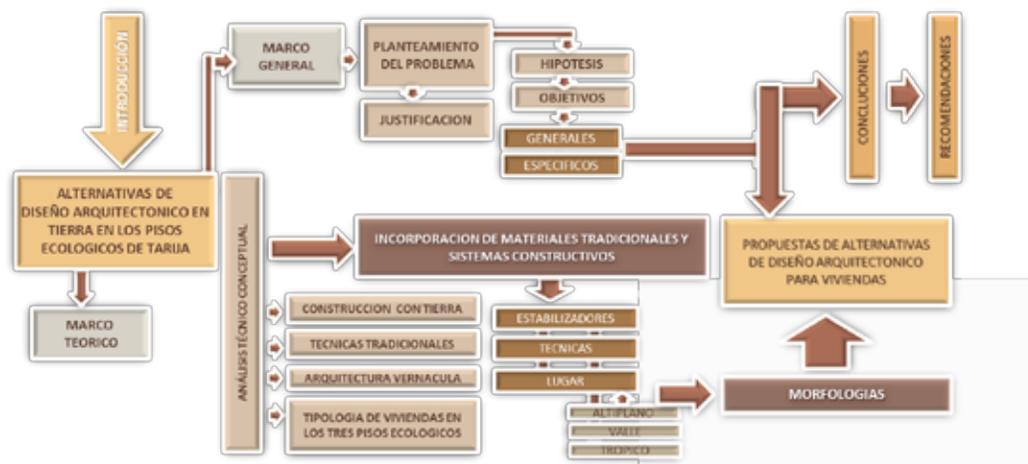


FIGURA I: Metodología empleada

Arquitectura vernácula – construcción sostenible en los pisos ecológicos

La arquitectura vernácula es aquella que se constituye como la tradición regional más auténtica. Nació entre los pueblos autóctonos de cada región, como una respuesta a sus necesidades de hábitat, lo que la hace diferente, es que las soluciones adoptadas son un ejemplo de adaptación al medio; logra fundirse y confundirse con el paisaje donde se asienta, nace de la relación hombre-entorno y refleja de una forma directa, las maneras de habitar. Está en dependencia inmediata al medio, perfectamente adaptadas a él, siendo verdaderos resultando de una transformación, en la que el suelo proporciona la primera materia y el hombre la actividad transformadora.

Arquitectura en Tierra – Características generales del uso de la Tierra

En casi todos los climas la tierra ha sido el material de construcción predominante. Es el material de construcción natural más importante y abundante en la mayoría de las regiones del mundo. Este se obtiene directamente en el sitio cuando se excavan los cimientos. En los países en aumento del impacto ambiental y el incremento de desempleo resurgió la tierra como material esencial de construcción.

No ha sido posible resolver los inmensos requerimientos de hábitat en los países en vías de desarrollo con materiales industrializados; las personas que construyen sus viviendas demandan edificaciones eficientes, económicas que dan mayor valor a la salud y al clima interior balanceado.

La edificación con tierra o barro se ha desarrollado a partir de la transmisión de conocimientos de origen popular que, como todo saber tradicional,

consisten en la manifestación de respuestas lógicas a necesidades locales, así como a las condicionantes y recursos que ofrece el medio natural.

Desarrollo morfológico y tendencias constructivas de la vivienda en Bolivia

Las viviendas en Bolivia tanto en las construidas de manera propia como las otorgadas por planes sociales y el gobierno nacional, están siendo construidas con la incorporación de materiales modernos. La tendencia actual apunta sin duda hacia la modernidad, hacia una arquitectura habitacional que implica que la belleza de las obras está plasmada en el material con el que está edificado.

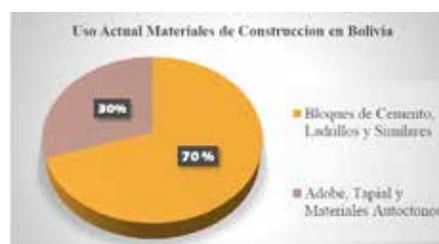


FIGURA 2: Uso actual de materiales de construcción en Bolivia

Bolivia no se ve inerte ante el cambio y desarrollo en el sector de arquitectura, el material de construcción pasó del adobe al ladrillo; de techumbres de paja al mayor uso de calaminas; del piso de tierra a la preferencia por los pisos de cemento, mosaico y el machihembre.

Análisis empleo de tierra y otros materiales de las zonas, en la construcción de viviendas en los tres pisos ecológicos de Tarija

Se procedió al análisis en los pisos ecológicos del departamento de Tarija, enfocándose en tres pisos fundamentalmente en la zona Altiplano, Valle y Trópico, donde en resumen se muestra el cambio en el porcentaje de empleo de materiales tradicionales como la tierra u otros obtenidos dentro de las propias zonas, versus los materiales

industrializados; con la intención de mostrar el cambio de percepción que se tuvo y tiene sobre el empleo de ciertos materiales, técnicas, en un camino directo a la pérdida de conciencia ambiental (refiriéndose al impacto ambiental que produce las construcciones), eficiencia energética y confort térmico.

Hay dos puntos fundamentales a considerar:

1. que las condiciones climáticas de cada piso influyen en el empleo de los materiales y en los porcentajes de empleo de los mismos para lograr sobrellevar los cambios de clima.
2. que la accesibilidad a las diferentes zonas, al referirse al traslado de los materiales de construcción.

FIGURA 3: Tablas comparativas de empleo de materiales modernos y autóctonos en la zona del Altiplano Tarijeño

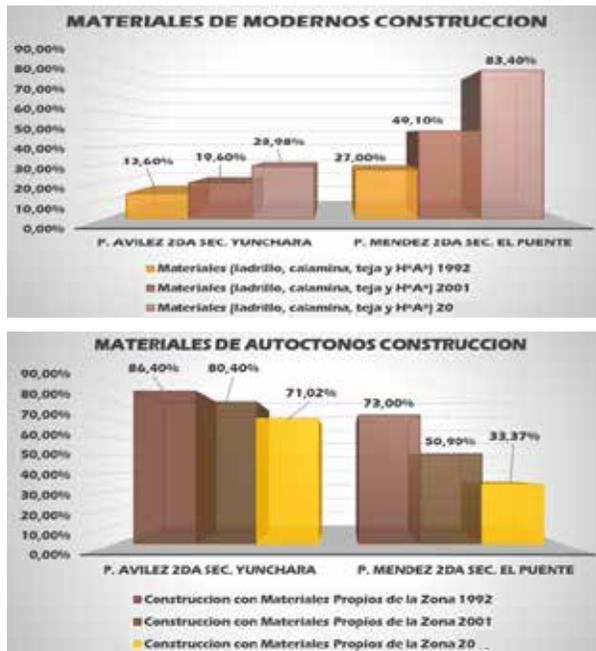


FIGURA 4: Tablas comparativas de empleo de materiales modernos y autóctonos en la zona del Valle Tarijeño

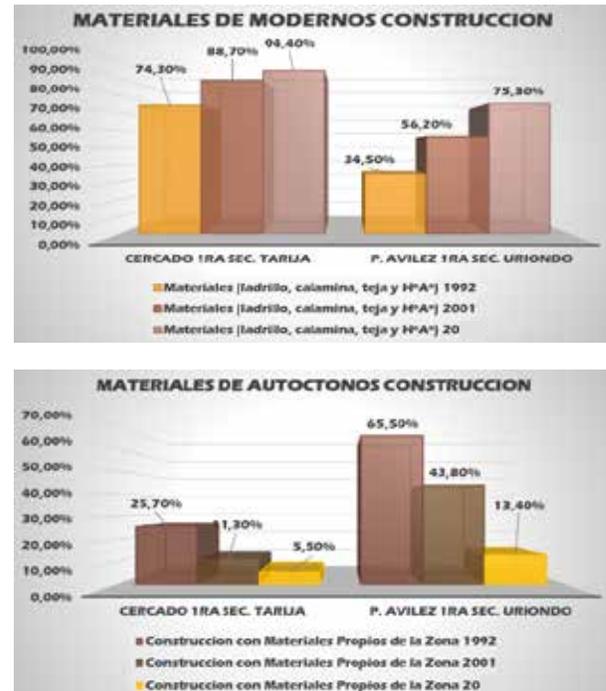


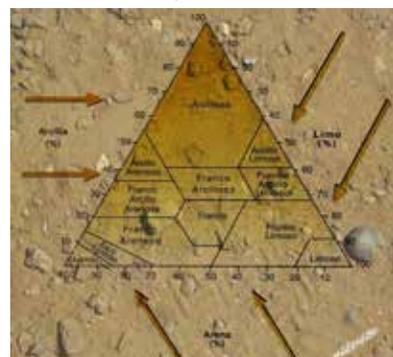
FIGURA 5: Tablas comparativas de empleo de materiales modernos y autóctonos en la zona del Trópico Tarijeño



ESTUDIO TÉCNICO DE LA TIERRA

Para un óptimo desarrollo de la investigación se vio crucial el estudio técnico de la tierra como la materia prima esencial para la generación de un conjunto Arquitectónico.

FIGURA 6: Composición de la Tierra



Partiendo de La tierra y su composición: Siendo la misma conformada por Arcilla, limo y Arena en diferentes porcentajes acorde el tipo de suelo.

La determinación de los tipos de suelo existentes para el posterior empleo de técnicas acorde a la condiciones de suelo por pisos ecológicos.

FIGURA 8: Tipos de Suelo

ARENOSO	ARCILLOSO	LIMOSO
Aspero al tacto	Seco puede formar terrones duros, que no pueden romperse fácilmente	Seco, aparece en terrones suaves
Puede romperse fácilmente	Suave al tacto	Húmedo, se amasa y es muy pegajoso
No es pegajoso al tacto	Húmedo, pegajoso	Suave al tacto, pegajoso
No mancha los dedos	Mancha los dedos	Mancha los dedos

Estudio de Arcilla

La arcilla es una roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C.

TABLA 1: Tipos de Arcilla

color	designación
Gris pizarra	Acumulación de materia orgánica (humus) descompuesta
Amarillo anaranjado	Arcillas ricas en óxido de silicio
Rojo ladrillo	Arcillas ricas en óxido de hierro
Anaranjado	Arcillas ricas en óxido de aluminio y óxido de hierro
Amarillo claro	Arena, pobre en nutrientes
Gris pardo claro	Mezcla de grava y arena
Gris ratón	Mezcla de arena, arcilla y materia orgánica sin descomponer
Terracota	Mezcla de arena, arcilla y materia orgánica descompuestas
Pardo oscuro	Arcilla rica en nutrientes
Verde oscuro	Abundante vegetación y materia orgánica

Su estudio es importante en la investigación para poder determinar el tipo de arcilla que se encuentra en la zona a emplazar y que posibilidades esta nos brinda acorde a su composición en la ejecución de técnicas con Tierra.

Características físico mecánicas

La proporción ideal para la construcción con tierra es un 65 % de arena, 18 % de limos, y un 20 % de arcilla.

Propiedades Generales de la Tierra

Estabilización: Se trata de métodos que a través de siglos de experiencia han permitido la alteración de la respuesta constructiva de la tierra mediante el agregado de componentes adicionales que subsanan su posible vulnerabilidad.

TABLA 2: Componentes utilizados para la Estabilización del barro

ANTES	AHORA
Sangre	Dosificación de arenas
Bosta	Cal
Orín	Betún
Suero de leche	Cemento
	Paja – lana
	Caseína

Los métodos de estabilización de tipo heterogéneo consisten en agregar al suelo componentes ajenos a su condición natural, los cuales le confieren propiedades estables ante la presencia del agua.

Los estabilizantes por consolidación proporcionan ayuda a las arcillas en la acción aglutinante que ejercen sobre las partículas inertes del suelo. Es decir, forman cadenas con los limos y arenas para mantenerlas unidas, con lo que se complementa el trabajo de las arcillas. El mejor estabilizante es la Cal, sirve de liga a las partículas del suelo aumentando su resistencia a la compresión y cortante, además de disminuir sus niveles de absorción hídrica y, por lo tanto, su posible retracción al secado.

Los estabilizantes por fricción sirven para conformar una especie de “red” a la que se adhieren las partículas del suelo y que controla su desplazamiento, dilatación y retracción durante el fraguado. Asimismo, modifican los patrones de agrietamiento derivados de cambios de humedad.

Los estabilizantes por impermeabilización tienen la función de conformar una especie de capa protectora en torno a las partículas de arcilla que regula su contacto con el agua y, por lo tanto, las consecuencias de sus cambios dimensionales.

El agua constituye otro elemento fundamental dentro del proceso constructivo ya que cumple dos funciones sustantivas. En primer lugar, permite el movimiento de las partículas sólidas de la mezcla al transportar a las más pequeñas entre las de mayor tamaño. Y en segundo lugar, activa las propiedades adhesivas de la arcilla.

Preparado del barro

Es importante saber preparar el barro como condición básica para poder aplicar cualquier técnica que involucre el empleo de tierra.

La mezcla adecuada depende del tipo de suelo, de su consistencia y de la aplicación que se le quiera dar.

La prueba de sedimentación es un método fácil para poder determinar el tipo de suelo.

FIGURA 9: Explicación de prueba de sedimentación



Se realiza el experimento de la Bola de barro, para probar la elasticidad de la tierra y su adherencia a través del ensayo de caída.

FIGURA 10: Prueba Bola de Barro



Humedecimiento, trituración y mezcla: Para tener un material trabajable en construcción, no debe tener terrones. La forma más sencilla a emplear para preparar la mezcla adecuadamente es remover el barro humedecido con un azadón o amasando la mezcla con los pies

FIGURA 11: Trituración y amasado de mezcla



Para un trabajo a detalle ya sea en el interior de la vivienda como ornamento empleando arcilla, se procede al tamizado de la tierra, dando como resultado la separación de partículas de tierra, limo y arcilla.

FIGURA 12: Tamizado de Tierra para obtención de Arcilla



Disolver barro: para lograr disolver se debe dejar en remojo por un día para obtener una sustancia moldeable y lista para ser preparada y mezclada con otros aglomerantes.

La mezcla de barro se deja reposar, llamado el proceso de curado para lograr incrementar la cohesión de barro.

Ventajas

- **El barro regula la humedad ambiental:** El barro tiene la capacidad de absorber y de sorber humedad más rápido y en mayor cantidad que los demás materiales de construcción. Por eso regula el clima interior.
- **El barro almacena el calor:** Al igual que otros materiales densos, el barro almacenara calor. En zonas climáticas donde las diferencias de temperaturas son amplias, o donde es necesario almacenar la ganancia térmica por vías pasivas, puede balancear el clima interior.
- **Barro ahorra energía y disminuye la contaminación Ambiental:** El barro prácticamente no produce contaminación ambiental en relación a los otros materiales de uso frecuente, para preparar, transportar y trabajar, solo se necesita el 1% de la energía requerida.
- **El barro es Reutilizable:** El barro crudo se puede volver a utilizar ilimitadamente. Solo se necesita ser triturado y humedecido con agua para ser reutilizado. En comparación con otros materiales no será nunca un escombros que contamine el medio ambiente.
- **El barro economiza materiales de construcción y costos de transporte:** Se encuentra en la mayoría de las obras producto de la excavación de cemento puede ser utilizado para la construcción. Si este no contiene suficiente arcilla, esta será añadida y si contiene mucha arcilla deberá mezclarse con arena lo que significa modificar la

composición del barro. En comparación con otros materiales de construcción se puede disminuir considerablemente los costos.

- **El barro es adecuado para la autoconstrucción:** Las técnicas de construcción con tierra pueden ser ejecutadas por personas no especializadas en construcción. Se pueden ejecutar con herramientas sencillas y económicas, pero al mismo tiempo estas técnicas son más trabajosas en su ejecución.
- **El barro preserva la madera y otros materiales orgánicos:** El barro mantiene seco los elementos de madera y preserva cuando están en directo contacto con él, debido a su bajo equilibrio de humedad y su alta capilaridad. Los insectos y hongos no pueden destruir la madera en esas condiciones ya que los insectos necesitan una mínima humedad.
- **El barro Absorbe contaminantes:** Contribuye a purificar el aire de una ambiente interior. Es una realidad que el barro puede absorber contaminantes disueltos en agua.
- **Mejoramiento del clima interior:** La humedad el aire ejerce una influencia significativa en el bienestar de los habitantes y la tierra tiene la capacidad de balancear la humedad del aire como ningún otro material.

Desventajas

- **El barro no es un Material de construcción estandarizado:** Su composición depende del lugar de donde se extrae puede contener diferentes cantidades y tipos de arcilla, limo, arena y agregados. Resulta necesario saber su composición específica del barro para poder juzgar sus características.

- **El Barro se Contrae al Secarse:** A través de la Evaporación del agua de amasado (necesaria para activar la capacidad aglomerante de la arcilla y para poder ser manipulado) pueden aparecer fisuras.
- **El Barro se Contrae al Secarse:** A través de la Evaporación del agua de amasado (necesaria para activar la capacidad aglomerante de la arcilla y para poder ser manipulado) pueden aparecer fisuras.

TÉCNICAS ALTERNATIVAS EN TIERRA

Se llega a una fase vital para el proyecto de investigación y es el estudio de técnicas alternativas para la construcción empleando la tierra como material predominante.

Se describirá a continuación un resumen de cada técnica que emplea tierra, tanto las técnicas comunes como las nuevas aplicadas en otras partes del mundo.

Aplicaciones clásicas de la tierra en arquitectura

- **Adobes:** Es una pieza para construcción hecha con una masa de barro (arcilla y arena) mezclada a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol; con ellos se construyen paredes y muros de variadas edificaciones. La técnica de elaborarlos y su uso están extendidos por todo el mundo, encontrándose en muchas culturas que nunca tuvieron relación.
- **Tapial:** Se denomina tapia a una antigua técnica consistente en construir muros con tierra arcillosa, compactada a golpes mediante un “pisón”, empleando un encofrado deslizante para contenerla.

Figura 13: Muro de Tapial



- **Bahareque:** Bahareque es el sistema y técnica de construcción de viviendas hechas fundamentalmente con palos entretreídos de cañas y barro, utilizado desde tempranas edades en la construcción de vivienda en pueblos considerados como primitivos. Puede ser combinado con tapias, adobes y bases rasantes y sub-rasantes de ladrillo o piedra, con la finalidad de dar mayor durabilidad a la estructura.
- **Quincha Prefabricada:** La quincha es un sistema constructivo tradicional que consiste fundamentalmente en un entramado de caña o bambú recubierto con barro. A diferencia de la quincha tradicional, la prefabricada emplea paneles modulares consistentes en bastidores de madera rellenos con caña trenzada y recubiertos con barro o algún otro material como yeso o cemento.

FIGURA 14: Muro de Quincha Pre fabricada



Nuevas aplicaciones alternativas de la tierra en arquitectura

Paneles de Barro Apisonado

Al hablar de barro apisonado hablamos de Tapial, y la técnica de elaboración previamente descrita. Con el objetivo de prevenir las fisuras horizontales de retracción en las juntas verticales de las técnicas tradicionales de barro apisonado, se desarrolló una nueva técnica para elaborar paneles de la altura de un piso de hasta 2.40 m mediante en un proceso de compactación continua. Esta técnica evita juntas horizontales, formándose solamente juntas verticales que se sellan después del proceso de retracción. Para la estabilidad lateral las juntas verticales se ejecutan con un sistema machimbrado. No aparecen fisuras de retracción en los paneles debido a sus pequeñas dimensiones.

FIGURA 15: Muros de paneles de Tierra Apisonada



Modelado directo con Barro plástico

El barro como ningún otro material de construcción tiene la característica de convertirse en un material plástico al mezclarse con agua, pudiendo así ser moldeado. Representa por ello un reto de creatividad para los diseñadores y constructores. El moldeado manual de muros con bolsas de barro plástico o pastas plásticas de barro es una técnica tradicional muy extendida en África y Asia y también es conocida en Europa y América. Es la técnica más simple y primitiva ya que ninguna herramienta es requerida (sin

moldes ni procesos intermedios).

FIGURA 16: Muro Modelado de Barro



Manguera de Barro

En esta técnica una manguera de tela elástica de algodón se rellena con una mezcla de barro alivianado con mineral, la manguera puede rellenarse con una bomba o a mano mediante un embudo. Cuando se alcanza la longitud requerida la manguera se corta y los extremos se cierran haciendo un nudo

Estas mangueras rellenas pueden ser fácilmente manipuladas debido al refuerzo que ofrece la tela. Antes de colocarse en el muro deben ser frotadas con la mano para que el barro cubra la tela. Cuando se apilan los elementos de barro se adhieren entre sí. Debido a que estas mangueras pueden ser moldeadas fácilmente sin roturas se puede crear modelos escultóricos muy atractivos. Luego en este estado húmedo la superficie puede ser alisada con una brocha empapada en agua. Se apilan entre columna verticales rotadas a 45° o entre elementos triangulares fijados a las columnas principales del muro.

El barro debe estar en condición de un 70% húmedo para su vaciado en las mangueras de tela a través de un embudo o bomba.

FIGURA 17: Muro de mangueras de Barro con revestimiento de cal.



Panes de Barro

Los panes de barro se colocan en patrones de masonería pero sin mortero. Un hueco cónico se hace con los dedos en las caras exteriores de cada pan con el objetivo de mejorar la adherencia del mortero del revoque que se aplica posteriormente. Se colocan de tres a cinco hiladas por día. Después que se seca el muro se aplican varias capas de revoque de cal.

Se prepara con 50 % de Barro, 25 % arena, 20 % de paja y 5 % cal para endurecer el pan de barro.

FIGURA 18: Muro interior de Panes de Barro



Superadobe

Se basa en introducir tierra estabilizada con cal o cemento, que mejoran las características resistentes del suelo, dentro de sacos que son capaces de resistir tracciones. El superadobe es un caso particular del earthbag, en el cual la colaboración de alambre de espinillo aporta adherencia entre los sacos.

En el relleno se emplea la tierra que se retira del lugar para hacer los cimientos y la que se acumula al allanar la zona de construcción. La cal permite el paso de la humedad ambiental por ende la vivienda “respira” el fenómeno se denomina transpirabilidad. Eso elimina la posibilidad de humedades, además tiene la facultad de no dejar pasar el agua de lluvia. Actualmente se ha desplazado el uso de la cal por el del cemento a pesar que el cemento no transpira y en su fabricación se utiliza mucha energía, en su mezcla se incorporan silicatos de aluminio y acelerantes que son contaminantes.

Figura 19: Cúpula con Superadobe



COB

El Cob es uno de los tantos sistemas constructivos tradicionales de tierra cruda que el hombre ha desarrollado, el COB es secado en el sitio, las paredes se van levantando con la mezcla aún fresca. Piezas de mobiliario, marcos de ventanas y puertas se moldean a mano, virtud ésta que estimula la creatividad y puede conferirle un toque artístico a la edificación. Una vez secada la mezcla, la paja interior queda trabada como una red tridimensional y las paredes se transforman en una pieza monolítica sin los “puntos de quiebre” que significan las juntas existentes entre los bloques de adobe.

Figura 20: Vivienda de COB con de talles modelados



Bloques comprimidos de tierra estabilizada BTC

Los bloques de tierra comprimida son bloques de construcción uniformes y crudos de tierra de arcilla comprimida, adecuada para el uso en muros de carga, en muros normales, en muros que acumulen calor, en muros de calor y en hornos Finnoven.

Figura 21: Bloques Comprimidos de Tierra



Entramados rellenos con barro plástico

FIGURA 22: Muro interior no portante con barro plástico



El barro plástico ha sido utilizado por miles de años para rellenar espacios en las viviendas construidas con rollizos donde los maderos se colocan horizontalmente y empalizadas (donde los rollizos se colocan verticalmente). En las viviendas el barro plástico se lanza en una esfera de ramas, gajos y cañas de bambú y otras.

Estacas enrolladas de barro

Esta técnica consiste en elementos formados por paja y barro, enrollados alrededor de una estaca de madera. Se requiere menos trabajo tiene la ventaja que al endurecer no aparecen fisuras. Se emplean dos sistemas: - Se sumerge la estaca cubierta de paja en el barro sacándola con movimiento giratorio o una estera de paja embebida en barro se enrolla en la estaca.

FIGURA 23: Estacas en rolladas de barro muro interior



Técnicas alternativas en cubiertas

Se vio la necesidad de incorporar tecnologías alternativas para cubiertas que vayan con las premisas planteadas.

Estas tecnologías nacen de la búsqueda de nuevas opciones a los sistemas tradicionales de la construcción. Se intenta lograr respuestas no convencionales a los problemas que se presentan en la construcción; la utilización de un material nuevo, un sistema alternativo de construcción, la utilización no tradicional de un material, entre otros. Las tecnologías alternativas pueden ser utilizadas en los diferentes ámbitos de la construcción, presentando soluciones no tradicionales a cerramientos, cubiertas, pisos, ventanas, tipos de estructuras, etc.

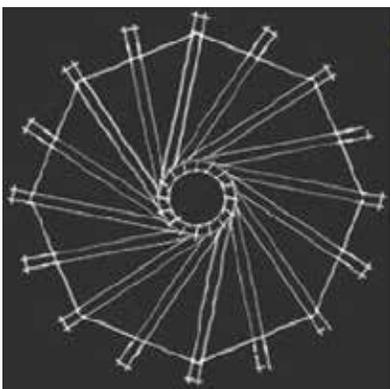
Cubiertas con Estructuras Recíprocas

Una estructura recíproca es un ensamblaje tridimensional de elementos que se apoyan mutuamente. El principio de reciprocidad estructural, es una configuración espacial en la que están mutuamente apoyados entre sí (auto-apoyados) en circuito cerrado.

Las cubiertas de Vigas Recíprocas han sido utilizadas a lo largo de la historia, planteadas como una ingeniosa solución al problema de cubrir una distancia, o más bien una superficie, mediante elementos de dimensiones limitadas.

Debido a su naturaleza formal, la mayoría de las edificaciones construidas con Vigas recíprocas (VR) tienen planta circular y formas regulares. Sin embargo, la infinita variedad de posibilidades geométricas que presenta el sistema constructivo, así como la capacidad de crecimiento del sistema, la hace viable para cubrir todo tipo de formas y plantas. Depende totalmente de la longitud y la disposición de las VR.

FIGURA 24: Sistema de estructuras recíprocas



RESULTADOS

La filosofía de las propuestas arquitectónicas que surgen de la aplicación de las nuevas técnicas; es buscar un equilibrio y armonía con el medio ambiente, que promueva una arquitectura amigable con el planeta bajo una

visión tecnológica donde se pueda demostrar la versatilidad de los sistemas constructivos con tierra para multiplicarlos y transferirlos.

Propuesta arquitectónica en altiplano tarijeño

La propuesta que surge para el piso ecológico del altiplano tarijeño responde a todo el análisis previo recabado durante el proceso de investigación. Para la realización de la misma se toma en cuenta el análisis de los sistemas de cúpulas rescatada de la arquitectura vernácula de antaño.

FIGURA 25: Perspectiva Exterior de Propuesta Zona Altiplano



La descripción técnica de la vivienda

Este proyecto incluye varias técnicas, usando en las cubiertas ‘adobito recostado’, técnica centenaria, con bóvedas auto-portantes construidas con pequeños formatos de bloques de tierra cruda. El cerramiento total de la construcción fue con la técnica de Adobones.

Los sistemas sanitarios emplean humedales artificiales con plantas para el tratamiento natural de las aguas, se usó la cal como cementante y se innovó con los pavimentos filtrantes.

FIGURA 26: Muros interiores



Los muros interiores no portantes, utilizan una técnica con bloques de barro moldeado.

FIGURA 27: Cúpula



Es un sistema de bajo costo, a base de bloques de tierra comprimida (BTC) o adobe, y no requiere de cimbra ni concreto armado se emplea los bloques generalmente de 5 cm x 10 cm x 20.

FIGURA 28: Vista Lateral Vivienda Altiplano



El revestimiento exterior de las bóvedas se realiza con tierra y como material impermeabilizante piedra laja, permitiéndonos lograr un integración con en el lenguaje exterior.

Propuesta arquitectónica en el trópico tarijeño

Objetivo para la fundamentación de generación formal parte de Crear Un diseño que se adecue al contexto, el manejo de geometrías no euclidianas.

Lograr la concepción de la obra, como un proceso vivo, en el que lo sensorial motriz de la materialización se expresa.

FIGURA 29: Perspectiva Exterior de Propuesta Zona Trópico



La propuesta involucra distintas técnicas de construcción natural, adobes, techos vivos y diferenciación de aguas grises y negras con tratamientos de fito-depuración, torres de enfriamiento natural, calefacción por lechos de piedras, y agua caliente combinando 3 dispositivos interconectados: calefón solar, calefón a leña y termo a gas. Posee en su conformación proporciones geométricas que implican otras energías en su núcleo, en el vacío, la proporción, los muros curvos y sus relaciones, escala y dimensiones, conforman la organización del espacio,

FIGURA 30: Vista aérea de vivienda



Datos técnicos: Los cimientos de esta vivienda son de piedra, Se trabajó en base a un sistema filar constituido por rollizos de madera de molle y tensores que rigidizan, nudos y planos. Uniones, clavadas, encoladas, con anclajes metálicos, cada columna se introduce 1m bajo tierra, apisonada, con materiales que permiten el drenaje del agua y así se evita el contacto de la humedad con la

madera. Los muros de adobe de 45 cm, la piel exterior, y los de 30 cm, conforman los divisorios interiores, todos con viga de fundación que se entrelaza con los palos y crean un anillo perimetral. Tanto las mezclas a emplear en los adobes como los revoques y pinturas, son de tierra, arcilla con mezcla de arena en dosificaciones que varían según el tipo de ésta.

FIGURA 31: Muros exteriores redondeados



El techo vivo descarga sobre esta estructura, rigidizada, triangulada, flexible. La materialización estructural de la cubierta también se llevó adelante con palo redondo, columnas, vigas, ménsulas, etc.

FIGURA 32: Muro interior



Propuesta arquitectónica en el valle tarijeño

Las siguientes propuestas a plantear se enfocan en viviendas para el piso ecológico del valle tarijeño empleando aspectos y técnicas recabadas durante todo el proceso de investigación.

Enfocándose en dar tres diferentes propuestas que demuestran la posibilidad de generación de

un hecho arquitectónico de gran belleza y con un aporte en la parte técnica, empleando materiales modernos en combinación a los tradicionales.

PROPUESTA 1: VIVIENDA DE SUPERADOBE.

FIGURA 33: Perspectiva Exterior de Propuesta Zona valle



Se emplea un proceso de abstracción, para rescatar y emplear ciertos elementos que enriquecen un diseño arquitectónico, tanto para dar un lenguaje diferente en planta y elevaciones.

Descripción técnica: Los cimientos actúan como cimientos corridos elaborados de súper adobe reforzado con porcentaje más elevado de cemento (20%) para mayor resistencia.

Los muros exteriores planteado en esta propuesta son de SUPERADOBE, se dispuso esta técnica dado que logra soportar grandes cargas, su facilidad de hacer reduce el tiempo estimado para un construcción de una vivienda con materiales tradicionales como ladrillo. Las formas que el material nos permite son diversas. Esta técnica de superadobe no requiere estructuras portantes, en este caso sólo para apoyo a las cubiertas y diseño interior.

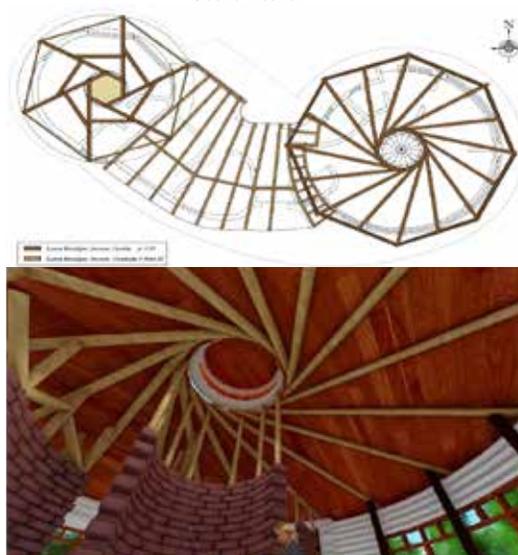
Los muros interiores fueron pensados de tal manera que proporciones belleza y variedad dentro de la vivienda por tal motivo se emplea Panes de Barro, los cuales son elaborados manualmente, aportando diversidad en

alternativas de mampostería de muros con panes de barro o llamarlos también barro plástico. Al ser estos muros de esta técnica no soportan cargas estructurales se complementó el diseño del mismo en la vivienda con estructuras de madera.

FIGURA 34: Muros interiores



Figura 35: Cubierta de estructuras recíprocas, diseño interior



Como cubierta para los ambientes de dormitorios y circulación se emplea cubierta jardín.

FIGURA 36: Cubierta Exterior ajardinada



FIGURA 37: Vista exterior



Esta propuesta emplea dos tipos de cubiertas. En los ambientes de dormitorio principal y ambientes compartidos como living, comedor, cocina y de apoyo, utilizan un sistema de cubiertas de estructuras recíprocas. Se escogió este tipo de estructuras que se auto sostienen entre sí, permitiendo grandes luces y aportando de sobremanera al diseño interior.

FIGURA 38: Espacio interior de vivienda



PROPUESTA 2 VIVIENDA DE DOS PLANTAS

Plasma la posibilidad de emplear los materiales en más de una única planta.

Se desarrolla tomando los elementos conceptuales de círculos en planta y cilindros como volúmenes, líneas curvas que aportan al diseño de una cubierta.

Se pretende un diseño más orgánico y fluido, un poco retorcido.

FIGURA 39: Perspectiva Exterior de Propuesta Zona Valle



Descripción técnica: En cuanto a la construcción y empleo de técnicas para los muros, esta propuesta emplea bloques de tierra comprimida en su totalidad. La mampostería de los muros varía de acuerdo a sectores. Se utiliza una mampostería que deja aberturas en el muro

especialmente en la exterior para contribuir al diseño.

Figura 40: Vista exterior



Se maneja sistemas parabólicos para las aberturas de gran dimensión y en estas se emplea como material la piedra, que aporta belleza además de ser de gran resistencia.

FIGURA 41: Vista exterior de aberturas parabólicas



La cubierta a emplear en este diseño es de ferrocemento, la más adecuada para permitirnos jugar con las curvas y pendientes; es una estructura liviana que posibilita el moldeado de la forma.

Figura 42: Planta de Cubierta

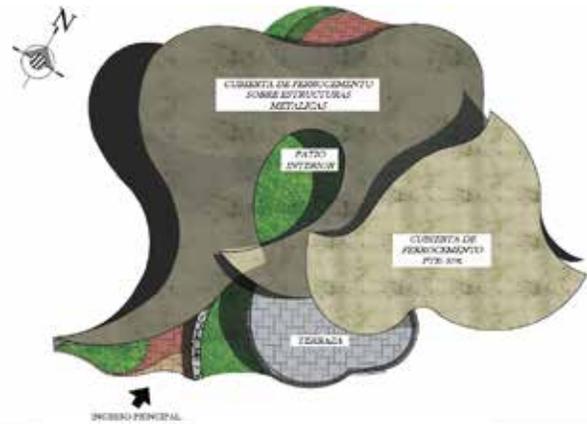


FIGURA 43: Fachada Exterior
FIGURA 44: Vista interior de vivienda



FIGURA 45: Vista interior Vivienda



PROPUESTA 3 VIVIENDA DE TAPIAL

FIGURA 46: Perspectiva Exterior de Propuesta
Zona valle



Esta propuesta arquitectónica difiere rotundamente a la concepción de las propuestas planteadas anteriormente.

Parte de figuras geométricas puras que con ciertos elementos logran crear una forma.

Los volúmenes muestran penetración unión e intersección, proporcionando un juego de alturas

FIGURA 47: Vista aérea de cubierta



La inclinación de este diseño es más contemporáneo intentado mostrar la posibilidades de creación Arquitectónica.

Busca crear: Espacios libres y corridos, de cómodas dimensiones. Las aberturas respondan al lenguaje volumétrico y cumplan las características para su diseño en este tipo de climas.

El diseño de la vivienda contempla la técnica empleada de tierra apisonada (Tapial). Se emplea cimiento corrido de piedra con hormigón para poder soportar las cargas y dar mayor resistencia. Tanto los muros interiores como los exteriores

están hechos de la técnica de tierra apisonada o tapial. Esta técnica nos permite realizar un diseño más contemporáneo empleando una combinación con materiales industrializados.

FIGURA 48: *Vistas interiores de Vivienda, muros tapial*



FIGURA 48: *Vistas interiores de Vivienda, muros tapial*



Se emplea como cubierta la losa hecha de barro, combinada con materiales que ayudan a que este sistema sea eficaz.

Se procede al revestimiento de la cubierta con láminas de enchape de madera para cubiertas, como aislante, la pendiente que se emplea es de un 2 %.

FIGURA 49: *Vista frontal, aberturas lineales*



FIGURA 50: *Vista posterior de vivienda*



FIGURA 51: *Fachada Frontal*



CONCLUSIONES

- La percepción psicológica que genera la tierra, es bastante negativa en la población en general, partiendo del pensamiento de ser un material insalubre e antihigiénico, un material limitante que no permite variedad y belleza y estar destinado a grupos sociales determinados; ha provocado que se manifieste una inclinación al uso de materiales nuevos o modernos, llevando hacia un falso ideal de vida, siendo ambientalmente dañinos en su mayoría; además de derrochar gran cantidad

de energía en su elaboración y ejecución.

- Con el desarrollo del proyecto de investigación se puede realizar un extenso estudio de la Tierra, enfocándose en su utilización en la construcción actual, con la incorporación de materiales nuevos por decirlo así, en búsqueda de un rescate de la arquitectura ancestral hacia su tecnificación con las herramientas y conocimientos actuales.
- Las condiciones climáticas y características de cada zona, proporcionan ventajas, varias pautas y consideraciones al momento de diseñar un hecho arquitectónico, tanto en lo formal, funcional, espacial, ambiental como en lo técnico constructivo con el uso de materiales típicos de la zona.
- Para la generación de un hecho arquitectónico en base a la Tierra, se debe tener los requerimientos claros; la selección de las técnicas a ejecutar en las propuestas deben ser seleccionadas en base a las características del clima, pues no todas las técnicas son aptas para los diferentes climas, además de proceder a la evaluación del tipo de terreno a emplazar y qué posibilidad nos ofrece esa tierra para su empleo.
- Por medio de las propuestas se logró mostrar la posibilidad diversa de la arquitectura, mostrar un trabajo holístico, enfocándose en lo espacial, ambiental, funcional, formal, técnico y constructivo; incorporar sistemas innovadores en camino hacia propuestas sostenibles y eficientes energéticamente.
- Postular que la belleza de una obra es posible con el empleo de cualquier tipo de material únicamente depende de la capacidad del arquitecto en combinarlos en base a los avances científicos y tecnológicos actuales.

- Los estudiantes de la carrera de arquitectura y urbanismo de la universidad podrán acceder y tomar la investigación del presente proyecto como base y principio de posteriores investigaciones.

La experiencia acopiada durante décadas por estudiosos, investigadores y constructores permiten sostener y difundir premisas necesarias a la hora de crear una arquitectura de tierra cruda. Afrontar que la arquitectura de tierra demanda una delicadeza extrema para la creación de una obra Arquitectónica.

Queda el desafío de continuar formando la conciencia y mostrando que, en materia de tierra cruda, no existen limitaciones que impidan crear una obra de gran belleza, de calidad y riqueza Arquitectónica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gernot Minke, Alemania. “Manuel de Construction en Tierra”.
- [2] Ruben Osvaldo Chiappero- Maria Clara Suspisiche. Buenos Aires. 2003. “Arquitectura en Tierra Cruda” .
- [3] Johan Van Lengen. “Manual del arquitecto descalzo”.
- [4] Morales, Torres, Rengifo, Irala. Lima, Peru.1993. “Manual para la construcción de viviendas de adobe”.
- [5] P. Doat, H. Hays, H. Houben, S. Matuk, F. Vitoux. Frnacia. “Building With Earth (en inglés)” .
- [6] Johnny Salazar. Buenos Aires. “Manual de construcción natural: construyendo con Cob.” .
- [7] Kaki Hunted, Donald Kiffmeyer. Estados