

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
MAESTRÍA EN DISEÑO AVANZADO

DISEÑO

EXPERIMENTAL

**PROPUESTA MATERIAL PARA LA VIVIENDA
EN LA MESETA PURÉPECHA**

Tesis que para obtener el grado de
MAESTRA EN DISEÑO AVANZADO
presenta:

ARQ. PAULINA ALEJANDRA CHUELA GARCÍA

**DIRECTORA: DRA. CATHERINE ROSE ETTINGER MCENULTY
CODIRECTOR: DR. AXEL BECERRA SANTACRUZ**

**SINODAL 1: DR. HABID BECERRA SANTACRUZ
SINODAL 2: M. RAYITO FLORES PELCASTRE
SINODAL 3: DR. FERNANDO MENESES-CARLOS**



MAESTRÍA
EN DISEÑO AVANZADO
PROGRAMA DE DISEÑO EN EL PROGRAMA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



CONACYT

Morelia, Michoacán, México, Diciembre, 2020.



DISEÑO

EXPERIMENTAL

**PROPUESTA MATERIAL PARA LA VIVIENDA
EN LA MESETA PURÉPECHA**

Tesis que para obtener el grado de
MAESTRA EN DISEÑO AVANZADO
presenta:

ARQ. PAULINA ALEJANDRA CHUELA GARCÍA

**DIRECTORA: DRA. CATHERINE ROSE ETTINGER MCENULTY
CODIRECTOR: DR. AXEL BECERRA SANTACRUZ**

**SINODAL 1: DR. HABID BECERRA SANTACRUZ
SINODAL 2: M. RAYITO FLORES PELCASTRE
SINODAL 3: DR. FERNANDO MENESES-CARLOS**



Morelia, Michoacán, México.

Diciembre 2020.

RESUMEN

La Meseta Purépecha, región ubicada en el Estado de Michoacán, actualmente presenta una serie de transformaciones en su conjunto tradicional.

La vivienda tradicional, parte importante en este conjunto, se ha transformado por factores diversos como la escasez de madera, la migración, la dinámica social y cultural actual, la globalización y los deseos de la población por mejorar su calidad de vida.

Hay transformaciones en lo material, lo formal y lo espacial. Materialmente se sustituyen componentes tradicionales por contemporáneos; formalmente hay cambios en la volumetría y en la fachada; y espacialmente se agregan o se quitan espacios.

Dichas transformaciones han causado un impacto visual negativo en el conjunto de los poblados, principalmente debido a la ausencia de materiales tradicionales y a la falta de diseño en la utilización de materiales contemporáneos en la vivienda.

El presente trabajo pretende contri-

buir, a través del diseño experimental, con la solución a problemas relacionados con la vivienda en esta región con atención a tres aspectos principales: el conjunto tradicional, la sustentabilidad y la vivienda.

En relación con el primer punto se diseñará un material de construcción que responda a la cromática del conjunto. Respecto a la sustentabilidad, el material será realizado con materia prima local respondiendo a la economía de los habitantes. Y referente al tercer punto, el material servirá como alternativa a la utilización de materiales contemporáneos y materiales tradicionales escasos, además de facilitar la autoconstrucción.

Adicionalmente, se ejemplificará el uso del material en el diseño de una vivienda con un patrón de distribución que responda a la forma de vida actual de los habitantes.

Como caso de estudio se tomará el municipio de Charapan, para la realización del diagnóstico.

PALABRAS CLAVE_ *Vivienda tradicional, transformaciones, materiales, diseño experimental, sustentabilidad.*

ABSTRACT

The Meséta Purépecha, a region located in the State of Michoacán, currently presents a series of transformations in its traditional image.

Traditional housing, which is the most important part of this traditional image, has been transformed by various factors such as the scarcity of wood, migration, current social and cultural dynamics, globalization and the desire of the population to improve their quality of life.

There are transformations in the material, the formal and the spatial. Materially, traditional components are replaced by contemporary ones; formally there are changes in the volumetry and in the facade; and spatially spaces are added or removed.

These transformations have caused a negative visual impact on the whole of the towns, mainly due to the absence of traditional materials and the lack of design in the use of contemporary materials in the house.

The present work aims to contribute, through experimental design, with the solution of problems related to housing in this region, paying attention

to three main aspects: the traditional image, sustainability and housing.

In relation to the first point, a construction material will be designed that responds to the chromatic of the whole. Regarding sustainability, the material will be made with local raw materials, responding to the economy of the inhabitants. And about the third point, the material will serve as an alternative to the use of contemporary materials and scarce traditional materials, in addition to facilitating self-construction.

Additionally, the use of the material in the design of a house with a distribution pattern that responds to the current lifestyle of the inhabitants will be exemplified.

The municipality of Charapan will be taken as a case study, to make the diagnosis.

KEYWORDS_ *Traditional housing, material, experimental design, sustainability.*

C O N T E N I D O

1

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Objetivos	18
1.3 Justificación	19
1.4 Proceso de diseño general	21

2

MARCO TEÓRICO

2.1 La vivienda tradicional	28
2.1.1 Generalidades	28
2.1.2 La vivienda tradicional en Michoacán	31
2.2 Materiales de construcción	34
2.2.1 Tabicón	34
2.2.2 Ladrillo	35
2.2.3 Adobe	36
2.2.4 Reflexiones	37
2.3 Sustentabilidad	37
2.3.1 Sustentabilidad ambiental	37
2.3.2 Sustentabilidad social	38
2.3.3 Sustentabilidad económica	38
2.4 Diseño de materiales innovadores	39
2.4.1 Materiales sustentables	39

3

ANTECEDENTES

3.1 La transformación de la vivienda tradicional en Michoacán	44
3.1.1 Materialidad de la vivienda tradicional	46
3.1.2 Materialidad de la vivienda actual	47
3.2 Relación entre materialidad, espacio y construcción	48
3.2.1 Uso de material tradicional en la vivienda	49
3.3 Materiales y sistemas constructivos	52
3.4 Distribución interior de la vivienda tradicional	55
3.5 Conclusiones	58

4

INNOVACIÓN EN MATERIALES REGIONALES

4.1 Arquitectura de tierra	62
4.1.1 Importancia en la construcción	66
4.2 Fibras naturales	67
4.2.1 Importancia en la construcción	67
4.3 Casos de innovación material experimental	69
4.3.1 Innovación con tierra	69
4.3.2 Innovación con fibras naturales	73
4.4 Conclusiones	77

5

DIAGNÓSTICO DE LA REGIÓN

5.1 Generalidades del municipio a analizar	82
5.2 Reconocimiento de la contribución de la vivienda actual a la construcción de la imagen urbana del municipio	83
5.2.1 Estado exterior actual de la vivienda	86
5.2.1.1 Análisis de permanencias y transformaciones	94
5.2.2 Estado interior actual de la vivienda	96
5.2.2.1 Croquis en planta de viviendas analizadas	107
5.2.2.2 Análisis de permanencias y transformaciones	114
5.3 Conclusiones	115

6

DISEÑO EXPERIMENTAL

6.1 Características del material a diseñar	118
6.2 Proceso de diseño experimental	122
6.3 Materia prima	124
6.3.1 Tierra	124
6.3.2 Fibras naturales	130
6.3.3 Aditivos	131
6.4 Preparación de materia prima	135
6.5 Diseño experimental	139
6.5.1 Etapa uno	144
6.5.2 Etapa dos	166
6.5.3 Etapa tres	186
6.5.4 Síntesis de resultados	208

C O N T E N I D O

6.6	Diseño de mezclas finales	212
6.6.1	Diseño uno	214
6.6.2	Diseño dos	216
6.6.3	Diseño tres	218
6.6.4	Fabricación de muestras	220
6.6.5	Pruebas de laboratorio	222
6.7	Conclusiones	228
6.7.1	Ficha técnica diseño final	230

7

IMPLEMENTACIÓN

7.1	Molde	234
7.1.1	Criterios para diseño y dimensionamiento de molde	234
7.1.2	Diseño de molde	240
7.1.3	Fabricación de molde	244
7.1.3.1	Rediseño de molde final	250
7.2	Diseño de vivienda	256
7.2.1	Criterios para diseño de distribución de vivienda	256
7.2.2	Croquis de diseño de distribución de vivienda	260
7.3	Implementación en propuesta de vivienda	266

8

CONCLUSIONES

8.1	Bondades de arquitectura de tierra	281
8.2	Habitabilidad y confort térmico	286
8.3	Mantenimiento	286
8.4	Recomendaciones	286

Índice de gráficos	288
Referencias	306



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La meseta purépecha, región ubicada en el Estado de Michoacán es conocida por sus tradiciones, gastronomía, arquitectura y paisajes.

El paisaje vernáculo es característico de esta región, sin embargo, dicho paisaje o conjunto tradicional se encuentra en un proceso de transformación.

La transformación en el conjunto tradicional ha causado un impacto visual negativo debido a dos principales factores: la inserción de nueva arquitectura y la transformación de la vivienda.

Respecto a la inserción de nueva arquitectura, se ha observado que ésta se realiza en su mayoría con materiales contemporáneos y olvidando por completo la técnica constructiva tradicional de construir con materiales locales.

La vivienda vernácula o tradicional, aquella realizada con materiales regionales, reflejo de la convivencia del habitante con el entorno, ya no es como la conocíamos. Actualmente presenta una serie de transformaciones en lo material, lo formal y lo espacial.

Materialmente se empiezan a sustituir componentes tradicionales por contemporáneos, como es el caso de la sustitución de madera o adobe por tabique. No obstante, dicha utilización de materiales contemporáneos no ha sido la más adecuada para la integración con el conjunto.

Cabe mencionar que anteriormente la vivienda en la zona era sustentable por-

que se utilizaban recursos disponibles de la región. Con la utilización de materiales contemporáneos como el tabique o cemento, la vivienda deja de ser sustentable.

Formalmente hay cambios en la volumetría y en la fachada, referente a la volumetría los techos ahora son planos por el cambio de material; con respecto a la fachada hay modificaciones en vanos y macizos, y empiezan a utilizarse recubrimientos.

Y finalmente, en relación con la espacialidad de la vivienda, se observan nuevos espacios como es el caso de sala, comedor y baño. Así mismo algunos espacios cambian de tamaño o de ubicación dentro de la vivienda.

El fenómeno de la transformación de la vivienda tradicional en la meseta purépecha se debe a distintos factores, a modo de ejemplo se enlistan algunos:

•**La migración:** el campesino provee recursos del extranjero que facilitan el remodelar o el construir.

•**La dinámica social y cultura actual:** la vivienda responde a la dinámica social actual, por lo que si la cultura cambia, automáticamente la vivienda cambia, ya que ésta es y ha sido un elemento de gran importancia en el desarrollo de cualquier sociedad.

•**La globalización:** se presentan influencias de áreas urbanas cercanas y medios de comunicación.

•**Deseos por mejorar la calidad de vida:** los habitantes buscan una vivienda anhelada que responda a sus necesidades actuales y que sea cómoda. Además de buscar un status social alto.

•**Escasez de madera:** antes la vivienda tradicional se construía con madera de pino y encino, actualmente al haber escasez de bosques se empiezan a utilizar materiales contemporáneos porque es más barato y fácil de conseguir.

•**Abandono de técnicas constructivas tradicionales:** la población joven disminuye por lo que la tradición ya no se pasa de generación a generación como en el pasado. (Ettinger, 2010)

La presente tesis pretende resolver una parte del problema: el aspecto material.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ausencia de materiales adecuados y la falta de diseño en la utilización de materiales contemporáneos en la vivienda tradicional en la Meseta Purépecha, han generado un daño y un impacto visual negativo en el conjunto tradicional.

Anteriormente la vivienda se construía con madera, adobe o piedra. En la región predominaba la troje realizada con madera de pino, no obstante, actualmente hay una escasez de madera en la región purépecha, evento que se ha venido dando desde los años cincuenta cuando la explotación de los bosques regionales se convirtió en el modo como muchas familias purépechas pudieron tener ingresos monetarios.

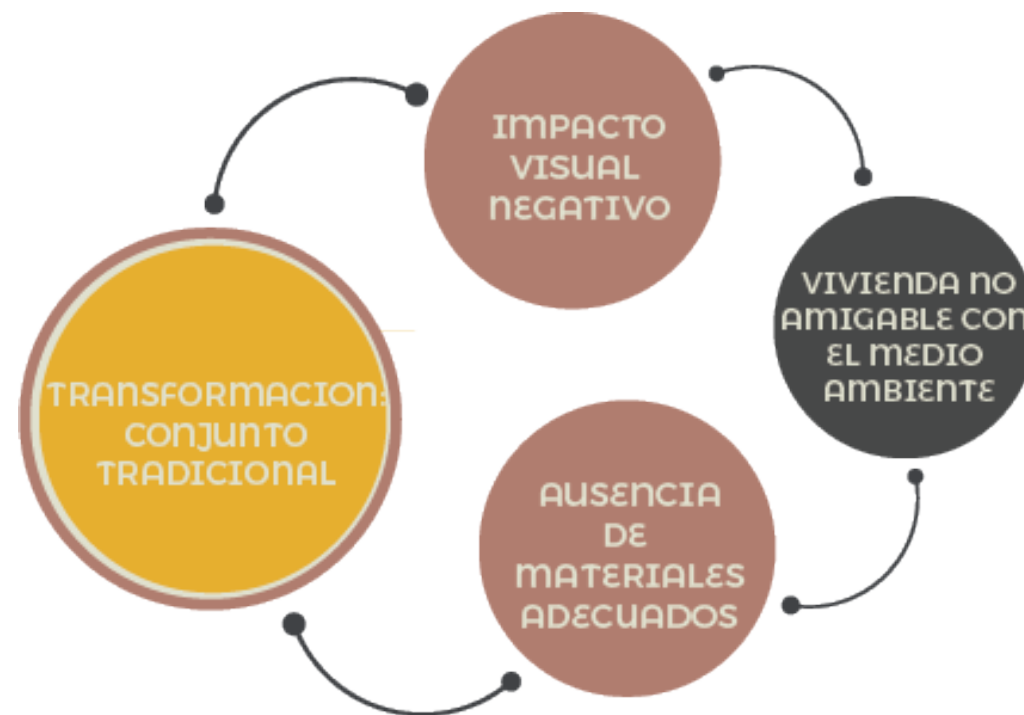



Fig. 1. Esquema del problema. Elaboración propia. Realizado el 06 de agosto de 2019.

A photograph of a traditional village street. The buildings are constructed from stone and wood. The roofs are made of corrugated metal, some of which are dark and weathered. The walls are made of rough-hewn stone and wood. The street is paved with cobblestones. The sky is overcast and grey. Power lines run across the top of the image.

En los años sesenta, por ejemplo, hubo una importante demanda de madera, la cual estuvo dada por la industria de la construcción y la mueblera en las ciudades regionales como Uruapan, Zamora y Morelia. (Garibay Orozco, 2012)

A principios de los años setenta inicia el cultivo de huertas de aguacate Hass en torno a la ciudad de Uruapan. Pronto esta industria demandó una gran cantidad de cajas para empaque, es por esto, que se empezó a extraer madera de los bosques comunales de los pueblos. (Garibay Orozco, 2012)

También hubo causas económicas, como la disminución en la cosecha de trigo y maíz y en la artesanía campesina, las cuales ya no ofrecían ingresos monetarios suficientes para solventar las necesidades de los habitantes de la región purépecha.

Fig. 2. Conjunto tradicional. Fotografía tomada por Jorge Ávila. 2018

Debido a esta importante escasez de bosques que se presenta en la región meseta purépecha, en la construcción de la vivienda tradicional se observa una disminución notable en la utilización de madera de pino, la cual se ha reemplazado por materiales industrializados. (Garibay Orozco, 2012).

Respecto al adobe y a la piedra, las casas hechas con estos materiales son vistas inferiores a las realizadas con material contemporáneo. La gente de las comunidades no utiliza estos materiales porque cree que la arquitectura de tierra es barata y usada por personas de bajo status social.

El problema mencionado de la transformación de la vivienda tradicional en la Meseta Purépecha por la falta de un material adecuado, genera una mala integración visual, la cual puede afectar directamente al rubro del turismo.

Adicionalmente, es importante mencionar que la vivienda contemporánea es menos amigable con el medio ambiente ya que no ha sido construida pensando en el calentamiento global y en la sustentabilidad.

La industria del ladrillo cerámico y del cemento emite gran cantidad de CO₂, es necesario desde el ámbito de la construcción aportar a reducir este problema con la realización de un material que además de acoplarse a un conjunto tradicional pretende ser ecológico. Y de esta manera volver al concepto de que la vivienda tradicional puede ser sustentable.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un material de construcción de bajo impacto ambiental, que responda a la economía de los habitantes y a la sustentabilidad, a su vez se buscará que éste sea compatible con el conjunto tradicional de la región meseta purépecha. Se ejemplificará su uso en una vivienda con un patrón de distribución que responda a la forma de vida actual y que permita la autoconstrucción.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Elaborar marco teórico y estado del arte para conocer lo que se ha escrito sobre el tema y como otros profesionistas han solucionado un problema similar.
- Realizar un diagnóstico de un municipio de la región para comprender la manifestación del problema.
- Realizar diseño experimental para crear un material constructivo crudo con desechos de fibras naturales y arcillas disponibles en la región inmediata.
- Diseñar prototipos, resultado de experimentación.
- Implementar el uso del nuevo material en una propuesta de vivienda para la situación actual de los habitantes.

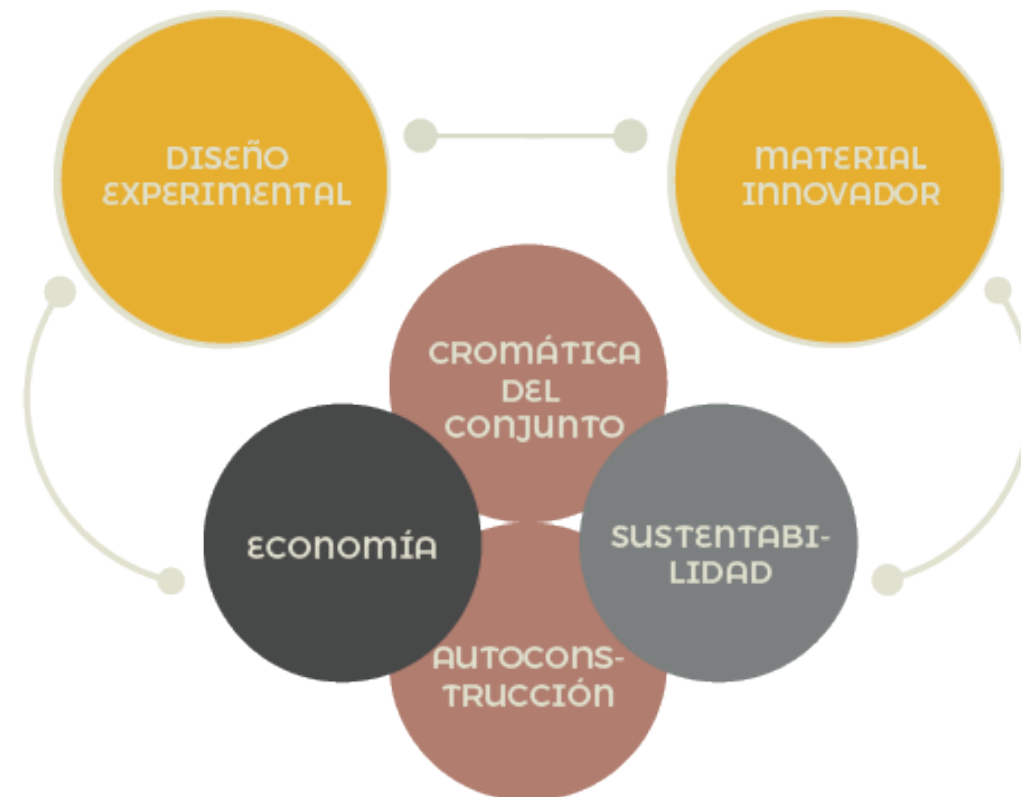


Fig. 3. Diagrama de objetivos. Elaboración propia. Realizada el 06 de agosto de 2019.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Desde la antigüedad, el hombre ha creado una condición de subsistencia, satisfaciendo su necesidad de protección y abrigo mediante la construcción de una vivienda. Ésta con el paso del tiempo se vuelve cada vez más evolucionada y competente al medio en el que al ser humano le toca vivir, generando como resultado una vivienda más apta y mejor definida para su comodidad.

Actualmente en la Meseta Purépecha, los medios de solución a la vivienda han cambiado, son dos las razones principales, la falta de materiales adecuados al conjunto, es decir, la escasez de madera, y el cambio en la manera en que los pobladores habitan la vivienda, en otras palabras el avance cultural.

Referente a la falta de material, como se mencionó previamente, la vivienda no puede ser construida como la conocemos porque los recursos disponibles ya no son los mismos de antes. Tratar de conservar la vivienda tradicional como era con anterioridad, llevaría a su desaparición.

En los escritos recientes, acerca de la vivienda vernácula en la Meseta Purépecha, se pone en discusión el hecho de que la vivienda ya no puede ser igual que hace unos años ya que el material no es el mismo. Por lo que a mi entender es necesario ser flexibles al cambio, ser flexibles a la transformación de la vivienda tradicional.

Se trata de reinterpretar el pasado al presente cambiante, acoplándonos a la evolución.

“Ante dichas transformaciones, los no purépechas levantamos la voz y juzgamos, nos atribuimos el derecho de señalar que es un acierto o un desacierto. Con iniciativas turísticas y conservacionistas venimos alentando la vivienda, olvidamos que la casa pertenece al purépecha, y él tiene derecho y decisión sobre ella”. (Padilla Valdés, p.71, 2011)

No es posible que la arquitectura vernácula perdure como la conocemos, o como la describen algunos autores citados, ya que el cambio climático, el agotamiento de los recursos, el cambio en la cultura y las demandas de casa habitación sugieren transformaciones inevitables. La vivienda puede ser producto de la tradición al edificarla y habitarla.

Un cambio bien diseñado puede mantener la relación armónica entre el ser humano y el entorno natural.

En una región donde los materiales regionales ya no están disponibles o su costo los convierte en inaccesibles, aferrarse a una definición de arquitectura vernácula en términos de los materiales que se utilizan, limita las posibilidades de solución al problema. (Ettinger, 2010)

Respecto al tema del avance cultural, la tradición es alterable por la propia cultura, no se puede negar lo moderno. Si queremos que subsista la tradición en la vivienda, esta debe cambiar, porque la tradición la vive el purépecha al momento de habitar su vivienda. La tradición está en ellos y la viven día con día en sus actividades.

Esta transformación de la vivienda resulta la única alternativa para propiciar

que la realidad social se mantenga vigente ante condiciones sociales cambiantes, ya que la población desea vivir acorde a la modernidad y a lo que observa a sus alrededores.

La investigadora Patricia Padilla asiente en el hecho de que el estudio de la vivienda tradicional no debe pretender la parálisis del conservadurismo, se trata de reflexionar en la cultura que la sustenta para que la tradición se fortalezca y siga viva, es decir, evolucionándose. Una tradición que se sigue actualizando vivirá por mucho tiempo.

Además, cabe mencionar que el mundo no es estático, siempre está en completo cambio y evolución. Por esta razón nunca se debe dejar de experimentar e innovar porque siempre surgen nuevos caminos para solucionar distintas necesidades.

En el caso de este trabajo de tesis, crear un material que se integre visualmente al conjunto y que además aporte al cambio climático actual, puede ser la solución a una parte de los problemas mencionados con anterioridad.

Adicionalmente el rubro del turismo se verá beneficiado, ya que el turista hoy en día siente curiosidad por buscar una novedad en contraste con el ambiente cotidiano que no le es familiar, y esto implica viajar en busca de contextos que resulten distintos, como es el caso de comunidades rurales con presencia indígena. (García Espinosa, 2010)

Otro punto que justifica el presente trabajo bajo es el medio ambiente debido a la

importancia que juega en nuestro contexto y por la manera en que interactúa el hombre moderno con éste.

La industria de la construcción es uno de los sectores que generan un mayor impacto negativo en el medio ambiente, al involucrar una serie de actividades que van desde la extracción de materia prima, el transporte del material, hasta la colocación de acabados y la operación del edificio.

El ladrillo cerámico en México es uno de los materiales de construcción más utilizados. Sin embargo, en su fabricación se genera un gran impacto ambiental, por la emisión de CO₂ que se genera en la cocción. Por esta razón se pretende disminuir la utilización de éste.

La industria ladrillera en el mundo es una de las más contaminantes, los hornos cerámicos consumen gran cantidad de combustibles fósiles, lo cual origina un enorme gasto energético y la liberación a la atmósfera de gases de efecto invernadero y gases nocivos para la salud. (Cabo Laguna, 2011)

Se pretende con este trabajo elaborar un material crudo para precisamente disminuir esta contaminación que generan los materiales cocidos.

Los ladrillos no cocidos necesitan menos energía que los ladrillos cocidos, y la emisión de CO₂ a la atmósfera es un 80% menor que la de los ladrillos cocidos. Cuando se utilizan bloques de tierra comprimida cruda, se pueden controlar las emisiones de CO₂ y se pueden reducir los efectos adversos sobre el medio ambiente. Además, los costos de fabri-

cación de ladrillos no cocidos son bajos en comparación con los de los ladrillos cocidos. (Malkanathi, Balthazaar, & Pereira, 2020)

La alternativa de volver a utilizar materiales tradicionales siguiendo la técnica de ladrillo crudo como el adobe, presenta una posibilidad de reducir el costo de la edificación ya que los recursos con los que se fabricará se pretende sean abundantes en la región por lo que no existiría un pago de transporte.

Los materiales inmediatos disponibles en cualquier región son considerados materiales tradicionales, ya que en la vivienda vernácula se utilizaba lo que se tenía a la mano.

La construcción con arcilla cruda ha demostrado ser la respuesta más apropiada ante el impacto ambiental en algunos países en desarrollo de Asia, África y América latina. (Cabo Laguna, 2011)

Cabe mencionar que no solamente se trata de una sostenibilidad ambiental, también se trata de una sostenibilidad social y económica.

1.4 PROCESO DE DISEÑO GENERAL

Para definir el proceso de diseño en la realización de este trabajo de tesis se consultaron dos metodologías: “Design by research” y “Design Thinking”.

En la metodología **Design by Research**, desarrollada por la University of Technology Sydney, se distinguen tres

fases superpuestas: el pre-diseño, el diseño y el post-diseño. En cada fase la investigación y el diseño son componentes importantes.

PREDISEÑO

Es el análisis de información que se requiere previo al diseño, que tiene como objetivo brindar una percepción básica sobre la pregunta, sus posibles respuestas y futuras direcciones de diseño. Se comienza a analizar, investigar el contexto, el potencial y cuál es la situación del problema.

DISEÑO

Es la práctica reflexiva e iterativa en base a la información obtenida de la fase anterior, también es llamada investigación pero en un contexto de práctica, ya que se trata de construir una nueva teoría a través del trabajo de diseño.

POSTDISEÑO

Se presentan resultados del diseño a través de informes, esquemas, publicaciones, etc. Dicho informe nos dice cómo será la utilidad del nuevo conocimiento es decir, lo real y cómo impacta.

La metodología de **Design Thinking** desarrollada en la Universidad de Stanford en California, se compone de cinco etapas, no lineales, es decir, si es necesario se puede ir hacia atrás o hacia adelante incluso saltando etapas.

EMPATIZAR

Comprensión de necesidades o del problema.

DEFINIR

Se pule la información recopilada en la etapa anterior, que realmente aporta valor.

IDEAR

Generación de un sinfín de soluciones.

PROTOTIPAR

Volvemos las ideas a la realidad.

TESTEAR

Probar prototipos con los usuarios implicados en la solución que estemos desarrollando.

Considero que los dos procesos citados con anterioridad son semejantes entre sí aunque cuenten con distintas etapas.

En ambos casos hay un antes y un después de un diseño. El antes es donde empatizamos y definimos, es decir, la etapa en la que se realiza una investigación y un análisis bibliográfico para entender la situación del problema.

La etapa de diseño es entendida como una ideación y prototipado donde se experimenta, en otros términos, es la etapa práctica para obtener soluciones a un problema real.

Y el después, es la reflexión del nuevo conocimiento, generado a través de un testeo para saber su impacto real.

En base a lo recientemente comentado, se diseñó un diagrama propio tomando como referencia estas dos metodologías para lograr diseños exitosos.

Se propone que el proceso de diseño conste de 6 etapas, las cuáles implícitamente forman parte de un prediseño, un diseño y un postdiseño como podemos observar en el diagrama de abajo.

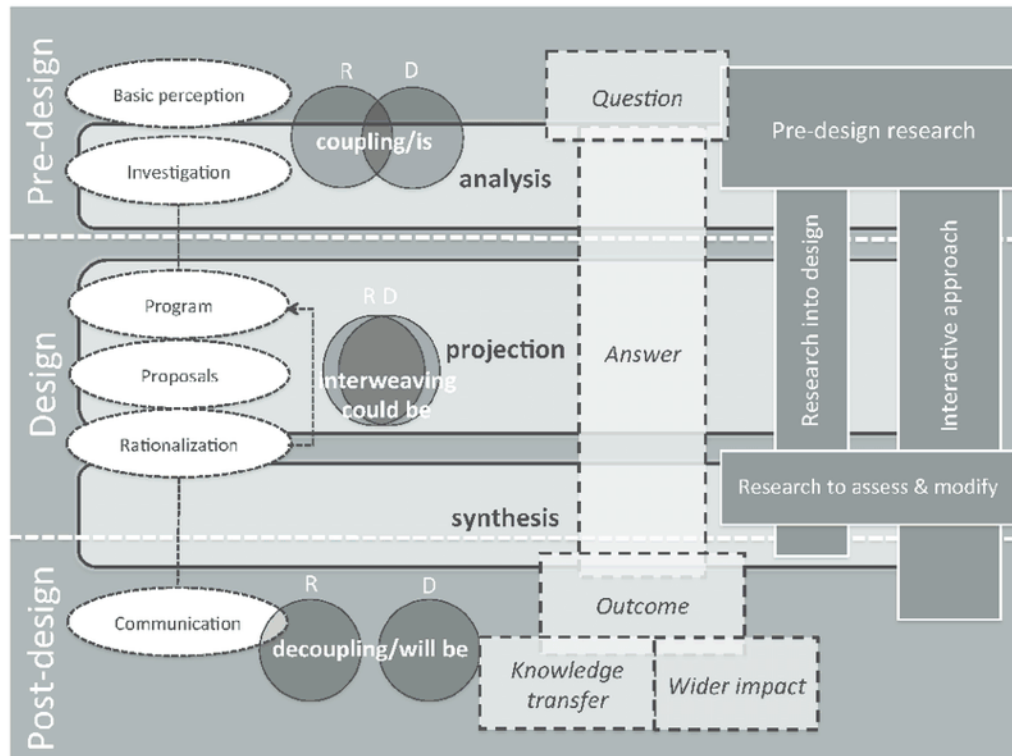


Fig. 4 Roggema. (2016) Design by Research. Recuperado del artículo "Research by design: Proposition for a Methodological Approach."

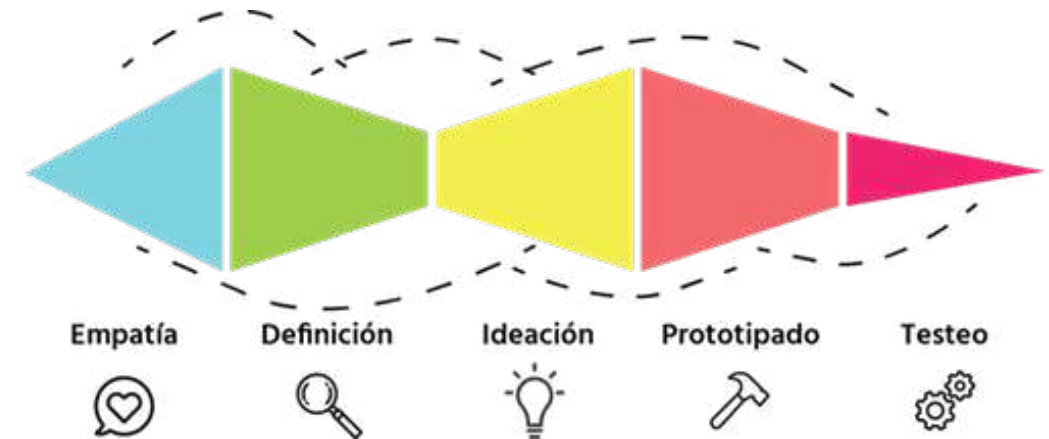


Fig. 5 Kelley David. Design Thinking. Recuperado de: www.designthinking.es. Consultada el 19 de Junio de 2020.

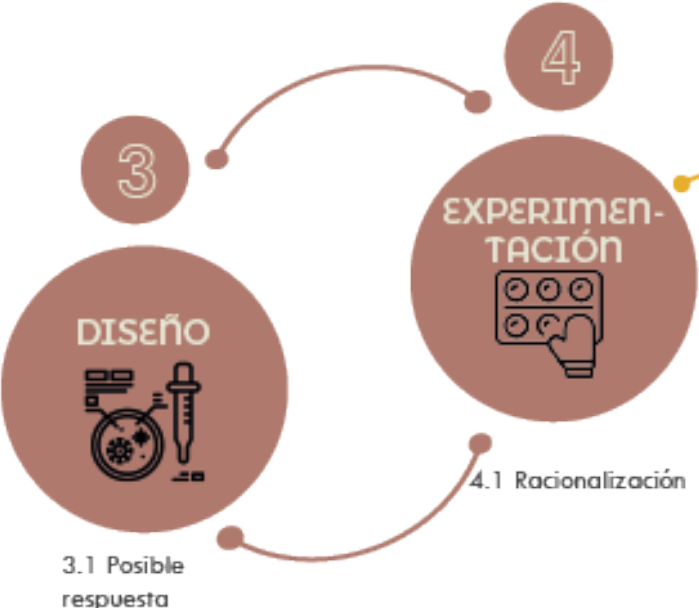
PRE - DISEÑO



1.1 Pregunta
1.2 Percepción

2.1 Investigación
2.2 Literatura y acercamiento
a la región

DISEÑO



3.1 Posible
respuesta

4.1 Racionalización

POST - DISEÑO



6.1 Resultado

6.1 Impacto

Fig. 6. Diagrama de proceso de diseño de tesis experimental. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.



MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

Para el entendimiento del presente trabajo, se tomaron algunos conceptos fundamentales: vivienda tradicional, vivienda tradicional en Michoacán, materiales de construcción, sustentabilidad, diseño de materiales innovadores y materiales sustentables.

2.1 LA VIVIENDA TRADICIONAL

2.1.1 GENERALIDADES

Primeramente empezamos describiendo la vivienda tradicional en términos generales para después situarnos en el Estado de Michoacán. Por vivienda tradicional me refiero a aquella ubicada en la zona de la Meseta Purépecha, aquella construida con madera o adobe, aquella que refleja tradición y cultura, pero que sin embargo, se encuentra en un proceso de transformación inevitable.

La vivienda tradicional en esta zona también es conocida como vivienda vernácula, debido a que su construcción es un reflejo total de la relación que el habitante tenía con su entorno, y digo “tenía” porque el entorno se ve transformado también.

Dentro del término vivienda tradicional y vivienda vernácula, relaciono el término “troje” el cual es una tipología meramente “michoacana” realizada con madera de pino, encino u oyamel.

La vivienda tradicional, también llamada vivienda vernácula ha sido objeto de interés debido a la autenticidad de su

solución. Se encuentran numerosos textos que describen como es una vivienda tradicional alrededor del mundo en la actualidad, como era en un pasado y como en el futuro es posible que tienda a desaparecer.

El autor Amos Rapoport en su libro *Vivienda y Cultura* (1972), describe a la construcción vernácula como aquella carente de pretensiones teóricas o estéticas, es aquella que se trabaja en el lugar de emplazamiento y se construye con respeto a las demás personas y hacia el ambiente total.

“Es una arquitectura colaborativa, ya que la trabajan muchas personas durante muchas generaciones, así como la colaboración entre los que construyen y los que utilizan los edificios, que es lo que significa el término tradicional”. (Rapoport, 1972)

Con similitud a Amos Rapoport, encontramos otro autor, Nezar Alsayyad, quien discute en libro *Vernacular Architecture in the Twenty First Century* (2006), que la arquitectura vernácula es nativa y única de un lugar específico, producida sin procesos complicados por los individuos que la ocupan, donde la cultura y la tradición son lo más importante.

Marcel Vellinga, pone a discusión la pregunta de cómo la arquitectura vernácula puede tener un rol como ejemplo en la creación de edificios sustentables para cualquier entorno. La arquitectura ver-

nácula, su forma de construcción y su solución son dignas de valoración. Las tradiciones vernáculas se pueden utilizar en un futuro. (Asquith & Vellinga, 2006)

La arquitectura vernácula empezó a ser valorada a partir del siglo XX, cuando se descubrieron en ella virtudes como documento social y modelo arquitectónico, cargándolas incluso de un simbolismo que exigía su conservación, ahora amenazada por los tiempos modernos. (Pérez Gil, 2016)

Es propia de comunidades entendidas como no cultas o alejadas de los patrones culturales canónicos, lo cierto según Pérez, es que no se desarrollaron según el moderno paisaje de Patrimonio cultural. Como los autores anteriores Pérez también la define como construcción de un determinado lugar y tiempo, en principio preindustrial.

En el libro “Arquitectura vernácula”, ésta se describe como ingenua, espontánea y folclórica, en la cual permanecen constantes elementos de carácter popular y tradicional, ya que surge como síntoma de la realidad de un pueblo, representa su devenir histórico, sus circunstancias culturales y la síntesis de sus orígenes e influencias. (Sánchez Lara, 1980)

Es una arquitectura realizada con técnicas constructivas tradicionales y reiteradas debido a la forma de habitar y de adaptarse al medio sin destruirlo, cuya distribución espacial varía de acuerdo a cada zona y región, por lo tanto, podemos encontrar formas cuadradas, redondas o rectangulares.

Además se organizan en función del nivel económico, actividades y costumbres de la familia, de estas circunstancias se desprenden variantes que van desde un cuarto adaptado para satisfacer todas

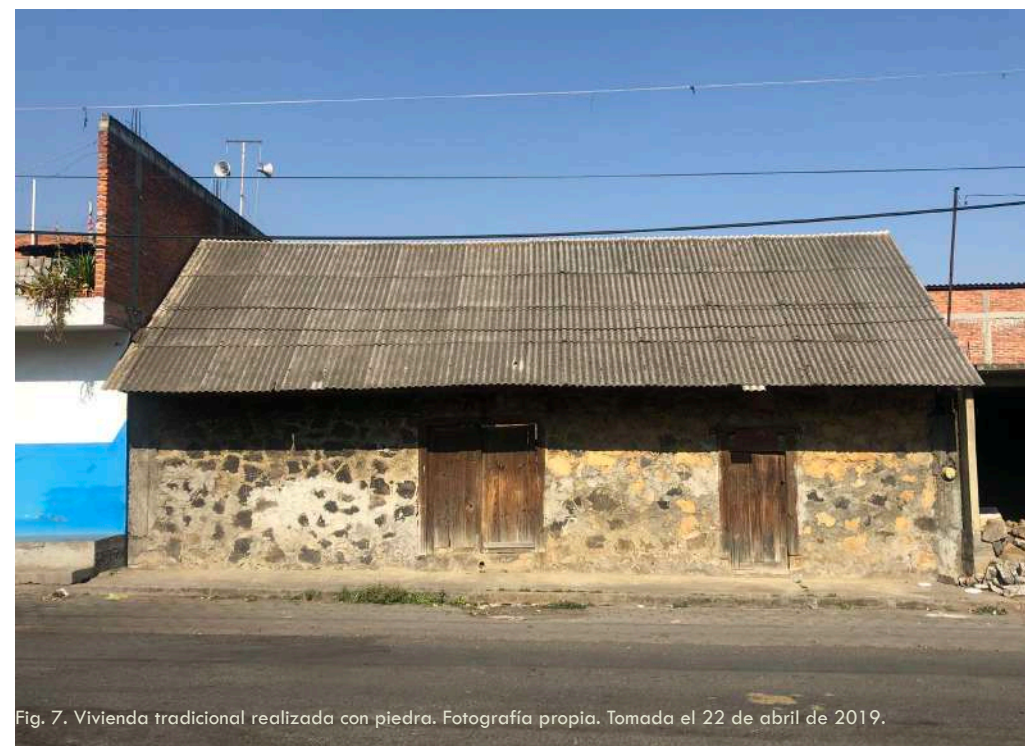


Fig. 7. Vivienda tradicional realizada con piedra. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.

las necesidades como dormir y cocinar, hasta pequeñas casas con habitaciones destinadas a diferentes usos. (Sánchez Lara, 1980)

El carácter básico de la arquitectura vernácula es la autoconstrucción. Es por esto que Bernard Rudofsky la llamó arquitectura sin arquitectos. Además de que responde a la conducta de una comunidad y a la dinámica familiar, estos aspectos se ven influidos en la distribución de espacios y en el concepto de la casa.

Se trata de una conducta simbólica cultural en la que se repiten las formas transmitidas de generación en generación; y en la que aparecen los principios y creencias del grupo, ligados a la tradición; es por ello que la construcción, además de su parte técnica, se acompaña de toda una serie de mitos, ceremonias, y rituales de origen mágico-religioso relacionados con las creencias de la

colectividad. (Sánchez Lara, 1980)

Patricia Padilla, afirma que la vivienda vernácula o tradicional en cualquier lugar es digna de estudio, porque es un resultado de largos procesos culturales los cuales han evolucionado tecnologías, materiales de construcción, herramientas, vocablos para designarla y formas de vida. La vivienda tradicional en nuestro país es biografía cultural ligada al mundo rural, a los campesinos, a lo doméstico y a lo vernáculo que es lo propio de un determinado lugar. (Padilla Valdés, 2011)

Alrededor del mundo destacados arquitectos se han nutrido en ella y han logrado fortalecer sus ideas.

Concluyendo, la vivienda tradicional nos da pie para cuestionarnos como las formas simples pueden alimentar la tradición como en su origen, la vivienda era la vida de la persona misma.



Fig. 8. Vivienda tradicional conservada. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019

2.1.2 LA VIVIENDA TRADICIONAL EN MICHOACÁN

En Michoacán las viviendas tradicionales pueden ser de adobe, piedra, bajareque o madera. Las casas de madera se hacen fundamentalmente en la sierra y en la meseta; debido al clima y a la disponibilidad de recursos. (Amezcu Luna & Sánchez Díaz, 2015)

En el libro *La Vivienda Purépecha* el cual es un trabajo de varios autores. Azevedo describe la vivienda purépecha como una expresión de una cultura que permanece viva hasta nuestros días, su materialidad responde a tradiciones constructivas milenarias y la espacialidad es reflejo de la forma de vida, posibilitando la constante readaptación en el transcurso del tiempo, es decir, es siempre cambiante.

La cultura purépecha tiene antecedentes prehispánicos, la vivienda purépecha ha conservado a lo largo de su historia, características constructivas y espaciales de la etapa mesoamericana y virreinal.

La unidad doméstica purépecha tiene su antecedente en la relación intrínseca con el entorno natural, el paisaje invadía su privacidad estableciéndose una armonía perfecta entre casa y medio ambiente. Aspecto fundamental de la vida purépecha es su íntima relación con la naturaleza. (Azevedo Salomao, 2008)

El terreno total es llamado solar. El cuanto al espacio abierto de una vivienda, o sea el patio, es de suma importancia por las actividades que se realizan y el espacio cubierto es muy reducido, ya que este solo es para sus actividades íntimas.

El patio es un área imprescindible en cualquier vivienda, es donde se cultivan la milpa, hortalizas y árboles frutales y también se crían animales. También se llevan a cabo gran parte de las actividades cotidianas como lavar la ropa y trastes, tejer, bordar, actividades manuales como las artesanías y las actividades sociales como las fiestas.

Al ir cambiando la cultura, la casa deja de tener usos orientados a la producción y entonces, la vivienda, tiende a ser menos flexible puesto que sus espacios se van especializando en espacios como la sala, comedor, baño, recamaras, etc., y de esta manera se van modificando las técnicas de construcción, diseño y materiales adquiridos en establecimientos comerciales, que suelen requerir de la contratación de albañiles, peones, e incluso profesionistas. (Azevedo Salomao, 2008)

Las técnicas para resolver las necesidades de vivienda han sido producto del anclaje entre medio ambiente, materiales disponibles, soluciones técnicas y organización del trabajo para la construcción.

Desde la visión de la tecnología utilizada para resolver la arquitectura, siempre ha sido necesario comprender las formas como el hombre, ha sabido adaptarse y entender el medio donde se ha desarrollado.

El clima también es elemento sustantivo en lo relativo a los recursos materiales para construir la edificación ya que es un factor que puede aprovechar o no un uso adecuado de materiales existentes en las diferentes regiones del estado.

Por ejemplo en el caso de la madera, esta era esencial en las tareas de construcción. (Azevedo Salomao, 2008)

No obstante, hoy en día es un material escaso, por lo que es más caro que otros materiales. Aunque, cabe mencionar que la madera ha sido el material de mayor trascendencia en la construcción, la arquitectura tradicional ha sabido adaptarse al paisaje boscoso y montañoso.

Otro material utilizado es la piedra, pero esto se da más en las zonas de la Sierra Madre del sur, sin embargo, Torres Garibay, nos da pauta a pensar que puede ser un material alternativo en la construcción de la vivienda.

En la vivienda purépecha, el clima y las tradiciones así como la forma de vida de las sociedades, son factores importantes en la configuración del espacio arquitectónico. Sin olvidar los recursos materiales y económicos disponibles. (Beals, 1944)

La troje es una parte también muy importante de la vivienda por la manera en que fue resuelta, esta era de madera en su totalidad, y su utilidad era como área de guardado, área de habitación o de altar. Más adelante se mencionará cómo era construida.



Fig. 9. Vivienda tradicional conservada. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.

2.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Un material de construcción es un producto o materia prima utilizado en cualquier tipo de construcción, desde casas, edificaciones, obras civiles, etc.

La materia prima, son los elementos que se llevan a una construcción, extraídos de la naturaleza, sin ser procesados de ninguna manera. Y un producto, es el que es elaborado por el hombre, con distinta materia prima, ya sea a mano de obra artesanal o maquinaria.

El cemento, el yeso, el vidrio, el tabicón, el adobe y el ladrillo son algunos ejemplos de productos para la construcción. La arena, el agua, la arcilla, la madera y la piedra son un ejemplo de materia

prima.

La presente investigación busca crear un producto con materia prima orgánica sin cocción, para lograr un producto o material sustentable.

Dentro de la categoría de materiales de construcción, el tabicón, el adobe y el ladrillo son los materiales que serían competencia del material a crear con este trabajo de tesis, ya que resuelven la misma función.

2.2.1 TABICÓN

Es un elemento de construcción preparado a partir de concreto. El cemento es el elemento que le aporta resistencia y cohesión. También se compone de agregados y aditivos.

Entre las ventajas que otorga este material, esta la ligereza, es retardador de fuego y posee resistencia a la compresión. (Saldivar, 2017)

Normalmente el tabicón es utilizado para cerrar o dividir espacios internos en una casa, siempre y cuando las divisiones sean fijas y sin una función estructural como tal. También suele utilizarse en la cimentación ya que no posee un buen confort térmico.

El balance adecuado de agregados finos y grueso, permiten que durante la mezcla se necesite una cantidad de cemento razonable y también para lograr que el producto cumpla con las especificaciones de dureza requerida por cierta normatividad donde se indica para el tabicón sólido de concreto una resis-

tencia a la compresión mínima de 3.0 N/mm² (30.59 kg/cm²) aunque estos valores pueden ser inferiores si el reglamento de construcción local lo permite. (Bautista, 2020)

El tiempo otorgado para que el material fragüe es de uno a tres días a temperatura ambiente.

2.2.2 LADRILLO

El ladrillo también es conocido como tabique. Es un material de construcción elaborado con arcilla sometido a un proceso de cocción.

Antes de la cocción hay un proceso de secado, del cual depende el resultado y calidad del material, ya que previene fisuras.



Fig. 10 Tabicón. Recuperado de: <https://www.construrama.com/>. Consultada el 19 de Junio de 2020.



Fig. 11 Ladrillo. Recuperado de: <https://www.mndelgolfo.com/reportaje/tipos-de-ladrillos-y-sus-usos/>. Consultada el 19 de Junio de 2020.

La cocción se realiza en hornos, donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C. El proceso de cocción es el que le otorga la resistencia al ladrillo. (Bautista, 2020)

Entre las ventajas que posee este material, encontramos la resistencia al fuego, la protección acústica y el aislamiento térmico.

Aunque se pueden colocar a hueso, lo habitual es que se reciban con mortero. La disposición de los ladrillos en el muro se conoce como aparejo.

La resistencia a la compresión mínima requerida para un ladrillo son 24 kg/cm². (Bautista, 2020)

2.2.3 ADOBE

El adobe es un material de construcción, al igual que el ladrillo su principal materia prima es la arcilla, pero la diferencia es que este material no es cocido, se seca al aire libre.

El adobe también se compone de arena y en algunas ocasiones de fibras naturales, depende del lugar de su elaboración.

La técnica de elaborarlos y su uso están extendidos por todo el mundo, encontrándose en muchas culturas que nunca tuvieron relación entre sí. Además de ser una técnica muy antigua.

Sus principales ventajas son el aislamiento acústico, térmico, la resistencia mecánica y resistencia al fuego.

La técnica constructiva tradicional del adobe es simple y no requiere consumo adicional de energía. Para levantar muros, los bloques se adhieren entre sí con barro.

Una clara desventaja de esta técnica, es el proceso de fabricación, ya que puede resultar lento porque se requieren dos o tres semanas para poder utilizar las piezas después de que han sido fabricadas.

Sus resistencias a la compresión son bajas (de 3 a 5 Kg. por cm²) cuando está seco y pueden considerarse nulas a los esfuerzos de tracción. (Pons, 2015)

2.2.4 REFLEXIONES

El tabicón, ladrillo y adobe son los materiales de construcción más similares al que se propondrá mediante este trabajo, ya que resuelven el mismo problema: creación de muros para cualquier construcción.

El nuevo material de construcción se considera un híbrido de los 3 mencionados, del tabicón se toma el hecho de que es un material crudo, ligero y las dimensiones; del ladrillo se toma el hecho de utilizar arcillas, arenas y el dimensionamiento y del adobe, se toma la relación con la naturaleza y con el medio ambiente inmediato de cualquier región.

El adobe es el material más similar, también por los materiales que se utilizan en la elaboración de este, sin embargo, el adobe no logra tener una buena resistencia, además de poseer dimensiones muy grandes, lo que no lo hace eficiente en su utilización, además de quitar mucho espacio.

Se pretende que el nuevo material posea estas propiedades que el adobe no otorga, para que pueda competir directamente con el tabicón y el ladrillo.

2.3 SUSTENTABILIDAD

La sustentabilidad es un proceso que tiene por objetivo encontrar un equilibrio entre el medio ambiente y el uso de recursos naturales.

Existen diferentes enfoques para definir la sustentabilidad, la definición adoptada por la World Commission on Environment and Development y formulada en 1987 en el informe de Brundtland, "Our Common Future" es la siguiente:

"El desarrollo sustentable hace referencia a la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras." (Smartia Group, 2013)

2.3.1 SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

La sustentabilidad ambiental abarca todos los aspectos de nuestras vidas, desde la creación de hogares ecológicos y comunidades con conciencia ambiental hasta el abastecimiento de alimentos sustentables, energía renovable, muebles y ropa de bajo impacto ecológico. (Amador, 2018)

Ser sustentable ambientalmente, se trata de satisfacer nuestras necesidades de agua, alimentos, refugio y también al dedicarnos a actividades que hacen



Fig. 12 Adobe. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Ladrillo_de_adobe. Consultada el 19 de Junio de 2020.

que nuestras vidas sean placenteras, incluidas actividades de ocio y entretenimiento, no causamos daños a nuestro medio ambiente ni agotamos los recursos que no podemos renovar y de esta forma cuidamos a la generaciones futuras. (Amador, 2018)

Con la fabricación de un material con materia disponible en una región, no estaremos causando daño alguno a las comunidades ni agotando sus recursos.

2.3.2 SUSTENTABILIDAD SOCIAL

En este caso, el enfoque sostenible se aplica a un grupo social en concreto. Se trata de tener igualdad con los pueblos y sectores sociales que cuentan con una situación de desprotección o de desventaja frente a los demás.

Su principal objetivo es garantizar que las actividades humanas se puedan desarrollar de tal modo que no destruyan las comunidades humanas a las que afecta, lo que garantiza la perdurabilidad de las mismas y de sus estilos de vida a largo plazo. (Arriols, 2018)

Se trata de la igualdad, perseguir la equidad disminuyendo la pobreza de ciertos grupos sociales.

De esta manera también se debe apoyar con acciones útiles para lograr la conservación de las tradiciones y de los derechos de las comunidades regionales sobre cualquier territorio.

En el caso de este trabajo, el utilizar una técnica tradicional para trabajar la materia prima local es una manera de res-

petar a la comunidad y al mismo tiempo les estaríamos dando derecho a tener una vivienda con un material diseñado en base a sus necesidades.

2.3.3 SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA

En la sustentabilidad económica se busca llevar a cabo prácticas que sean económicamente rentables al mismo tiempo que social y ambientalmente responsables. Es decir, apuntar al crecimiento económico sin dejar de lado la equidad social y el cuidado ambiental. (Gómez, 2017)

Para ser sustentablemente económica, una empresa debe mantener los recursos materiales de forma óptima sin explotar ningún recurso para obtener beneficios.

Una manera sería gestionando los recursos que se utilicen de manera que no se agoten y sigan estando disponibles para el futuro.

Aún vivimos en un sistema económico basado en maximizar la producción y el consumo a cualquier costo, aunque esto implique explotar los recursos de manera ilimitada y no responsable, y generar desigualdad social. (Gómez, 2017)

A través de la sustentabilidad económica se promueve la reducción de la pobreza, la igualdad de género, el desarrollo de habilidades, una tecnología limpia, un marco institucional claro, el crecimiento y el desarrollo económico. (Sy Corvo, 2019)

En nuestro caso, la comunidad, al tener un material de construcción que puedan

fabricar por si mismos con material de la zona, serán económicamente sustentables, ya que no dependerán de nadie, y se generarán empleos.

2.4 DISEÑO DE MATERIALES INNOVADORES

Por naturaleza, el ser humano posee una capacidad para innovar y querer descubrir nuevas formas para reconfigurar el mundo que lo rodea, y para lograr esto, se toma de la mano con el diseño. La innovación constante que marca los tiempos actuales también está presente en la industria de la construcción.

En el caso de la arquitectura, hay un deseo y también una necesidad por revolucionar la arquitectura, esto por la búsqueda de materiales más duraderos, eficientes y sostenibles.

La necesidad del respeto al medio ambiente nos ha obligado a repensar la arquitectura y con ellos sus materiales.

Tecnología e innovación pueden combinarse para ofrecer estructuras más resistentes, con nuevas propiedades, más baratos y sobre todo respetando el medio ambiente para así lograr la sustentabilidad mencionada con anterioridad.

Los materiales de construcción y la construcción misma han sido resultado de la relación del ser humano con el medio ambiente. Con el paso de los años ha habido una constante evolución en la búsqueda y renovación de las construcciones.

Las construcciones son responsables del 40% de las emisiones de CO2 del pla-

neta y consumen también un 40% de la energía mundial. En este cálculo se incluye todo, desde el proceso de fabricación y transporte de los materiales hasta la demolición o el coste de reutilización de los edificios. ("7 materiales para una arquitectura sostenible," 2016)

Hoy en día el sector de la construcción está en búsqueda de nuevos materiales de construcción sostenibles debido al cambio climático, ya que es uno de los principales problemas a los que nos enfrentamos de manera global.

Al introducir materiales sustentables en la cadena productiva, se conseguiría reducir la polución de una manera directa y por lo tanto la huella ambiental.

2.4.1 MATERIALES SUSTENTABLES

La sustentabilidad esta ligada al concepto de desarrollo humano por lo que se refiere a toda acción de éste en relación con su entorno. Es la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer los recursos para el futuro.

La presente tesis además de respetar un conjunto urbano, pretende proponer un material que haga posible un desarrollo sostenible, ya que se estaría contribuyendo a la preservación ambiental mediante el uso de materiales naturales sustentables.

Un material verde o sustentable es aquel cuya extracción, manufactura, operación y disposición final tiene un impacto ambiental bajo, es económicamente viable, su fabricación implica el empleo de mano de obra local, y durante su vida útil no compromete la calidad de vida de los seres vivos que están de alguna manera en contacto directo con él, incluyendo al ser humano. (Aguilar Deboisse, 2011)

A continuación se enuncian las categorías y los criterios considerados para medir qué tan verde es un material, propuestos por Aguilar Deboisse, no sin antes mencionar que no se trata de que el producto analizado cumpla con todas estas características, sino de revisar su desempeño para establecer qué tan amigable es con el medio ambiente:

Material

- Uso de materiales renovables
- Materia prima local
- Contenido reciclado

Manufactura

- Desechos reutilizados
- Composición del material con elementos no tóxicos ni cancerígenos
- Manufactura nacional

Reuso

- Reciclaje: capacidad del material para ser transformado y devuelto al principio de su proceso de manufactura o como materia prima para otro material diferente a su uso original

Operación

- Durante la colocación el material no debe generar elementos tóxicos que afecten la salud del instalador.
- El material puede tener beneficios al ser usado para mejorar el entorno del usuario.

Mantenimiento

- Un material que tenga bajo mantenimiento significa ahorros en costos operacionales. (Aguilar Deboisse, 2011)

Se necesita crear nuevos materiales que puedan competir con los materiales manufacturados y contaminantes. Las fibras naturales y la tierra parecen ser la alternativa para estos nuevos productos en las construcciones modernas.

Para la solución de la presente tesis se ha pensado en utilizar tierra y fibras naturales. Todo material utilizado debe ser abundante y disponible en la región.



ANTECEDENTES

ANTECEDENTES

Los antecedentes redactados en líneas siguientes muestran la literatura acerca del tema. Sobre todo para poder entender porque la vivienda se transformó, con que material está construida actualmente, cómo la construían con anterioridad en base a los sistemas constructivos tradicionales, materiales tradicionales y la distribución de espacios.

3.1. LA TRANSFORMACIÓN DE LA VIVIENDA TRADICIONAL EN MICHOACÁN

La arquitectura tradicional descrita en el capítulo anterior, presenta transformaciones por factores diversos. La cultura cambia por lo cual, los gustos y costumbres influyen en una nueva distribución,

además cabe mencionar que en la región purépecha hay una importante escasez de madera por lo que al faltar esta materia prima, la materialidad en la vivienda cambia también.

Las modificaciones de la vivienda purépecha se dan cuando la organización familiar es extensa, cada hijo varón que se casa, vive y construye su casa en el terreno de sus padres. En algunos casos se divide el terreno en común acuerdo, en lotes según sea el número de herederos, se marca la propiedad por medio de cercas de madera o bardas de piedra. De modo que, las familias son núcleos en los terrenos y cada una posee sus respectivos espacios. (Beals, 1944)

Cualquier manifestación arquitectónica



Fig. 13. Vivienda tradicional con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.

constituye, así como la ciudad misma, una concreción espacial de la dinámica social y por lo tanto está sujeta a cambios en la medida que la sociedad lo requiera y su economía lo permita.

En el caso del purépecha, éste pretende edificar una vivienda que considera mejor, quiere la casa del otro. Queriendo ser lo que no son, avergonzándose de lo que eran, así inicia la transformación. (Padilla Valdés, 2011)

“La transformación de la vivienda tradicional es un reflejo de un cambio motivado por un proceso de globalización económica y social. Los cambios en el aspecto material de ésta, son un aspecto tangible de un proceso intangible.” (García Espinosa, 2010)

En la transformación vemos ciclos de hibridación, pero éste, es un proceso que ha ocurrido de un modo no planeado. Hay una hibridación en estructuras y prácticas culturales, el cual es un resultado de procesos migratorios, turísticos y de intercambio económico y de comunicaciones. (García Espinosa, 2010)

Las transformaciones presentadas en la vivienda tradicional se tratan de: a) incorporación de nuevos materiales; b) cambios formales de la vivienda: cambio de pendiente en la inclinación de techumbres, cambios en altura de muros, proporción entre vanos y macizos, incorporación de balcones, frontones y columnas; c) cambios espaciales: incorporación de espacios nuevos como sala, cocina y

sanitarios; d) cambios solo en fachada; e) construcción de viviendas nuevas; f) cambios funcionales: corresponden a la incorporación de funciones antes inexistentes ante necesidades como la incorporación de aparatos electrodomésticos como lavadora, secadora y televisiones, otro caso es el cambio en la actividad económica como el abandono de la actividad agrícola. (García Espinosa, 2010)

Para el caso de este trabajo de tesis, la transformación material es la que más interesa, debido al impacto de este para la imagen del conjunto tradicional. Los problemas de la vivienda en esta zona son muchos, se considera revolver la parte material.

En el libro *Vernacular Architecture in the Twenty first Century*, se afirma que actualmente la arquitectura vernácula presenta una serie de retos y que la cultura y tradición no están siendo tomadas en cuenta. Se ponen sobre la mesa cuestionamientos acerca de cómo será la vivienda vernácula en un futuro, o si será valorada o desaparecerá en algún momento. (Asquith & Vellinga, 2006)

La arquitectura vernácula, aun en el siglo XXI, sigue estando asociada con el pasado y con la pobreza, es muy frecuente que esta vivienda sea considerada como un obstáculo para el progreso. Incluso se llega a pensar que la eliminación de este tipo de arquitectura no afectaría en nada a las comunidades.

No obstante, en algunos lugares del mundo, este tipo de arquitectura se ve como un ejemplo de autenticidad o como un contenedor de determinados significados culturales, como algo intocable e

irreplicable.

Considero que ambas posturas son erróneas. En pleno siglo XXI, lo que debería emerger es un proyecto cuya misión sea la reinterpretación del pasado y de la tradición al presente cambiante. Eso sería una arquitectura vernácula digna del siglo XXI.

3.1.1 MATERIALIDAD DE LA VIVIENDA TRADICIONAL

El material de construcción que más se utilizó en la vivienda tradicional en la Meseta Purepecha es la madera de pino.

En la construcción de la troje se utilizan tablones de 2.5" de espesor por 15" de

ancho y son usados en tres longitudes: unos más cortos para la tarima que será el piso; otros para el tapanco que será el plafón de la habitación los cuales quedan sobresaliendo de la estructura para recibir la estructura del techo; y los últimos para el muro largo, el cual lleva resacas y ensambles. (Azevedo Salomao, 2008)

Las paredes son de gruesos tablones horizontales ensamblados alternadamente con rebajos pasados, estos elementos alcanzan medidas de 3 x 18 pulgadas de espesor y ancho, en ocasiones alcanzan hasta 12 pies de longitud y están trabajados con hachazuela.

El techo de la troje es de tejamanil: delgadas tablas de pino o abeto que se clavan sobre la vigueta delgada de la estructura de la techumbre. La cual pue-

de ser de dos o cuatro aguas. (Aguilar, 2002)

Otro material muy utilizado es el adobe. Los adobes se hacían de cualquier tierra fina adecuada mezclada con excremento de animal. En algunos pueblos se llegaron a utilizar agujas secas de huinumo o de paja de trigo o cebada.

El barro para los adobes se mezcla dentro de un hoyo en la tierra. La tierra seca se mezcla primero con excremento animal y luego se le añade agua en una proporción de 10 carretilladas de tierra, medio saco de estiercol o de paja y diez botes alcohólicos de agua. Luego se mezcla el lodo con una pala durante cerca de tres horas. (Beals, 1992)

Se coloca entonces sobre el terreno aplanado un marco o adobera de madera del tamaño del ladrillo que se va a hacer. Se mete lodo al marco y se presiona bien con las manos para asegurarse de que llene completamente el espacio. Se levanta luego el marco y se lava en preparación para hacer el siguiente adobe. Los adobes se dejan secar durante ocho días, primero en su posición original y luego de canto. El tamaño ori-

ginal de los adobes es de 60x40x10 cm. (Beals, 1992)

3.1.2 MATERIALIDAD DE LA VIVIENDA ACTUAL

En la vivienda actual se observa una incorporación de nuevos materiales. El que más interesa es la sustitución de muros de adobe o madera por muro de ladrillo, block de concreto o tabicón.

La cubierta que anteriormente era de tejamanil, ahora se ve sustituida por una de lámina o galvateja. En el caso de los vanos, las ventanas y puertas que originalmente eran de madera ahora son de aluminio o de herrería.

La losa que era estructuralmente sostenida a base de una cubierta de vigería, actualmente se soluciona con una losa de concreto armado o de casetón.

Exteriormente podemos observar la incorporación de ciertos recubrimientos, como azulejo, loseta cerámica o piedra laja en muros. De igual manera la utilización de pintura de distintos colores.

Interiormente se empieza a colocar lose-



Fig. 14. Vivienda tradicional con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.



Fig. 15. Vivienda tradicional con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.



Fig. 16. Vivienda con material contemporáneo. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.

ta en pisos y se empiezan a aplanar los muros, con mortero o yeso. (García Espinosa, 2010)

3.2 RELACIÓN ENTRE MATERIALIDAD, ESPACIALIDAD Y CONSTRUCCIÓN

Un material de construcción no está aislado a un sistema constructivo. El material no determina la forma de una vivienda pero si establece límites. (Ettinger, 2010)

Se han introducido materiales industrializados en la construcción de la vivienda en la Meseta Purépecha, sin embargo, en algunos casos se observa que las formas tradicionales de la vivienda se conservan.

El material de construcción que se pondrá con esta tesis de diseño experimental pretende acoplarse a formas que perduren. Esto con el propósito de conservar la tradición en su manera de habitar la vivienda y que pueda facilitar la autoconstrucción.

El material tiene que mostrar una relación con la disposición de la casa, es decir, con la distribución que muestra una

vivienda actual ocupada por una familia común en la región. Por esta razón es interesante entender la manera en que se relacionan los materiales con la forma de construir y distribuir espacios.

La necesidad de introducir nuevos materiales de construcción no hace desaparecer la tradición constructiva.

En algunos casos, los constructores buscan la manera de mantener aspectos formales y espaciales. Se mantiene la tradición vernácula en sus formas y espacialidad, a pesar del uso de otros materiales. (Ettinger, 2010)



Fig. 18. Vivienda con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.



Fig. 19. Utilización de madera en vivienda. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.



Fig. 17. Vivienda con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.

3.2.1 USO DE MADERA EN LA VIVIENDA: RELACION ESPACIO - MATERIAL

Según Andrade Pérez en el solar purépecha existen actualmente tres elementos: acceso, troje y cocina, siendo el patio un elemento de vestibulación y articulación. En algunos casos aparece una segunda troje u otros elementos no tradicionales como habitaciones y cochera. Tradicionalmente el esquema de la distribución del solar, consiste en la ubicación de la vivienda al centro de un predio, de tal manera que dentro del terreno la unidad habitacional tenga el control y la supervisión de áreas de cultivo.

Los espacios complementarios como la cocina, letrina y áreas cubiertas para ganado o almacenes de grano, se distribuyen de manera segmentada sobre el predio. El área de servicio en este tipo de vivienda, consta de una cocina, una letrina y un tejaban, espacios ubicados normalmente separados de la habitación. (Andrade Perez, 2014)

EL ACCESO

En el solar, el acceso era un elemento arquitectónico muy importante. Tradicionalmente, el acceso era de madera, la puerta de entrada y la marquesina, la cual iba sobre vigas, a dos aguas para jerarquizar el acceso. (Andrade Perez, 2014)

En visita de campo al municipio de Charapan, respecto al acceso, se observaron puertas con tableros de madera y puertas de herrería. Y respecto a los muros perimetrales, se observó que hay de

tres distintos materiales: piedra, tabique y madera; predominando los de piedra y tabique.

En algunos casos, el acceso cuenta con marquesina: de concreto, madera y lámina. Actualmente no se observan marquesinas de tajamanil.

LA TROJE

La troje está compuesta por una planta arquitectónica de sección cuadrada de un solo cuarto con un tapanco en un segundo piso y en ocasiones con área porticada al frente.

La troje ha sido construida con vigas de madera de pino y en ocasiones de oyamel con cuatro lados planos. La troje era caracterizada por el ensamblaje que se tenía que hacer para evitar que se destruyera con los terremotos y, al mismo tiempo, permitir el desmontaje para su posible mantenimiento y su traslado a otro lugar. (Arreguín, Bernal, & Cruz de León, 2016) .

En su mayoría, la troje no va anclada al piso, va desplantada sobre bases de piedra, quedando elevada y sobre estas piedras empieza toda la construcción.

La altura de la habitación oscila entre 2 y 3 m, mientras que las dimensiones son muy variadas, dependen en la mayoría de los casos del número de ocupantes.

En el centro de uno de sus lados, que representa su fachada principal, se ubica el acceso, el cual es el único vano para iluminación y ventilación, ya que la troje tradicional carece de ventanas. (Andrade Perez, 2014)



Fig. 20. Vivienda tradicional conservada. Fotografía tomada por Jorge Ávila. 2018.

Las actividades de dicha habitación son dormir, estar, rezar, ver televisión y guardado de pertenencias y objetos de valor. (Andrade Pérez, 2014)

La distribución espacial se configura con el altar ubicado en el eje del acceso, a los costados de éste, están las áreas de dormir y los espacios en los costados del acceso son para colocar muebles de guardado. (Andrade Pérez, 2014)

El pórtico el cual es un espacio de descanso y convivencia, tiene forma rectangular y la superficie equivale a una tercera o cuarta parte del área de la habitación. Se configura por las proyecciones del piso, los muros laterales y el techo de la habitación o alero.

Cabe mencionar que en la construcción de la troje, se muestra el vínculo entre la comunidad y la religión, ya que al iniciarse la construcción, la primera viga que se colocaba tenía que llevar el nombre del propietario junto con una inscripción religiosa. (Andrade Pérez, 2014)

3.3 MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Un sistema constructivo es el conjunto de elementos que conforman físicamente una obra arquitectónica y junto con los materiales empleados son estos los que caracterizan el estilo de la arquitectura regional o local. Los elementos que componen el sistema constructivo, son:

Estructurales: incluyen los elementos de apoyo y de cubiertas.

Cimentación: transmite cargas al suelo.
Superestructura: distribuyen cargas a

la cimentación: pilastras, arcos, muros, co-lumnas.

Cubiertas: cubren espacios habitables, tablaterrados, bóvedas.



Fig. 21. Interior de una vivienda tradicional. Fotografía propia. Tomada el 13 de mayo de 2018.



Fig. 22. Acceso actual. Fotografía propia. Tomada el 11 de febrero de 2020.



Fig. 23. Acceso actual. Fotografía propia. Tomada el 11 de febrero de 2020.

Elementos de liga o comunicación: escaleras y pasillos.

Acabados: recubrimientos de elementos estructurales: aplanados, lambrines, rodapiés. (Díaz Arreola, Fuentes Valles, &

Pérez Martínez, 2013)

La cimentación está conformada a base de piedras braza de la región, la cual consiste en la colocación de piedras cuatraperadas o amontonadas en las cruces

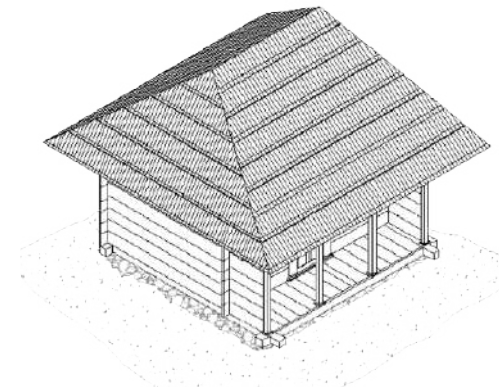


Fig. 24. Andrade Pérez. (2014) Esquema de una troje. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".

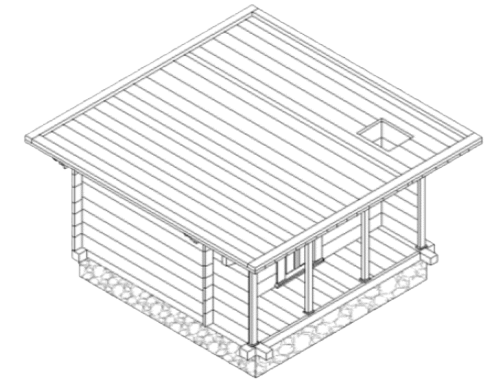


Fig. 27. Andrade Pérez. Estructura de la troje. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".

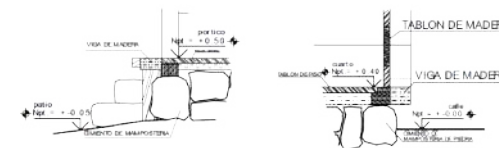


Fig. 25. Bedolla Arroyo (2011) Cimentación de trojes. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".

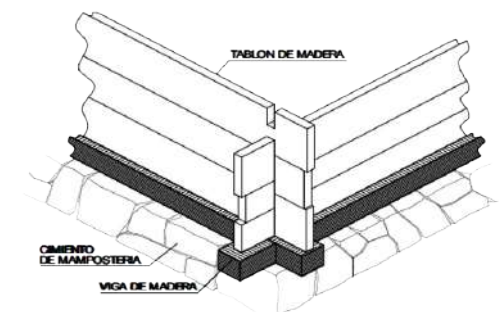


Fig. 26. Bedolla Arroyo (2011) Ensamblaje de muros. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".

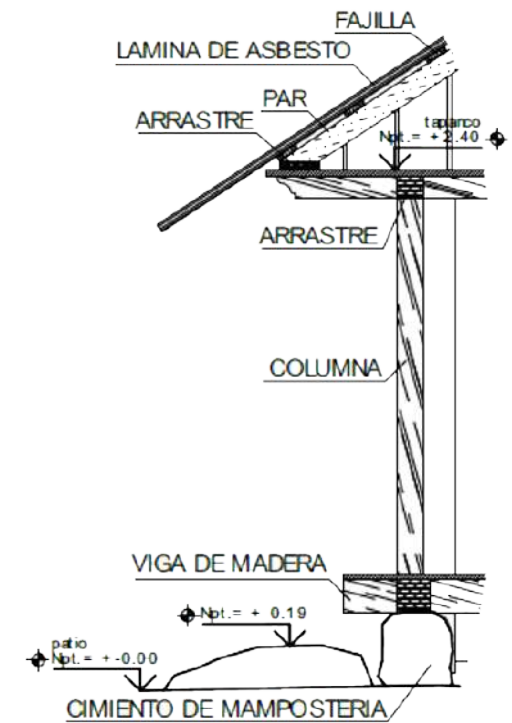


Fig. 28. Bedolla Arroyo (2011) Columna en pórtico en Troje. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".

de los arrastre de desplante de la construcción, ajustándose a las pendientes naturales. Como la troje es de madera y es un material susceptible a la humedad, el empleo de estas bases es con la finalidad de elevar la construcción sobre el nivel de piso natural, generando circulación de aire. (Bedolla Arroyo et al., 2011).

Respecto a los muros, predomina la construcción con madera, habiendo casos de utilización de adobe y piedra.

La forma de construir estos muros es a través de un ensamble. Para el desplante se utilizan vigas de madera generalmente de sección cuadrada, las cuales van desde los 13 hasta los 25 centímetros, las vigas son ensambladas en sus intersecciones a media madera. Los tablonnes de madera que conforman los muros poseen medidas de: 0.08 x 0.40 y con longitud de hasta 6.00 metros, los cuales también van ensamblados entre sí a media madera.

Este sistema de ensamblaje también se conoce como sistema machihembrado o como sistema de dientes y muescas, para permitir un fácil desmontaje. Para incrementar la rigidez en la sujeción de las piezas de los muros se usan tacos de madera, en las piezas del entrepiso se usan clavijas del mismo material, por tal motivo no se requieren clavos metálicos. (Andrade Perez, 2014)

Es interesante como en este sistema constructivo no existe ningún otro tipo de amarre o ensamble que soporte toda la estructura, la cual es consolidada cuando se ensamblan el tapanco y el piso, igualmente hechos de tablonnes de ma-

dera, cuando se colocan, la estructura trabaja como un cubo de 6 caras.

Respecto al piso, éste puede ser de piedra volcánica, de barro, y de tablonnes de madera cuya dimensión oscila entre 8 y 10 centímetros de espesor, y de 30 a 50 centímetros de ancho. Los pisos de madera se colocan sobre las vigas de desplante, ensamblados por medio de un saque de las vigas, donde se sobrepone los tablonnes a hueso.

Los apoyos aislados que podemos en-

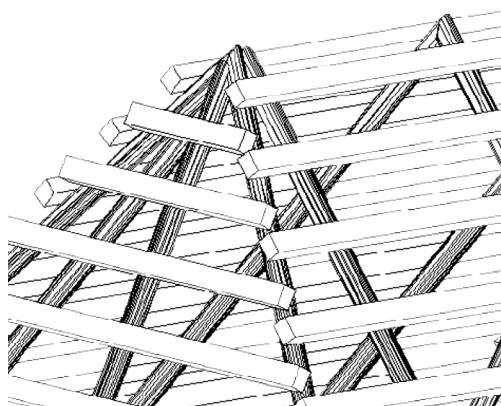


Fig. 29. Bedolla Arroyo (2011) Estructura de madera en cubierta. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".

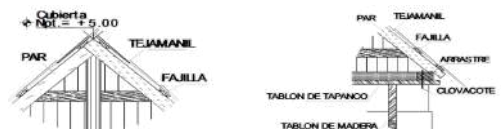


Fig. 30. Bedolla Arroyo (2011). Corte transversal de troje. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".

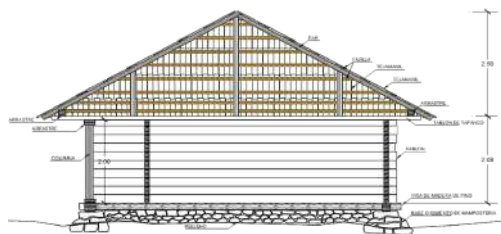


Fig. 31. Bedolla Arroyo (2011). Ensamblaje de muros. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".

contrar en las trojes corresponden a los del pórtico, los cuales son a base de columnas de madera de sección circular de 18 a 20 centímetros de diámetro, estos se encuentran sobre la viga madrina de arrastre de madera. Las columnas se anclan por medio de ensamble de espiga y escopladura de sección cuadrada de 2.5 por 2.5 centímetros. (Bedolla Arroyo et al., 2011)

Las columnas tienen la función de soportar las cargas de la cubierta. Dicha función la realizan apoyando los arrastres de cerramiento sobre los cuales se apoya la estructura de vigería y techumbre.

En la parte superior de la columna, en algunas ocasiones se puede encontrar una zapata de madera de sección cuadrada, sobre la cual se sostienen los tablonnes que conforman el piso del tapanco.

El acceso al tapanco se da a través de una escotilla localizada en el techo del pórtico, o el alero frontal si la vivienda carece de portal, la abertura es cuadrada o rectangular y las dimensiones deben permitir que pase un hombre cargado con un costal lleno de granos. (Andrade Perez, 2014)

Respecto a la cubierta, ésta es de cuatro pendientes muy peraltadas, ya que es zona lluviosa, la cubierta tiene el objetivo de expulsar de forma rápida el agua de lluvia, se hacían en su mayoría de tejamanil.

La cubierta se conforma por el piso del tapanco y la estructura de la cubierta. El piso del tapanco está hecho con tablo-

nes de madera en el sentido perpendicular al acceso de la habitación, sobre estos se coloca una viga (arrastre) que sirve como amarre de los muros.

Estos arrastres van alrededor de toda la habitación; en donde se forman los cruces de estos se hace un ensamble a media madera, y para sujetar el arrastre con el tablón del tapanco se emplean un clavacote circular. (Bedolla Arroyo et al., 2011)

Sobre los arrastres se coloca la vigería o largueros, ya sean rectangulares o redondos. Estos sirven para soportar la techumbre. Se les hace un saque para que se sujeten al arrastre.

La vigería tiene una separación de 60 a 80 centímetros entre ellos. Sobre estos se colocan las fajillas que van perpendiculares a las vigas, sus dimensiones son de 2 a 4 centímetros de espesor por 5 a 7 centímetros de ancho. Sobre estas se coloca la cubierta de tejamanil, pieza a manera de cuña muy delgada con secciones de 12 centímetros de ancho, por 70 centímetros de largo y 1 centímetro de espesor. (Bedolla Arroyo et al., 2011)

3.4 DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA VIVIENDA TRADICIONAL PURÉPECHA

Siguiendo con la revisión bibliográfica, la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo" de Luis Alberto Andrade Pérez, analiza 5 viviendas distintas en sus 5 solares.

En cuanto a distribución, espacios y material el analiza 4 viviendas tradicionales (S-1, S-2, S-3 y S-4) y 1 vivienda

transformada o híbrido (S-5).

Conocer la manera como se distribuyen interiormente los espacios es de suma importancia. Ya que de esta manera nos damos una idea de la manera como se vive actualmente. Esta información servirá al momento de diseñar la propuesta de vivienda para la implementación del nuevo material de construcción.

En el caso S-1 puede observarse la presencia de espacios habitables tradicionales como la troje, cuya fachada se encuentra la este y hacia el patio; la cocina se ubica al costado sur de la troje. El lavadero se encuentra frente a la cocina y al costado de éste se ubica la letrina. El área correspondiente al espacio de cultivo o patio es significativa y rodea el área habitacional. (Andrade Pérez, 2014)

El caso de S-3 esta en la esquina noroeste y presenta los mismos espacios habi-

tables y de cultivo que S-1, es decir: acceso, localizado al costado norte de la troje; cocina, ubicada al costado noroeste de la troje y frente al acceso a manera de remate visual; letrina localizada entre la cocina y la troje; lavadero al costado norte de la cocina; patio como

articulación y espacio de cultivo.

En el caso S-5 analizado por Andrade P., el solar se encuentra en esquina, y la troje en la esquina de este, contiguo a ella, al costado oriente, se encuentra el acceso y frente a ella el lavadero, el

cual colinda hacia el sur con la cocina. La letrina se encuentra del lado oriente entre dos recámaras construidas con materiales industrializados. Al sur de encuentra el espacio de cultivo doméstico y la cochera. (Andrade Pérez, 2014)

La configuración espacial y constructiva de los casos S-2 y S-4 responde a que son solares deshabitados. En el caso de S-2 únicamente existen tres elementos: acceso, troje y espacio de cultivo doméstico. En el caso S-4 se observan el acceso, el patio configurado por la troje y la cocina y el espacio de cultivo doméstico. En ambos casos hay ausencia de letrina. (Andrade Pérez, 2014).

Con éste análisis, él concluye que actualmente existen tres elementos constantes de un solar purépecha: acceso, troje, cocina y espacio de cultivo o patio. El acceso, troje y cocina en conjunto permiten la configuración del patio como elemento de vestibulación y articulación entre estos tres espacios.

En las tres viviendas analizadas hay letrina y lavadero y en la S-5 (la vivienda tradicional modificada) hay cuartos y cochera.

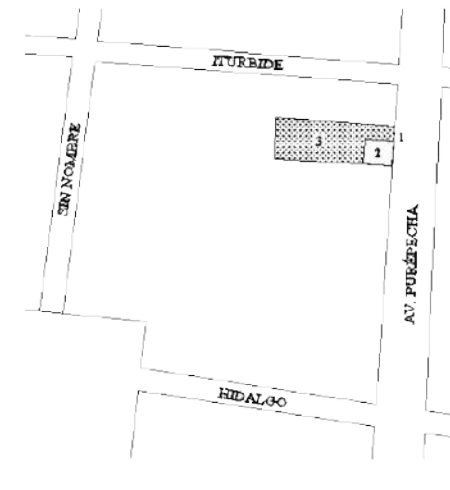


S-3

Simbología:

- 1) Acceso, 2) patio, 3) troje, 4) cocina, 5) letrina, 6) lavadero, 7) espacio de cultivo doméstico

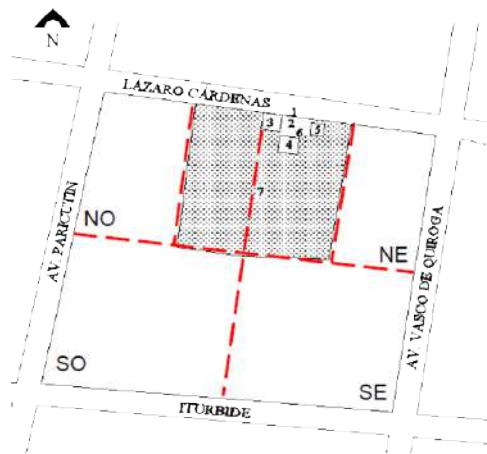
Fig. 33. Andrade Pérez (2014) Caso S-3. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".



Simbología:

- 1) Acceso, 2) troje, 3) espacio de cultivo doméstico

Fig. 35. Andrade Pérez (2014). Caso S-2. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".



S-1

Simbología:

- 1) Acceso, 2) patio, 3) troje, 4) cocina, 5) letrina, 6) lavadero, 7) espacio de cultivo doméstico

Fig. 32. Andrade Pérez (2014) Caso S-1. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".

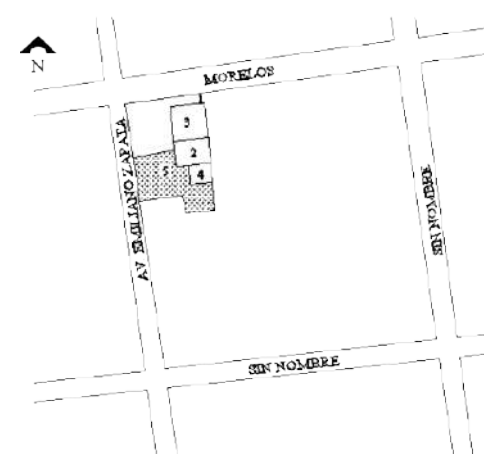


S-5

Simbología:

- 1) Acceso, 2) patio, 3) troje, 4) cocina, 5) letrina, 6) lavadero, 7) espacio de cultivo doméstico, 8) cuartos, 9) cochera

Fig. 34. Andrade Pérez (2014) Caso S-5. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".



Simbología:

- 1) Acceso, 2) patio, 3) troje, 4) cocina, 5) espacio de cultivo doméstico

Fig. 36. Andrade Pérez (2014). Caso S-4. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".

3.4 CONCLUSIONES

En base a las discusiones leídas de distintos autores y a mi opinión personal, la vivienda en la región está en una fase de transformación, por lo que hoy en día, es de suma importancia tomar una postura flexible hacia la vivienda.

Ser flexibles al cambio nos deja entender que el material antes utilizado ya no es el mismo, la utilización de madera de pino se torna complicado por su escasez y elevado precio. Y la utilización de ladrillo o tabicón no es la mejor opción debido a que es un material industrializado y contaminante.

Por tal motivo, el encontrar un nuevo material capaz de sustituir a la madera y al material industrializado, se vuelve la principal causa de interés para el desarrollo de este trabajo de tesis.

El cambio es inevitable, la definición de vivienda vernácula en base a su materialidad ya no existe, ya que está en un pasado era el resultado de la relación del habitante con su entorno, pero si en este caso, el entorno inmediato se torna escaso, lo ideal es encontrar una solución para que este cambio no afecte al conjunto tradicional o la manera en que construían los habitantes, sin dejar atrás su economía y la sustentabilidad.

No obstante, la transformación no debe afectar la forma de vida de los habitantes, ya que es en su cultura donde se encuentra la tradición. La tradición existe

al momento en que el purépecha habita la vivienda.

Respecto a los sistemas constructivos estudiados con anterioridad nos muestran la manera como resolvían la utilización de madera en la troje y los tipos de conocimiento que poseen. Sin embargo con la modernidad están optando por utilizar otro tipo de sistemas constructivos.

Habría que analizar qué es lo que perdura hablando de la construcción tradicional y que es lo repetitivo hablando de la construcción contemporánea, para poder resolver la manera de habitar del purépecha actual al momento de utilizar el nuevo material.

Actualmente no se puede desligar la modernidad del término de vivienda vernácula, por esta razón, es necesario encontrar la categoría intermedia, ante este proceso de hibridación, la cual es la experimentación para diseñar un nuevo material constructivo.

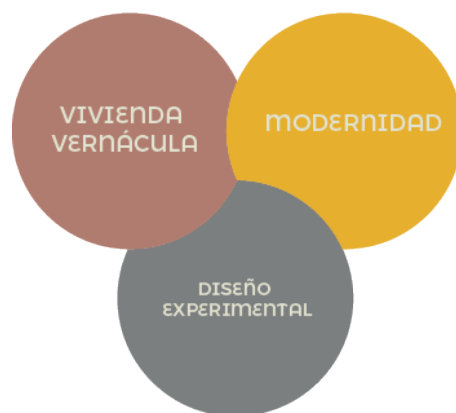


Fig. 37 Esquema de categorías. Elaboración propia. Realizado el 17 de septiembre de 2019

Hay aspectos de la vivienda tradicional que inevitablemente deben abandonarse, sin embargo, se encuentran algunos aspectos que se pueden conservar.

La autoconstrucción es al arte de construir y edificar lo propio, es importante que el material innovador permita ser utilizado por las personas habitantes de la región. Un material que permita la autoconstrucción ayuda a la economía de las comunidades.

De la misma manera, el material innovador también puede ser "autoconstruido" por la comunidad, ya que será realizado con recursos disponibles de la región inmediata, y será realizado con baja tecnología para su fácil elaboración.





**INNOVACIÓN EN MATE-
RIALES REGIONALES**

INNOVACIÓN EN MATERIALES REGIONALES

El capítulo 4 aborda el tema de materiales considerados tradicionales. Se menciona el uso de tierra y fibras naturales, ya que son abundantes en la región, se muestra cómo se han utilizado en la actualidad a través de distintos casos de innovación.

4.1 ARQUITECTURA DE TIERRA

La tierra es un material que ya ha sido utilizado en la meseta purépecha, como lo podemos ver en la creación de adobes. Existe un interés de voltear a ver este material ya que la utilización de madera se torna imposible por la esca-

sez y por lo tanto un elevado costo.

Actualmente la arquitectura de tierra está tomando una gran importancia, esto debido a la industrialización y procesos de fabricación, ya que gracias a esto, se ha logrado mejorar las características naturales del material y sus cualidades para emplearla de la mejor manera en la construcción.

TAPIAL

En los últimos tiempos se ha desarrollado la prefabricación del tapial y la introducción en taller de sistemas de instalaciones dentro de los muros. (Bestraten, Hormías, & Altemir, 2011)

La técnica del tapial se define como tierra amasada y apisonada en un encofrado para formar muros monolíticos.

Un ejemplo de esta técnica se utilizó en la Capilla de la Reconciliación, situada en Berlín, el proyecto está compuesto por muros de tierra y celosía de madera.

Los muros interiores de tierra apisonada son de 7,20 metros de alto, 0,60 m de espesor y 43 m de longitud. La forma ovalada del conjunto tiene diámetros de entre 10 y 14 metros y soporta las cargas de la cubierta.

Se trata de una mezcla de arcilla y gravas de diversas granulometrías con un pequeño porcentaje de fibras de lino añadidas.

La arcilla con su humedad natural se fue encofrando para formar muros monolíticos.

Un ejemplo de esta técnica se utilizó en la Capilla de la Reconciliación, situada en Berlín, el proyecto está compuesto por muros de tierra y celosía de madera.

Los muros interiores de tierra apisonada son de 7,20 metros de alto, 0,60 m de espesor y 43 m de longitud. La forma ovalada del conjunto tiene diámetros de entre 10 y 14 metros y soporta las cargas de la cubierta.

Se trata de una mezcla de arcilla y gravas de diversas granulometrías con un pequeño porcentaje de fibras de lino añadidas.

La arcilla con su humedad natural se fue colocando en capas de 30 cm de grosor en los encofrados y se compactó después a unos 8 cm. (Bestraten et al., 2011)



Fig. 38. Capilla de la reconciliación. Recuperada de: <https://www.arquitecturayempresa.es/>. Consultado el 20 de agosto de 2019.



Fig. 39. Centro de Invidentes y Débiles Visuales. Recuperada de <https://www.archdaily.mx/mx/>. Consultado el 20 de agosto de 2019.

TIERRA COMPRIMIDA

El bloque de tierra comprimida se caracteriza por ser una pieza de tierra que se prensa mecánicamente, suele llevar una pequeña proporción de cal o cemento y se deja secar al aire para formar muros de fábrica. (Bestraten et al., 2011)

Un ejemplo de la utilización de esta técnica es el Centro para la Atención de Gente Invidente en la Ciudad de México, por el Arquitecto Mauricio Rocha.

En este proyecto se empleó la técnica de los bloques de tierra comprimidos para los muros de cerramiento. Las diferentes texturas de los zócalos de hormigón a la altura de la mano sirven de orientación para los alumnos del centro.

Los muros de tierra sirven de piel para la estructura de hormigón armado que soporta la cubierta. Al confort térmico y acústico se suma la calidez táctil de los materiales de la tierra, que aportan un valor añadido como material de construcción. (Bestraten et al., 2011)

ADOBE

El adobe se basa en una masa de barro, mezclada con paja o huinumo, moldeada con forma prismática, de tamaño variable y secado al aire. Se diferencia del tapial y el bloque de tierra comprimida en la cantidad de agua necesaria en el proceso de fabricación.

Esta elevada cantidad de agua que se evapora en su proceso de secado requiere de la presencia de fibras vegetales que evite las fisuras por retracción.

En el tapial y el bloque de tierra comprimida, dado que las tierras tienen menor presencia de arcillas y mayor contenido de limos y arenas, sumado a una presencia menor de humedad, hacen innecesaria la adición de fibras.

Un ejemplo internacional de esta técnica es la Bodega los Robles en Chile. La masa térmica de los adobes contribuye al control térmico dentro de las bodegas y sus cualidades acústicas permiten el uso de algunos espacios como salas de presentación o de cata de vinos.

Las construcciones de tierra deben protegerse frente a los efectos de la humedad del terreno, así como de las precipitaciones. La colocación de barreras anti-humedad en el detalle de las cimentaciones previene de la ascensión por capilaridad. En las épocas secas la

humedad absorbida por los muros es devuelta a la atmósfera gracias a la capacidad transpirable de los muros de tierra. (Bestraten et al., 2011)

COB

La técnica del Cob consiste en una masa de barro y abundante paja que se apila y moldea a mano para formar muros monolíticos. La composición del material es parecida al adobe, pero el moldeado se realiza directamente en el muro.

Un ejemplo en la utilización de esta técnica es la escuela Escuela Meti de Rudrapur en Bangladesh.

La naturaleza plástica de la técnica del Cob permitió a las arquitectas diseñar espacios cueva para los juegos de los



Fig 40. Bodega los Robles. Recuperada de: <https://eartharchitecture.org>. Consultado el 20 de agosto de 2019.



Fig 41. Meti School. Recuperada de: <http://www.archsociety.com/>. Consultado el 20 de agosto de 2019.

alumnos de la escuela. En el interior de estos espacios orgánicos, íntimos, táctiles, los niños pueden estudiar, reunirse en pequeños grupos, dormir o jugar.

La planta baja consta de gruesos muros de Cob, mientras que la segunda planta se construye con ligeras estructuras de bambú abiertas a las vistas, como una gran cubierta ventilada. (Bestraten et al., 2011)

4.1.1 IMPORTANCIA EN LA CONSTRUCCIÓN

La tierra es y ha sido un elemento importante en la construcción, por esta razón se tiene el interés de utilizarla, además de que es un recurso abundante en la región.

En la actualidad se ha retomado la técnica tradicional del adobe o bloque de tierra compactado pero mejorando sus características esto es a través de la compactación y de la adición de distintos estabilizadores. Dichos estabilizadores se elegirán a través de un proceso experimental.

Este supuesto nos afirma que se pueden realizar bloques con cualquier tierra, siempre y cuando se encuentra la manera de estabilizarlos y mejorar sus propiedades; que es lo que se buscará con la experimentación de este trabajo.

Los estabilizantes son elementos que se le añaden principalmente al limo y la arcilla para actuar contra el agua y propor-

cionar cierta estabilidad cuando existe una presencia de agua que ponga en peligro sus capacidades. En la construcción moderna, los estabilizantes más comunes son el cemento y la cal. Pudiendo haber también fibras ya sea naturales o sintéticas. En el caso particular de este trabajo se tiene el interés de utilizar la cal ya que el cemento es contaminante.

La construcción con tierra durante la primera década del siglo XXI ha resurgido en todo el mundo como un material con propiedades sostenibles, de bajo impacto ambiental y de gran capacidad expresiva. (Bestraten et al., 2011)

Los bloques de tierra comprimida representan un material de construcción rentable y sostenible para la construcción en áreas de bajos ingresos como es nuestro caso de estudio.

La tierra es un material que no necesita mucha energía para su ejecución como elemento constructivo, lo cual da como resultado un ahorro por ejemplo, en procesos de cocción.

Otro ahorro que permite la construcción con tierra es la extracción, ya que esta se puede realizar en las zonas locales de la construcción, lo que ahorra una gran cantidad de coste en transporte.

Los bloques comprimidos de tierra estabilizada son bloques recientemente introducidos debido a los problemas identificados con los ladrillos de arcilla cocida. El problema principal con respecto a los ladrillos es la emisión de CO₂ durante el proceso de fabricación de ladrillos, lo que conduce a muchos problemas ambientales, como la lluvia ácida y el

calentamiento global. (Malkanthei et al., 2020)

Durante las últimas cinco décadas, los edificios de tierra fueron los materiales de construcción más sostenibles y ampliamente utilizados en los países en desarrollo. (Mostafa & Uddin, 2016)

En el proceso de puesta en obra, la tierra actúa de la misma manera que el hormigón. Al inicio su aspecto es fluido permitiendo una mayor facilidad de manipulación del material, sin embargo con el paso del tiempo y tras pasar por un proceso de secado, su estado se convierte en un estado sólido que da rigidez a la estructura. Además todos los procesos por los que pasa, desde su extracción hasta su puesta en obra, pueden realizarse de una forma manual, facilitando la manipulación del material en cada una de sus fases. (González Yagüe, 2018)

La utilización de la tierra en la construcción de viviendas ofrece una resistencia muy alta al fuego y proporciona un entorno de vida confortablemente construido debido a su alto valor de aislamiento térmico. Además es fácil de obtener si se busca su disponibilidad local y es ecológico.

4.2 FIBRAS NATURALES

Las fibras naturales son materiales se originan en la naturaleza, ya sean producidas por plantas o por animales. Abundan distintos tipos dependiendo de la zona.

4.2.1 IMPORTANCIA EN LA CONSTRUCCION

Se sabe que las fibras se oponen a la formación de grietas en el paso con el aumento de la tensión, y evitan que las micro grietas se expandan. (Mostafa & Uddin, 2016)

Investigaciones previas han demostrado que agregar un 0,4% en peso de fibras en una mezcla de tierra aumenta significativamente la resistencia a la compresión. Sin embargo, la adición de fibras con una cantidad de más de 0.4% en peso conduce a una caída en su resistencia a la compresión. (Mostafa & Uddin, 2016)

Sin embargo, existe un interés en utilizar más porcentaje de fibras naturales para crear un material ligero pero que resista la compresión. A través de la experimentación se averiguará si es posible.

En pruebas recientes, también se ha demostrado que las fibras naturales en bloques de tierra comprimida reducen el tamaño de las grietas por contracción y mejoran la durabilidad. (Mostafa & Uddin, 2016)

Su utilización en la construcción parece ser una posibilidad real para los países en desarrollo, ya que están disponibles en grandes cantidades y representan una fuente renovable continua.

Las fibras naturales han sido utilizadas en una gran cantidad de aplicaciones,

entre las que destacan:

- Hilos y textiles
 - Utensilios
 - Cuerdas
 - Telas
 - Productos de papel y cartón
 - Embalajes
 - Materiales para la construcción
 - Geotextiles
 - Compuestos
- (Forero R., 2007)

El desarrollo sostenible, el cuidado del medio ambiente y la innovación de desarrollar nuevos materiales, abren la posibilidad de fabricar productos con materiales eficientes y disponibles, como es el caso de esta materia prima. Al ser materiales abundantes y renovables, se puede tener costos bajos en su fabricación y su impacto medio ambiental podría ser mínimo.

Las fibras naturales han sido la base en los materiales de construcción desde tiempos remotos. Los prehistóricos seres humanos empezaron a crear sus hogares aprovechando lo que les ofrecía la naturaleza, como es el caso de nuestra región de estudio. Se utiliza y aprovecha lo que se tiene a la mano.

Cuando el ser humano era nómada, al crear viviendas temporales utilizaba materiales que encontraba en su entorno: materiales posiblemente de desecho, ramas y troncos de árboles regados, hojas de palma, trenzados de fibra, etc. Dichos materiales se entretrejan entre sí para lograr viviendas habitables.

Con el avance que se fue dando, las viviendas dejan de ser efímeras, por lo

que se empezaron a buscar materiales más duraderos. Es aquí cuando a los primitivos elementos entretreídos de construcción se les añaden otros elementos como arena, piedra o marmoles.

Estos elementos combinados entre sí, crean un abanico de nuevas familias de materiales. El ser humano empezó a diseñar y experimentar nuevas técnicas, para crear materiales más adecuados al medio y su necesidad.

El adobe es el primer material que empieza a utilizar una técnica más avanzada, el cual utiliza fibras naturales o vegetales como aditivo y sigue el proceso mencionado con anterioridad. Hoy en día es un material considerado sustentable y muy interesante por la manera que fue solucionado.

Algunas fibras naturales como la cascara de arroz, los residuos agrícolas, el cañamo y el corcho han ocupado un papel relevante como elementos clave en la fabricación de materiales que pueden generar aislamiento térmico y acústico.

La fibra de polietileno es la fibra sintética más popular que se ha utilizado en bloques de tierra y en otros materiales de construcción como el hormigón. Sin embargo, la pérdida ambiental que sufre la sociedad debido a la contaminación generada durante la producción y el reciclaje de tales materiales basados en fibras sintéticas ha llamado nuevamente la atención sobre el uso de fibra natural. (Mostafa & Uddin, 2016)

4.3 CASOS DE INNOVACIÓN MATERIAL EXPERIMENTAL

La demanda de materiales de construcción sostenibles a bajo costo está creciendo a medida que los problemas sociales, económicos y ambientales evolucionan en la sociedad actual. La necesidad de nuevos materiales de construcción que puedan traer ventajas de bajo peso, alta resistencia y costo asequible se convierte en una urgencia (Mostafa & Uddin, 2016)

Con este trabajo, se pretende cumplir una demanda de materiales de construcción en la región Meseta Purépecha del estado de Michoacán. En dicho lugar abundan tierras y fibras naturales, por lo que se piensa experimentar con ellos.

Hoy en día vivimos en un mundo de nuevas necesidades en el sector de la construcción. Por ejemplo, el caso de la meseta purépecha: se transforma la vivienda tradicional, de una manera que afecta al conjunto debido a que no se tiene un material de construcción adecuado que se integre a la cromática.

Necesidades como ésta, abren nuevas posibilidades a la innovación tecnológica mediante el diseño experimental de materiales.

Existen casos alrededor del mundo donde hay una búsqueda por cumplir distintas necesidades o resolver problemas por medio de la creación de nuevos materiales de construcción.

Se encontraron casos muy similares entre sí por la experimentación con materiales naturales, orgánicos y biodegradables abundantes en cada distinta región; dichos casos fueron objeto de interés debido a que las opciones más viables para la experimentación en este trabajo será trabajar con tierra y fibras naturales disponibles en la región elegida.

4.3.1 INNOVACIÓN CON TIERRA

1. BLOQUES DE TIERRA MEJORADOS CON FIBRA DE PLÁTANO

El primer caso experimental analizado se trata del mejoramiento de bloques de tierra arcillosa comprimida manualmente con fibra de plátano, por ser abundante en la región del caso, la cual es Egipto.

Por lo general, los bloques de tierra comprimida se forman usando una mezcla de agregado de arena angular (40–70%), suelo arcilloso (30–60%), cemento (4–10%) y agua (8–12%). Los componentes se mezclan completamente y luego se colocan en un molde, y se comprimen para formar bloques. (Mostafa & Uddin, 2016)

La experimentación de este trabajo confirmó que la fibra de paja como agente de refuerzo estructural permite un aumento de la resistencia a la compresión de al menos 15%.

El interés de este trabajo experimental fue cumplir con los estándares de resistencia, tenacidad y durabilidad logran-

do un material versátil, asequible y ambientalmente apropiado para los sectores de la vivienda en las regiones desarrolladas y en desarrollo. (Mostafa & Uddin, 2016)

Otro particular interés fue mostrar que los aglutinantes tradicionales pueden ser reemplazados por alternativas ecológicas y sostenibles a partir de desechos no utilizados, es decir, fibras abundantes. Por lo tanto, todos los enormes beneficios del uso de materiales de desecho como fibras de plátano en aplicaciones de construcción van a ser una situación de ganar-ganar. Esto no solo eliminará el problema de dióxido de carbono del desastre, sino que también se agregará a los componentes del bloque de tierra para mejorar sus propiedades mecánicas. El gran impacto será transformar los materiales de fabricación, diseño y construcción local y globalmente. (Mostafa & Uddin, 2016)

En este trabajo experimental se realiza-



Fig. 42. Mostafa (2016). Prueba de resistencia a la compresión de bloques. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/>. Consultada en junio de 2020.



Fig. 43. Mostafa (2016). Fibras de plátano uniendo la grieta. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/>. Consultada en junio de 2020.

ron pruebas de resistencia a la compresión. Las muestras con fibra de plátano presentaron mejor resistencia a los bloques sin fibra. Aumento hasta 71%.

En las pruebas de resistencia a la compresión, al momento del fallo se puede observar como la fibra une la grieta. Esa es una ventaja clara de las fibras, lo cual nos confirma que para este trabajo es buena idea la utilización de las fibras.

El aumento de la fuerza se debió a la creación de una matriz isotrópica entre la estructura de la mezcla de suelos y la red de fibras. Tal matriz se opuso al movimiento de las partículas y creó estabilidad principalmente porque las fibras parecían distribuir la tensión en todo el material. En otras palabras, la presencia de fibras en todas las direcciones mejoró la resistencia a la tracción y a la compresión. (Mostafa & Uddin, 2016)

2. BLOQUES DE TIERRA ESTABILIZADOS CON CAL

El segundo caso de experimentación con arcilla leída se trata del mejoramiento de bloques de tierra con cal.

Los estabilizadores más comunes utilizados para la producción de bloques de tierra comprimidos son cemento y cal. La cal es más ecológica que el cemento. Este estudio se realizó con el objetivo de encontrar la idoneidad de las combinaciones de cal y cal-cemento como estabilizador para la producción de bloques de tierra comprimidos con contenido reducido de arcilla y limo. (Malkanthis et al., 2020)

Los bloques de fundición se probaron para determinar su resistencia a la compresión en seco y en húmedo, la densidad en seco y la absorción de agua. (Malkanthis et al., 2020)

Los bloques de fundición se probaron para determinar su resistencia a la compresión en seco y en húmedo, la densidad en seco y la absorción de agua. (Malkanthis, 2020)

Los estabilizadores combinados ayudaron a lograr una resistencia a la compresión en seco de 28 días mayor que la estabilización del cemento y la estabilización con cal sola. Además, la estabilización con cal y la estabilización con cemento por sí solas no lograron una resistencia a la compresión en seco de 28 días mayor que el valor de especificación mínimo. Los estabilizadores combinados lograron una resistencia a la compresión mayor que el valor de especificación. (Malkanthis et al., 2020)

Se obtuvo una alta resistencia a largo plazo en la proporción de 4% de cemento: 4% de cal. La combinación de cemento y cal fue beneficiosa porque el cemento ayuda a estabilizar la porción de arena y la cal ayuda a estabilizar la porción de arcilla. (Malkanthis et al., 2020)



Fig. 44. Malkanthis (2020) Prueba a bloque. Recuperada de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/>. Consultada en junio de 2020.

En este artículo se puede concluir que para realizar bloques de suelo que contienen bajas proporciones de arcilla y limo, la combinación de cemento y cal es más adecuada que la estabilización de cal o cemento sola.

3. BLOQUE DE TIERRA ESTABILIZADO CON CÁSCARA DE ARROZ

Se consultó una tesis de España, llamada Ecoladrillo, el cual pretende ser un bloque crudo que sustituya al ladrillo cocido. Como materiales se utiliza arcilla y como aditivos cemento, cal, cenizas de cáscara de arroz y cáscaras de arroz. Con este trabajo se pretende crear un nuevo concepto de autoconstrucción para las regiones más pobres. (Cabo Laguna, 2011)

Lo interesante es la adición de las cenizas de cáscara de arroz y las cáscaras de arroz, ya que suponen la reducción del impacto ambiental que genera la cosecha del arroz, permanecen millones de toneladas en vertederos de todo el mundo.

La elaboración de este material tipo ladrillo responde a las necesidades de disminuir el gasto energético y el impacto ambiental provocado por subproductos provenientes de cultivos agrícolas e industriales, y a la necesidad de aumentar la calidad medio ambiental. Esta premisa es similar a la que se propone con este trabajo de tesis, ya que además de arcillas se pretende utilizar desechos de fibras.

Se desarrolla una nueva pieza constructiva que elimina la emisión de CO₂ a la atmósfera y utiliza niveles de compactación mínimos que incluso se pueden obtener por medio de estrujadoras manuales de ladrillos mediante un simple mecanismo hidráulico que no requiere de grandes avances tecnológicos. (Cabo Laguna, 2011)

El ecoladrillo además de una buena apariencia responde a criterios ecológicos y sostenibles ya que requiere un bajo nivel de energía para su fabricación y se elimina la emisión de CO₂ a la atmósfera al ser ladrillos que no requieren de cocción. (Cabo Laguna, 2011)

El proceso experimental de dicho material según la autora, resultó satisfactorio. La cal hidráulica natural es un aditivo sostenible y con capacidad de desarro-

llar resistencia. Las cenizas de cáscara de arroz también son un aditivo que da resistencia al ladrillo. El cemento lo utiliza como aditivo de referencia.

4. BLOQUE DE TIERRA ESTABILIZADO CON CEMENTO Y COCO

El cuarto caso leído de experimentación con tierra es uno en Tampico el cual presenta una alternativa de mejora del ladrillo de adobe estabilizado con cemento gris al 6% y fibra de coco al 1%.

Este elemento constructivo se analiza como un material regional de bajo costo y con la posibilidad de ser utilizado en los muros de carga de viviendas de interés social. Dicha mejora es la inclusión de la fibra de coco, como material de

refuerzo. Se ha escogido dicha fibra por ser muy abundante en la zona, así como por sus características físicas (resistencia a la tensión) y químicas (resistencia a ácidos, sales y álcalis) (Roux Gutiérrez, 2002).

Los materiales que se utilizan actualmente para la edificación de viviendas populares aparte de su costo elevado no reúnen buenas características térmicas para esta zona, y generan además una importante contaminación debido a lo costoso de los procesos de reutilización y reciclado. (Roux Gutiérrez, 2002).

Estos conceptos anteriormente mencionados, han hecho que el espacio habitable, se vea reducido en las nuevas viviendas edificadas en la actualidad, provocando un hacinamiento. (Roux Gutiérrez, 2002)

Si se incorpora el 1% de fibra de coco para reforzar ladrillos de adobe estabilizados con cemento portland al 6% en peso, se mejorarán las características mecánicas, físicas y químicas de los mismos, demostrándose que los ladrillos así reforzados son idóneos por su economía y calidad para construir muros de carga

La mejora que presentan los ladrillos al adicionarles la fibra es la siguiente:

En la resistencia a la compresión se obtuvo un incremento medio de un 1,94% en estado seco, mientras que en estado húmedo se obtuvo un decremento medio del 5,60%. Con referencia a los resultados obtenidos en los ensayos a flexión se llegó a conseguir unos valores de un 13,8% superiores en el ladrillo reforzado con 2% de fibra con respecto al que no fue reforzado.

4.3.2 INNOVACIÓN CON FIBRAS NATURALES

1. RESYSTA

Resysta es el primer caso analizado donde predomina el uso de fibras, el cual es un material con apariencia de madera tropical natural diseñado en Alemania.

El material surgió por la inquietud de encontrar materiales que simularan madera con propiedades sustentables y durabilidad extra para de esta manera lograr una economía sustentable con la estética y la naturaleza.

Su principal materia prima es la cáscara de arroz, el cual es un producto de desecho agrícola abundante en Alemania. Las proporciones son 60% de cáscara de arroz, mezclado con 22% de sales de roca y 18% de aceite mineral.

Resysta ha logrado superar a la madera en cuanto a características por ejemplo: resiste al agua y el cloro, es antideslizante, es contra hongos, es resistente a los rayos UV, no requiere mayor mantenimiento, es de fácil instalación, es resistente, posee una amplia gama de colores, es 100% reciclable y además posee la misma calidez y confort que la madera convencional.

Se ha logrado que se pueda utilizar tanto en interiores como en exteriores por su característica impermeable. Sus aplicaciones hasta el momento son terrazas, construcción naval, muebles de jardín, ventanas y revestimiento de fachadas y paredes.



Fig. 45. Cabo Laguna (2011). Ecoladrillo. Recuperado de "Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción.



Fig. 46. Resista (2019). Aplicación de resista en exterior. Recuperada de: <https://www.resista.com>. Consultada el 20 de agosto de 2019.



Fig 47. Resista. (2019). Piezas de Resista. Recuperada de: <https://www.resista.com/>. Consultada el 05 de agosto de 2019.

2. PLACAS COR

También se estudió un caso llamado Placas COR (Construcción Orgánica Reciclada), éste caso se trata de una placa de aglomerado con características similares a la madera, es un material desarrollado en Argentina.

El objetivo de los creadores de Placas COR fue crear un material innovador que simulara madera, utilizando como materia prima aquellos residuos orgánicos del sector agroindustrial, en este caso la cascara de maní.

Se decidió utilizar esta materia prima porque hay una gran producción de maní y se desechan 330 mil toneladas de cascara por año, además de ser el insumo principal en Córdoba, Argentina.

Al material se le añade resina como ligante y se prensa, lo que se obtiene es un producto reciclado, sustentable y amigable con el medio ambiente.

El material ha logrado ser un material térmico, aislante acústico y puede ser utilizado en la construcción, diseño de interiores, objetos y mobiliario en general.



Fig 48. Placas COR (2018). Textura de placa COR. Recuperado de: <http://www.semanarioprimerdia.com.ar/2018/03/> Consultada el 05 de agosto de 2019.

3. CORN BOARD MANUFACTURING

Se trata de una alternativa ecológica a la madera prensada fabricada en Texas.

El objetivo principal por el cual surgió este material fue la inquietud de utilizar de manera responsable el desecho de la cosecha de maíz (biomasa) utilizando tecnología para convertirlo en productos duraderos y ecológicos. Se eligió el desecho de cosecha de maíz, por el abundante suministro que existe en la región.

Su principal característica es que es un material duradero y su aspecto es bastante estético, ha sido utilizado en muebles para interior y exterior, escritorios y equipos de deportes.

Cornboard se combina con una resina y en el momento apropiado, se une bajo calor y presión.

4. LAMBIO

Es un material diseñado en México, se trata de láminas biodegradables para casa habitación que sustituyen las lámi-



Fig 49. Cornboard (2016). Textura de placa de Cornboard. Recuperado de: <https://www.Corn-Board-Manufacturing.com>. Consultado el 05 de agosto de 2019.

nas de asbesto.

El material hecho en México surge con el objetivo de crear láminas biodegradables que puedan servir como alternativa al uso de amianto o asbesto y para aprovechar las fibras naturales subutilizadas como en este caso la fibra del tallo de la planta de plátano.

Se eligió esta materia prima porque es considerado un desecho que genera 545 mil toneladas cada 8 meses en el estado de Tabasco, ya que es el segundo productor de este fruto en el país.

El proceso es moler la fibra, la cual es mezclada con resinas orgánicas para obtener una masa que después es colocada en moldes para terminar en un proceso de secado.

En comparación con las láminas galvanizadas, las de Lambio no conducen electricidad y al estar hechas con fibra natural poseen la propiedad de ser térmicas y no genera hongos y bacterias.

5. TABLERO AGLOMERADO

El quinto caso leído se trata de una tesis de México. Es la experimentación de un tablero aglomerado a base de fibra de coco y cemento. Se trata de una mezcla de cemento-fibra, arena y agua, partiendo de un diseño experimental donde se eligen las proporciones y una serie de ensayos donde se determinaron las propiedades físico-mecánicas del aglomerado para ver si puede ser apropiado para su uso en la construcción.

En este caso se eligió trabajar con este material porque México es uno de los cinco primeros productores de fibra de

coco a nivel mundial.

Se utilizó una proporción de cemento del 40% al 60% con un 5% de fibra de coco, teniendo un porcentaje aproximado de 30% a 50% de arena.

El resultado según el autor fue exitoso y cumplió con los estándares requeridos de resistencia a la compresión y flexión.

4.4 CONCLUSIONES

En los casos observados anteriormente, por la similitud de sus objetivos y materialidad orgánica podemos observar ventajas similares:

•Económica

Los materiales pueden ser incluso más económicos que los materiales conven-

cionales por su fabricación con recursos disponibles locales y bajo mantenimiento.

•Son sostenibles

Su origen es sustentable ya que provienen de desechos de fibras orgánicas abundantes y tierra disponible en cada región.

•Son reciclables

En algunos casos los materiales no presentan problemas de contaminación al ser desechados ya que en su mayoría son completamente orgánicos.

Una característica muy importante y que repercute en el proyecto a realizar con esta tesis, es que en la elaboración de estos materiales innovadores no se talan



Fig. 50. Lambio (2020). Láminas de Lambio. Recuperado de: <https://digitalpost.com.mx/ciencia-y-tecnologia/lambio/>. Consultada el 05 de agosto de 2019.



Fig. 51. Novoa Carrillo (2005). Tableros de fibra. Recuperado de "Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento.

árboles, y toda materia prima utilizada abunda en cada región.

En el caso de este trabajo de tesis valdría la pena experimentar con fibras naturales como la técnica del adobe y el cob pero también con cal o cemento como en caso de la tierra comprimida. Y variar la cantidad de arcilla y arenas como en el caso del tapial.

Otra manera sería utilizar las fibras naturales sin arcillas con algún aditivo como aglutinante, como sería el caso de la resina como en algunos de los casos comentados con anterioridad.

El proceso experimental llevará a la dosificación requerida para obtener un material sustentable con buenas propiedades.

Al analizar estos casos de materiales innovadores logrados a través del diseño experimental, se concluyó un proceso de diseño experimental, mostrado debajo.

Aunque éste trabajo se basa en las metodologías “Design by research” y “Design Thinking” vale la pena analizar y entender la manera como estos materiales diseñados a través de la expe-

rimentación resolvieron sus procesos, ya que son problemas y necesidades similares a las planteadas en esta tesis, la cual como se ha mencionado, partirá del aprovechamiento de recursos y tierras abundantes en el Estado de Michoacán, para lograr un material de bajo impacto ambiental y que atienda la importante crisis ecológica de madera que se sufre en la meseta purépecha.

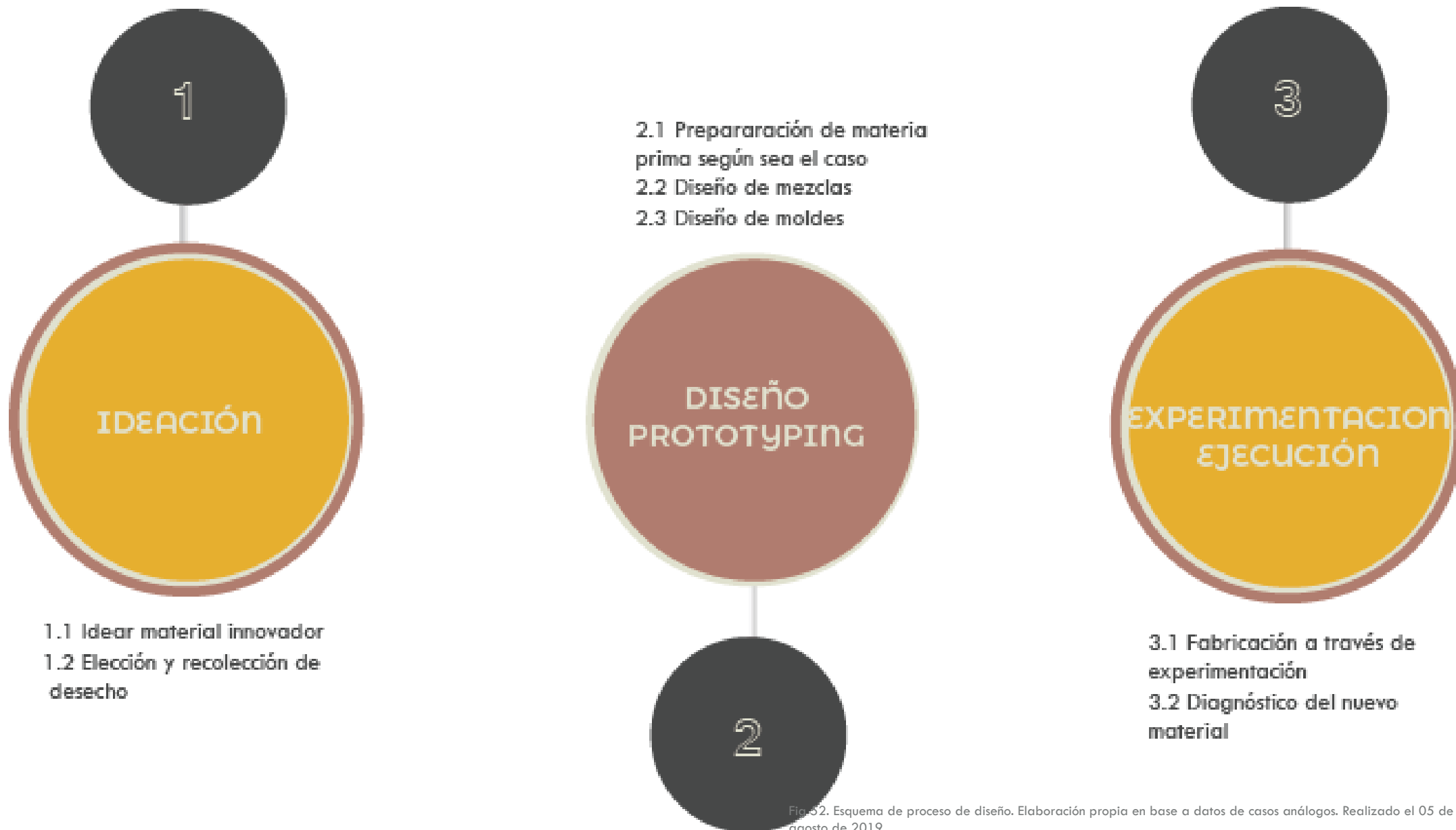


Fig. 52. Esquema de proceso de diseño. Elaboración propia en base a datos de casos análogos. Realizado el 05 de agosto de 2019.



**DIAGNÓSTICO DE LA
REGIÓN**

DIAGNÓSTICO DE LA REGIÓN

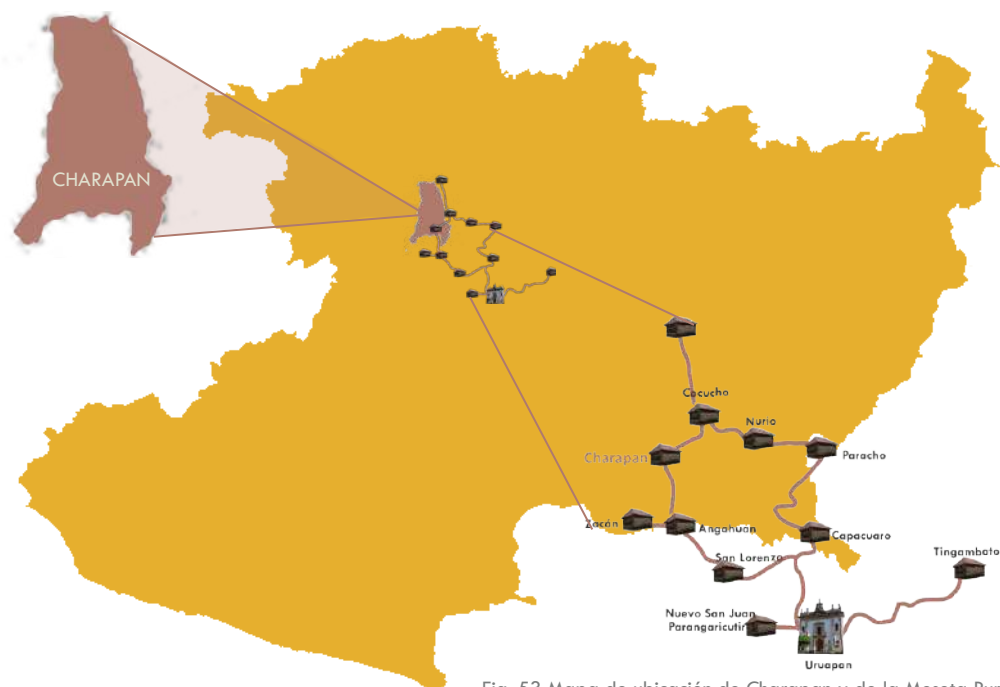


Fig. 53 Mapa de ubicación de Charapan y de la Meseta Purépecha. Elaboración propia. Elaborado el 25 de Junio de 2020

La meseta purépecha es una región ubicada al centro norte del estado de Michoacán, la integran doce municipios, los cuales son: Ocumicho, Cocucho, Nurio, Charapan, Zacán, Angahuan, Paracho, Capacuaro, Tingambato, San Lorenzo, Nuevo San Juan Parangaricutiro y Uruapan.

Dicha región, al igual que la zona lacustre es parte de la Ruta Don Vasco; la cual está basada en municipios que Vasco de Quiroga evangelizó en su intento por construir una Utopía y lograr que conservaran sus tradiciones a pesar de la conquista, por esta razón posee un gran potencial turístico, lo que ha atraído inversión y miradas internacionales.

5.1 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO A ANALIZAR

Para el desarrollo de éste diagnóstico se decidió escoger el municipio de Charapan, ya que es uno de los pocos lugares de la Ruta Don Vasco que conserva hoy en día un buen número de trojes además de ser destino turístico y cabecera municipal.

Charapan se localiza al Oeste del Estado de Michoacán, como puede observarse en el mapa mostrado arriba.

Charapan tiene tres principales localidades: Cocucho, Ocumicho y San Felipe de los Herreros. Su superficie es de 233.62 km² y representa el 0.17% de la superficie del estado. Cuenta con

3, 902 habitantes y cuenta con 2,789 viviendas según el INEGI.

El municipio presenta una altitud mínima de 1835 msnm y una altitud máxima de 3050 msnm. Por esta razón la vegetación de la región corresponde a un bosque conífero de bosque de pino, de encino y pastizal inducido, vegetación que oscila entre los 12 y 32 metros de altura, generando una temperatura de 12° mínimo y 32° máximo. (Bedolla Arroyo et al., 2011)

5.2 RECONOCIMIENTO DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA VIVIENDA ACTUAL A LA IMAGEN URBANA DEL MUNICIPIO

Se pretende por medio de la observación y análisis fotográfico a través de larguillos, reconocer la relación que existe actualmente entre la vivienda y la imagen urbana de la localidad.

De esta manera obtendremos datos acerca de la materialidad de la vivienda actual para ver como contribuye o perjudica a la construcción de dicha imagen.

Adicional, también se analizarán interiormente tres viviendas transformadas.

Se reconocen tres tipos de vivienda en base principalmente a su materialidad. Cabe mencionar que la forma de la vivienda se analiza para complementar y obtener más datos.

Para la clasificación se toma como:

Vivienda tradicional

Aquella construida con materiales tradicionales, en el municipio serían madera, adobe y piedra. También aquella vivienda que conserva formas tradicionales como techos a dos o cuatro aguas y pórticos.

Vivienda contemporánea

Aquella construida con materiales industrializados como el caso del tabique, tabicón, block, pintura, etc.

Vivienda híbrido

Aquella que combina materiales, espacios y formas tradicionales con contemporáneos.

En este reconocimiento exterior se decidió analizar las viviendas del primer cuadro del municipio, es decir, las calles inmediatas que rodean la plaza principal, ya que es la zona más importante del municipio porque se encuentra la Iglesia principal, el ayuntamiento y la casa de la cultura.

Tomando esto en consideración se analizan las calles Nacional, Lázaro Cárdenas, García y Libertad. Mostradas en el mapa debajo.

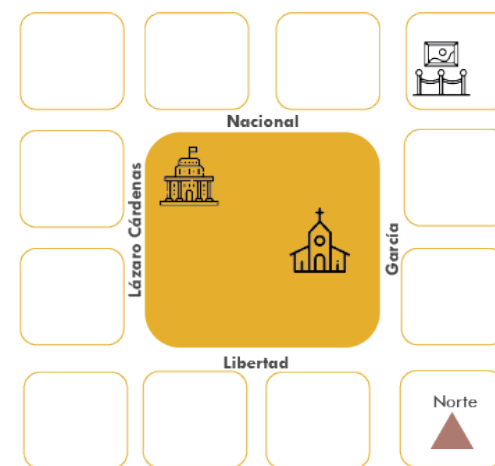




Fig. 54 Vivienda tradicional. Fotografía propia, tomada el 18 de mayo de 2018.

5.2.1 ESTADO EXTERIOR ACTUAL DE LA VIVIENDA

El primer tramo analizado fue el de la calle Lázaro Cárdenas.

El tramo oriente de esta calle, cuenta con 9 viviendas y se clasifican de acuerdo a los dos larguillos siguientes.



Fig. 55. Larguillo uno de calle Lázaro Cárdenas lado Oriente. Elaboración propia. Realizado el 02 de marzo de 2020.



Fig. 56. Larguillo dos de calle Lázaro Cárdenas lado Oriente. Elaboración propia. Realizado el 02 de marzo de 2020.

El tramo poniente de la calle se conforma de 8 viviendas y su clasificación se observa en los dos larguillos siguientes.



Fig. 57. Larguillo uno de calle Lázaro Cárdenas lado Poniente. Elaboración propia. Realizado el 02 de marzo de 2020.



Fig. 58. Larguillo dos de calle Lázaro Cárdenas lado Poniente. Elaboración propia. Realizado el 02 de marzo de 2020.

El análisis de larguillos de la calle Lázaro Cárdenas dio como resultado la gráfica mostrada en la página siguiente. En total se observaron 17 viviendas de las cuales 8 son híbridos, 5 tradicionales y 4 contemporáneas.

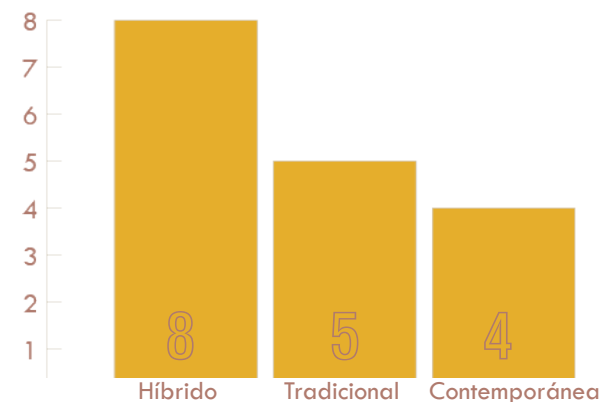


Fig. 59. Gráfica de calle Lázaro Cárdenas. Elaboración propia con datos de análisis. Realizado el 21 de abril de 2020.

El segundo tramo analizado fue el de la calle Libertad.

El tramo norte de esta calle cuenta con 4 viviendas, un edificio y una parte de la fachada de la plaza principal. Sin embargo solo se tomarán en cuenta 3 viviendas, el edificio y la fachada de la plaza, debido a que una vivienda ya fue contada y analizada en el tramo de la calle Lázaro Cárdenas.



Fig. 60. Larguillo uno de calle Libertad lado Norte. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.



Fig. 61. Larguillo dos de calle Libertad lado Norte. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.

El tramo sur de la calle se conforma de 8 viviendas y su clasificación se observa en los dos larguillos siguientes.



Fig. 62. Larguillo uno de calle Libertad lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.



Fig. 63. Larguillo dos de calle Libertad lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.

El análisis de larguillos de la calle Libertad dio como resultado la gráfica mostrada en la página siguiente, predominando la edificación híbrido con 11, seguido por la edificación contemporánea con 5. En esta calle no vemos viviendas tradicionales.

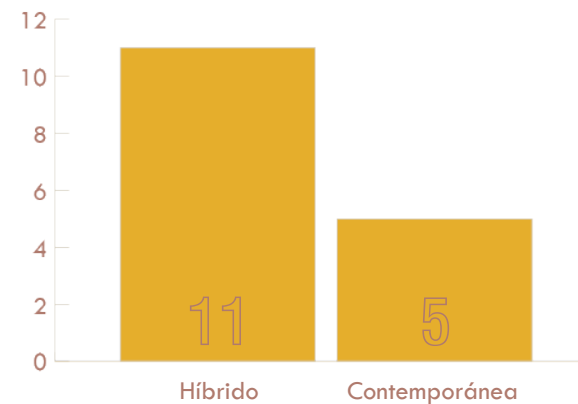


Fig. 64. Gráfica calle Libertad. Elaboración propia con datos de análisis fotográfico. Realizada el 21 de abril de 2020

El tercer tramo analizado fue el de la calle García.

El tramo poniente de esta calle cuenta con 2 viviendas, fachadas de la plaza principal, un edificio público y la Iglesia. Se clasifican de acuerdo a los dos larguillos siguientes.



Fig. 65. Larguillo uno de calle García lado Poniente. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.



Fig. 66. Larguillo dos de calle García lado Poniente. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.

El tramo oriente de la calle se conforma de 6 viviendas, 3 edificios y una Iglesia. Su clasificación se observa en los dos larguillos siguientes.



Fig. 67. Larguillo uno de calle García lado Oriente. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.



Fig. 68. Larguillo dos de calle García lado Oriente. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.

El análisis de larguillos de la calle García dio como resultado la gráfica de la siguiente página. En total se analizaron 16 viviendas, lo cual dio como resultado un igual número de edificaciones tradicionales e híbridos con 6 cada uno y vemos 4 contemporáneas.

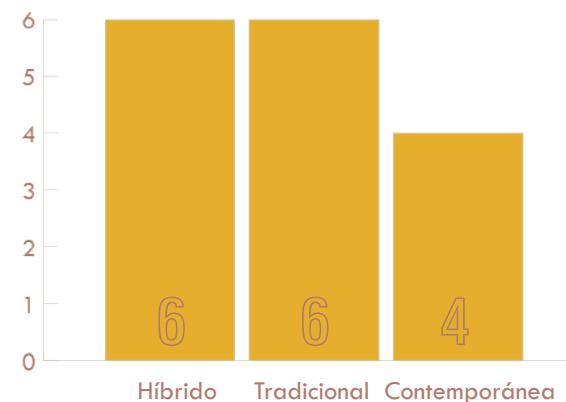


Fig. 69. Gráfica calle García. Elaboración propia con datos de análisis fotográfico. Realizada el 21 de abril de 2020.

El cuarto tramo analizado fue el de la calle Nacional.

El tramo sur de esta calle cuenta con 8 viviendas y un edificio público. Sin embargo en este tramo no se contaron 2 viviendas, ya que una está incluida en un tramo de la calle García y otra en la calle Lázaro Cárdenas. Se clasifican de acuerdo a los dos larguillos siguientes.



Fig. 70. Larguillo uno de calle Nacional lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.



Fig. 71. Larguillo dos de calle Nacional lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.

El tramo norte de la calle se conforma de 11 viviendas. Su clasificación se observa en los dos larguillos siguientes.



Fig. 72. Larguillo uno de calle Nacional lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.



Fig. 73. Larguillo uno de calle Nacional lado Norte. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.

El análisis de larguillos de la calle Nacional dio como resultado la gráfica de la página siguiente. Se analizaron en total 11 edificaciones lo que dio como resultado un igual número de edificaciones tradicionales e híbridos con 4 cada una y 3 contemporáneas.

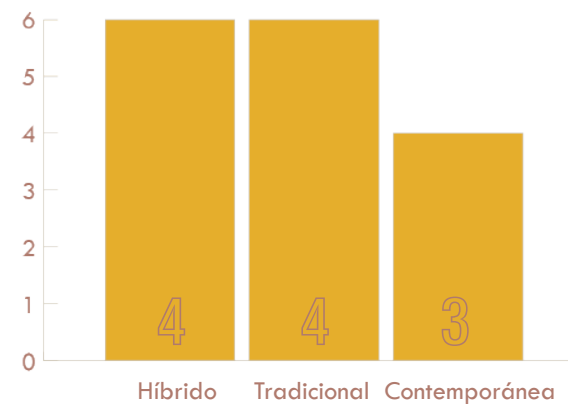


Fig. 74. Gráfica calle Nacional. Elaboración propia con datos de análisis fotográfico. Realizada el 21 de abril de 2020.

5.2.1.1 ANÁLISIS DE PERMANENCIAS Y TRANSFORMACIONES

El reconocimiento de la relación entre la vivienda actual y el conjunto tradicional realizado en páginas anteriores muestra el estado material y formal actual, dando como resultado de los cuatro tramos de calles analizados, la gráfica mostrada en ésta página.

En total se analizaron 58 viviendas, entre ellas algunos edificios públicos. De estas 28 son considerados híbridos, 15 son tradicionales y 15 son contemporáneas.

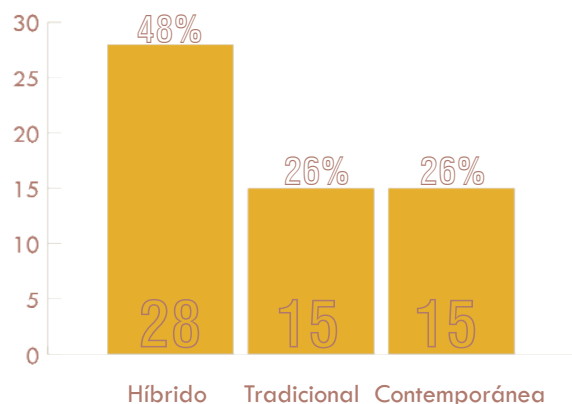


Fig. 75. Gráfica final. Elaboración propia con datos de análisis fotográfico. Realizada el 21 de abril de 2020.

Elementos tradicionales que perduran

Losas a 2 o 4 aguas

Perduran las losas inclinadas de 2 y 4 aguas, ya sea de lámina, de tejamanil o de teja.

Muros de piedra

Los muros de piedra que perduran son los perimetrales y las cimentaciones, en algunos casos con pintura.

neas.

Predominan los híbridos, lo cual considero es algo bueno ya que no hay un abandono total de la tradición como se llegó a pensar.

También podemos observar que aún hay muchas viviendas tradicionales. Esto demuestra que un material de bajo impacto ambiental hecho con materia prima disponible podría ser una buena alternativa.

En estos 28 híbridos observamos que hay elementos y materiales tradicionales y contemporáneos muy repetitivos.

Muros de madera

Los muros de madera que perduran son los perimetrales y los de las trojes, siendo éste el color y material predominante del conjunto.

Trojes

De madera en su totalidad. En las ampliaciones es común encontrar la troje auténtica en la planta baja aunque toda la ampliación sea contemporánea, lo que da a entender el gusto por la forma y por el material tradicional.

Pórticos

En algunas viviendas conservan los pórticos que dan a la calle realizados de madera.

Vigas de madera

Se observa la utilización de vigas de madera como estructura.

Puertas y ventanas de madera

Se observa que se conservan las puertas y ventanas de madera a pesar de estar en muros de ladrillo.

Balcones con protecciones de madera

Hay balcones en planta alta simulando el pórtico tradicional con columnas de madera.

Columnas de madera

Se observan columnas de madera en plantas baja y alta.

Muros de adobe con acabado de pintura

Los muros de adobe que se conservan en su mayoría son perimetrales y de edificios públicos, los cuales se encuentran pintados.

Elementos contemporáneos que se agregan que generan un impacto visual negativo en la imagen urbana de la localidad

Protecciones

Se observa herrería en ventanas, portones y balcones.

Muros perimetrales

En las ampliaciones se observan los muros perimetrales de ladrillo o tabicón

sustituyendo los de piedra, madera y adobe.

Pintura

Se observa la utilización de la pintura, es posible que sea por el status que brinda y por la estética.

Negocios

En una gran cantidad de ampliaciones de las viviendas, se observa un espacio para negocio construido con ladrillo o tabicón y concreto.

Dos pisos

Las ampliaciones son realizadas hasta un segundo piso en su mayoría con material industrial a pesar de que en planta baja se conserven las trojes y elementos con material tradicional.

Balcones

Se observa que se añaden balcones en la planta alta con protecciones de herrería.

El entendimiento de estos elementos mencionados puede ser útil al momento de implementar el nuevo material en una vivienda tradicional diseñada respetando las maneras de vivir actuales de la comunidad.

Como se pudo observar el tema material es de suma importancia en una imagen urbana. Ya que además de la forma éste genera un impacto visual.

5.2.2 ESTADO INTERIOR ACTUAL DE LA VIVIENDA

Con el objetivo de conocer interiormente la vivienda para observar patrones de distribución actuales, se realizó un análisis fotográfico de tres viviendas transformadas (V-1, V-2 y V-3), es decir, híbridos, viviendas que conservan materialidad y espacios tradicionales pero que agregan materialidad y espacios contemporáneos.

La primera vivienda analizada (V-1) es



Fig. 76. Troje de V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 77. Troje de V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.

propiedad del Sr. Sergio Tapia, en dicha vivienda habitan 4 personas, el señor, su esposa y sus 2 hijas. La vivienda es de dos pisos.

La V-1 cuenta con 3 accesos. En la planta baja se encuentra la troje auténtica en esquina, dicha troje es utilizada como negocio de venta de ropa, abajo también encontramos un espacio social con mueble de sala, un baño completo, un patio en medio, dos áreas que sirven como cocina, una habitación y el espacio que anteriormente era área de cultivo, ahora es bodega de la familia. En el área social se encuentran las escaleras al segundo piso.

Un dato interesante es que la troje tiene



Fig. 78. Area social en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020



Fig. 79. Cocina uno en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020

su pórtico tradicional volteado al interior de la vivienda. Esto es observado en muchas viviendas. Las familias conservan la troje auténtica pero buscan más seguridad volteando el pórtico hacia adentro.

En la planta alta, en el área de tapanco



Fig. 80. Patio en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 81. Cocina dos en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 82. Area de bodega en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.

que tradicionalmente servía de granero de la troje de abajo, hay dos espacios que sirven como pequeñas recámaras, cabe mencionar que toda la cubierta de esta troje se cambió por material contemporáneo debido a que se encontraba muy deteriorada.



Fig. 83. Tapanco tradicional en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 84. Troje planta alta en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 85. Recámara en tapanco en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 86. Portico de troje y parte del patio en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de

Arriba del área social se agregó una segunda troje con material tradicional, esta fue comprada por la familia cuando se encontraban ampliando la vivienda. Dicha troje sirve de recámara principal.

Arriba también encontramos un baño completo entre el tapanco de la troje de planta baja y la troje de arriba. También encontramos áreas de guardado arriba de la recámara de abajo y de las cocinas. Dichos espacios también poseen formas tradicionales y materiales tipo troje.

La segunda vivienda analizada (V-2) es propiedad de la Sra. Florencia Gerónimo, dónde habitan 7 personas. La seño-

ra y su esposo y su hijo con su familia (esposa y 3 hijos).

La planta baja de la vivienda consta de la troje auténtica que sirve como recámara, cuyo pórtico está viendo hacia el patio, como el caso de la vivienda V-1.

En la parte construida con material industrializado pero formas tradicionales observamos 2 recámaras, 2 baños completos, una cocina comunidad con el área social y una bodega que se comunica con el patio de atrás.

El patio comienza desde el acceso y sirve como articulador y pasillo, y termina hasta el final del predio.

El patio de en medio sirve como área social y el patio trasero como bodega.

La planta alta solo está construida en una parte del predio, como se observa en el plano más adelante.

Arriba, la vivienda tiene 2 recámaras y 1 baño completo.

Cabe mencionar que toda la construcción agregada tiene pórticos viendo hacia el patio interior, incluyendo la planta alta.

Este punto resulta bastante interesante, ya que es una forma tradicional que no se abandona, como en el caso de la V-1.

También se observó que gran parte de

la construcción posee cubiertas inclinadas.

La última vivienda analizada (V-3) es propiedad de la Sra. Teresa Madrigal,



Fig. 87. Recámara en tapanco en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 89. Troje en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 88. Área de guardado planta alta en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 90 Troje en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 91. Patio y acceso en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 92. Patio y parte de construcción en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 93. Troje vista de afuera en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 94. Acceso a V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020



Fig. 95. Exterior de V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 96. Cocina y troje en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 97. Interior de cocina tradicional en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.

en ésta vivienda viven 5 personas. La señora y su hijo con su familia (esposa y 2 hijos).

La planta de la vivienda posee una troje, en este caso se encuentra adentro del predio, no en la fachada como en los casos anteriores. La troje funciona como área de altar y el tapanco como área de guardado. Al costado de la troje encontramos la cocina la cual es una troje mas pequeña sin tapanco. Ambas trojes cuentan con su respectivo tapanco viendo hacia el patio central. Misma situación que se repite en la V-1 y V-2.

La parte de construcción contemporánea consta de 2 elementos. El primero es de

una planta y posee 2 recámaras, cabe mencionar que dicha construcción posee pórtico hacia el patio interior, además de tener cubierta inclinada, por lo que la forma es tradicional.

El otro elemento se compone de dos plantas: abajo 2 baños completos, 2 recámaras y las escaleras; y en planta alta una recámara más.

El acceso principal de la vivienda también posee cochera. Dicho acceso sirve como vestibulación y llega a un patio al centro del predio, el cual se comunica a su vez con un patio techado a un costado de la troje.

Al fondo del predio observamos otro patio el cual era espacio de cultivo tradicionalmente.

5.2.2.1 CROQUIS EN PLANTA DE VIVIENDAS ANALIZADAS

Se realizaron las siguientes figuras que muestran la distribución en planta de los espacios de las viviendas V-1, V-2 y V-3.

Cabe mencionar que cada espacio no está dibujado con las medidas reales sino a proporción en base a lo observado.



Fig. 98. Patio techado en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 100. Pórtico y escalera a tapanco en troje de V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 99. Interior de troje en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 101. Acceso y construcción contemporánea en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 102. Patio central en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 103. Pórtico en elemento híbrido en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.



Fig. 104. Fachada de V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.

V-1
PLANTA BAJA



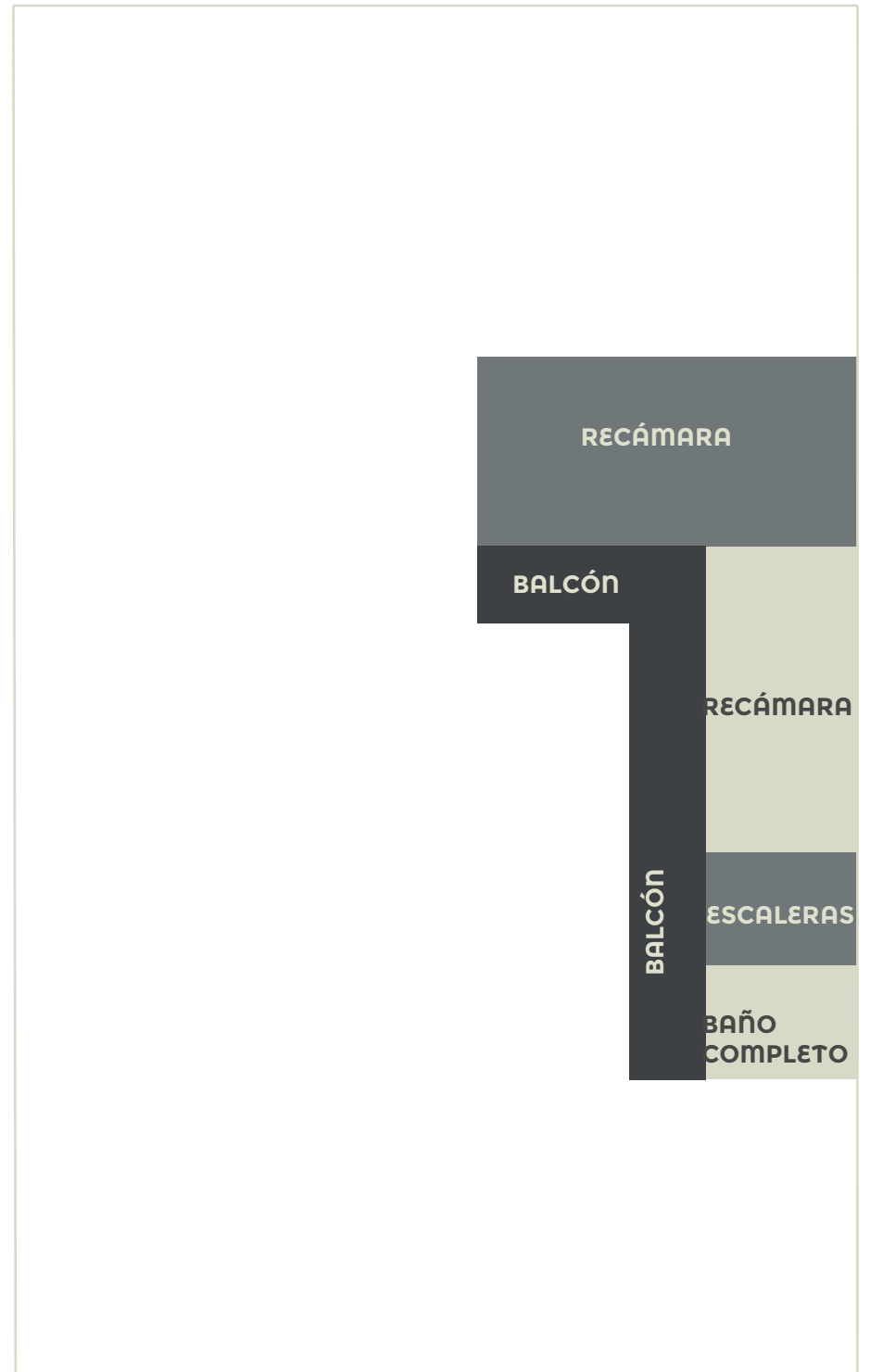
V-1
PLANTA ALTA



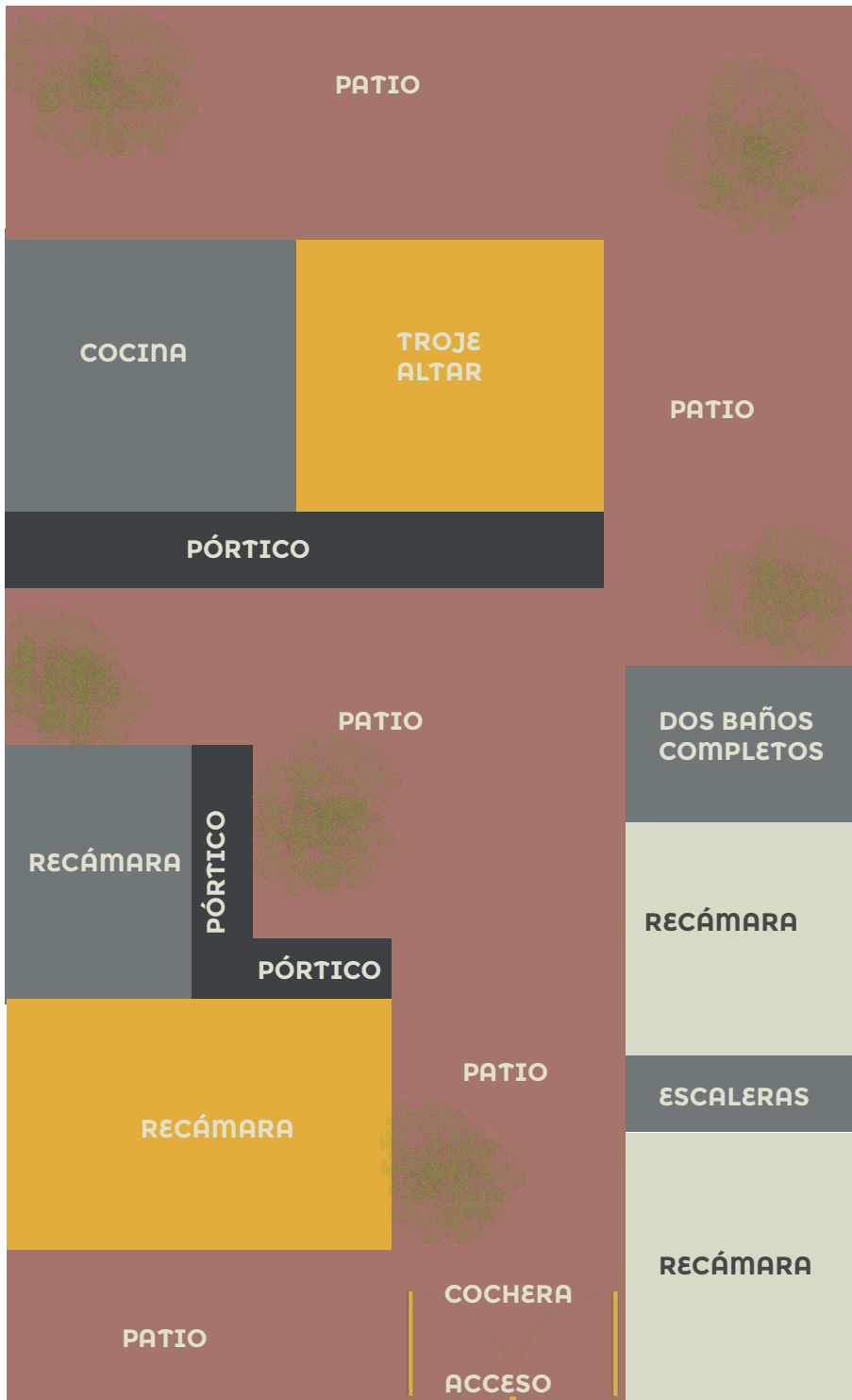
V-2
PLANTA BAJA



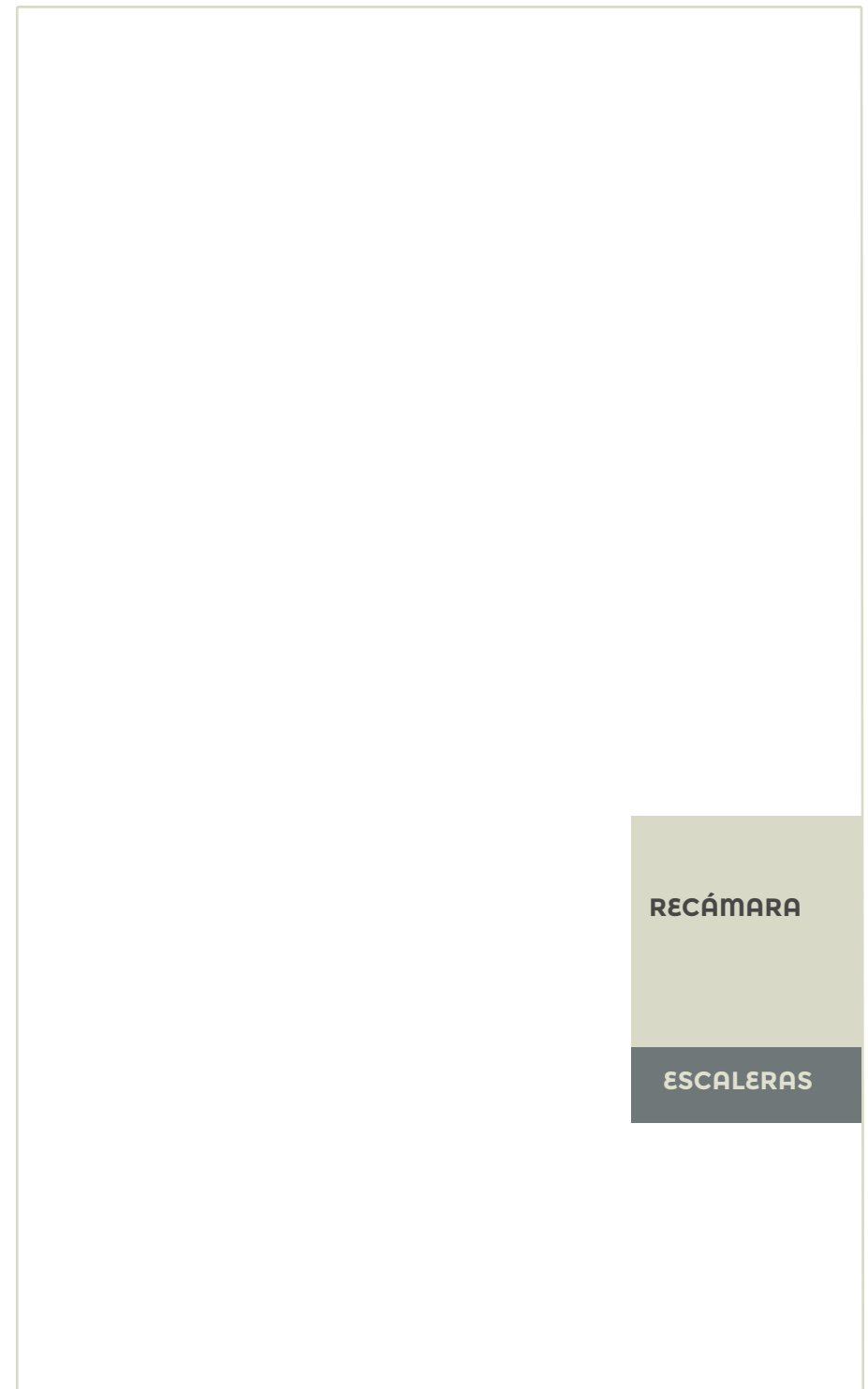
V-2
PLANTA ALTA



V-3
PLANTA BAJA



V-3
PLANTA ALTA



5.2.2.2 ANÁLISIS DE PERMANENCIAS Y TRANSFORMACIONES.

El análisis de distribución de espacios realizado con anterioridad muestra como se vive y que espacios necesitan. En base a esta información se puede concluir cuáles son los espacios tradicionales que perduran y cuales son los nuevos espacios que se agregan conforme a las necesidades de vida actual.

Como se ha mencionado con anterioridad, dicha información servirá al momento de realizar la propuesta de vivienda para la implementación del material a diseñar.

Espacios tradicionales que perduran

Patio predomina sobre la construcción

En las 3 viviendas analizadas se puede observar que el patio predomina y abarca una gran parte del predio.

Patio como articulador

El patio sirve como articulador de todos los espacios a través de pasillos. En su mayoría, los espacios construidos dan al patio.

Pórticos

En las 3 viviendas analizadas se conservan pórticos tradicionales en las trojes y además en las construcciones añadidas se usa el pórtico también.

Trojes

De madera en su totalidad. En las ampliaciones es común encontrar la troje auténtica en la planta baja aunque toda

la ampliación sea contemporánea, lo que da a entender el gusto por la forma y por el material tradicional. En el caso de la V-1 observamos una troje añadida en planta alta.

Losas inclinadas

Se conservan las losas inclinadas de las trojes auténticas. Además en las construcciones añadidas se observan las losas inclinadas.

Cocina como área social

Tradicionalmente la cocina era un área social ya que en esta área se reunían las familias. Se conserva esta costumbre y se observa que la cocina se comunica al patio para crecer esta área social.

Acceso jerarquizado

Continúa la jerarquización del acceso como lo era tradicionalmente, en su mayoría con losa inclinada. El acceso ocupa gran parte de la fachada principal.

Espacios contemporáneos que se agregan

Escaleras

Se agregan escaleras para un segundo nivel, sin embargo el segundo nivel no abarca toda la planta baja construida.

Baños

Anteriormente se tenían letrinas y el baño era en el patio. En la actualidad ya se tienen baños con muebles e instalaciones requeridas.

Área de lavado

Se observa que ya hay espacios para lavaderos e incluso lavadoras también.

Balcones

Como ya se ha mencionado los balcones es un elemento común agregado. En el análisis interior observamos balcones tipo pórtico con columnas y con vista al patio central.

Recámaras

Los elementos nuevos construidos son en su mayoría recámaras, de hecho es el espacio construido que más predomina, en las 3 viviendas analizadas observamos que cada una tiene 5 espacios que sirven como recámara.

Área social construida cerrada

Se agregan otros espacios tipo recámara ya que son cerrados pero sirven como área social debido a los muebles que se observaron.

La distribución de espacios de la propuesta de diseño de vivienda partirá de estos elementos mencionados.

5.3 CONCLUSIONES

El diagnóstico realizado al municipio de la meseta purépecha elegido, enriquece la magnitud del problema, además de mostrar la realidad de los habitantes, ya que solo se tenían datos bibliográficos.

El hecho de tener un acercamiento real, hace que el problema se perciba de cerca y elimina supuestos.

Con estos datos reales observados, de las continuidades y las rupturas, tanto exteriores como interiores, se concluye que se requiere un material de construcción que cumpla con ciertas cualidades para que se pueda resolver parte del problema mencionado.

Si se logra un buen material de construcción que cumpla con dichos requerimientos, el impacto será menor en la imagen de los poblados y en lo ambiental.

Se mencionan las cualidades en el capítulo siguiente, para abordar el diseño experimental a partir de estas.



**DISEÑO
EXPERIMENTAL**

DISEÑO EXPERIMENTAL

Previo a mostrar el proceso de diseño experimental, en esta etapa es importante citar un proceso experimental realizado en la materia Taller Experimental II del programa de la Maestría en Diseño Avanzado, con la MDA Rayito Flores Pelcastre. El cual otorgó conocimientos para que este trabajo de tesis pudiera evolucionar correctamente.

En dicha materia, en conjunto con la arquitecta María Jesús Gutiérrez Cendejas, se realizó un diseño de un bloque con desechos de materiales orgánicos como materia prima principal (cáscara de huevo, hojas secas y aserrín) y materiales aglutinantes (cemento, harina y agua).

El principal objetivo fue desarrollar un material que un futuro sirviera como bloque constructivo. Cabe mencionar que las pruebas requeridas de laboratorio quedaron pendientes para estudios futuros.

Durante el proceso experimental se realizaron 15 prototipos distintos variando en materia prima y en proporciones.

La experimentación de este trabajo podría continuar debido a que el proceso y los materiales así lo permiten. Se observa en la página siguiente una imagen del material creado, resultado de este taller.

6.1 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A DESARROLLAR

Con base al estudio y análisis exterior e interior de capítulos anteriores, así como a la revisión bibliográfica redactada, se identificaron 10 cualidades posibles que deberá tener el material a diseñar.

Mediante el proceso de diseño experimental se buscará diseñar un material que cumpla con la mayor cantidad posible de cualidades para que se pueda resolver parte del problema encontrado y realmente haya una aportación.

Se muestra un diagrama de dichas cualidades en las páginas siguientes.



Fig. 105. Brick. Fotografía por María Jesús Gutiérrez Cendejas. Tomada el 7 de mayo de 2019.

1

Costo

Se propone que el material sea más económico que un material fabricado industrialmente.



2

Facilidad de manejo

Se propone que el material se ligero y fácil de utilizar por cualquier persona para permitir la autoconstrucción.



3

Cualidades ambientales

Se propone que el material sea de bajo impacto ambiental realizado con material prima local. Como era la utilización de la madera.



4

Cromática

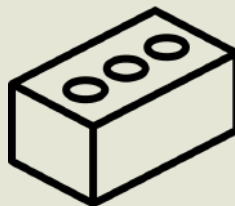
Se propone que el material a desarrollar se adapte a la imagen urbana de la localidad.



5

Tamaño

Se propone que el material a desarrollar tenga dimensiones similares a materiales convencionales como ladrillo o tabicón.



6

Material estructural

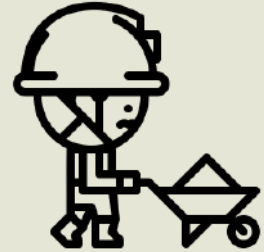
Se propone que el material a desarrollar sustituya al ladrillo y tabicón por lo que debe cumplir con cierta resistencia a la compresión.



7

Autoconstruido

Se propone que el material se puede fabricar a baja tecnología para que la comunidad pueda hacer su propio material y no se requiera de maquinaria o mano de obra externa.



8

Procedencia local

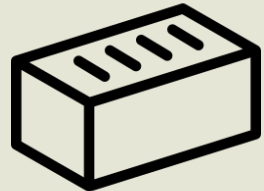
Se propone únicamente utilizar recursos y materia prima local, lo cual además de generar un impacto ambiental bajo minimiza costos de transporte y mano de obra.



9

Estético

El material debe tener buena apariencia, ya que en ocasiones las transformaciones se realizan por buscar un buen status social.



10

Eficiencia en la elaboración

Además de ser autoconstruido. El procedimiento debe mostrarse eficiente desde la preparación del material hasta la elaboración de muestras.



6.1 PROCESO DE DISEÑO EXPERIMENTAL

El proceso de diseño experimental derivó del mismo método utilizado para el proceso de diseño general del trabajo, mostrado en el capítulo uno.

Cabe mencionar que también se toma como referencia el proceso de diseño que se realizó del resultado del análisis de los casos análogos mostrados en el capítulo cuatro, ya que todos los casos mencionados lograron ejecutar con éxito su experimentación.

Se propone que el proceso de diseño experimental, conste de cuatro principales pasos, como puede observarse en el diagrama mostrado. Cabe mencionar que el paso número dos se desglosa en tres etapas de diseño, las cuales se explicaran más adelante.

PRE - DISEÑO

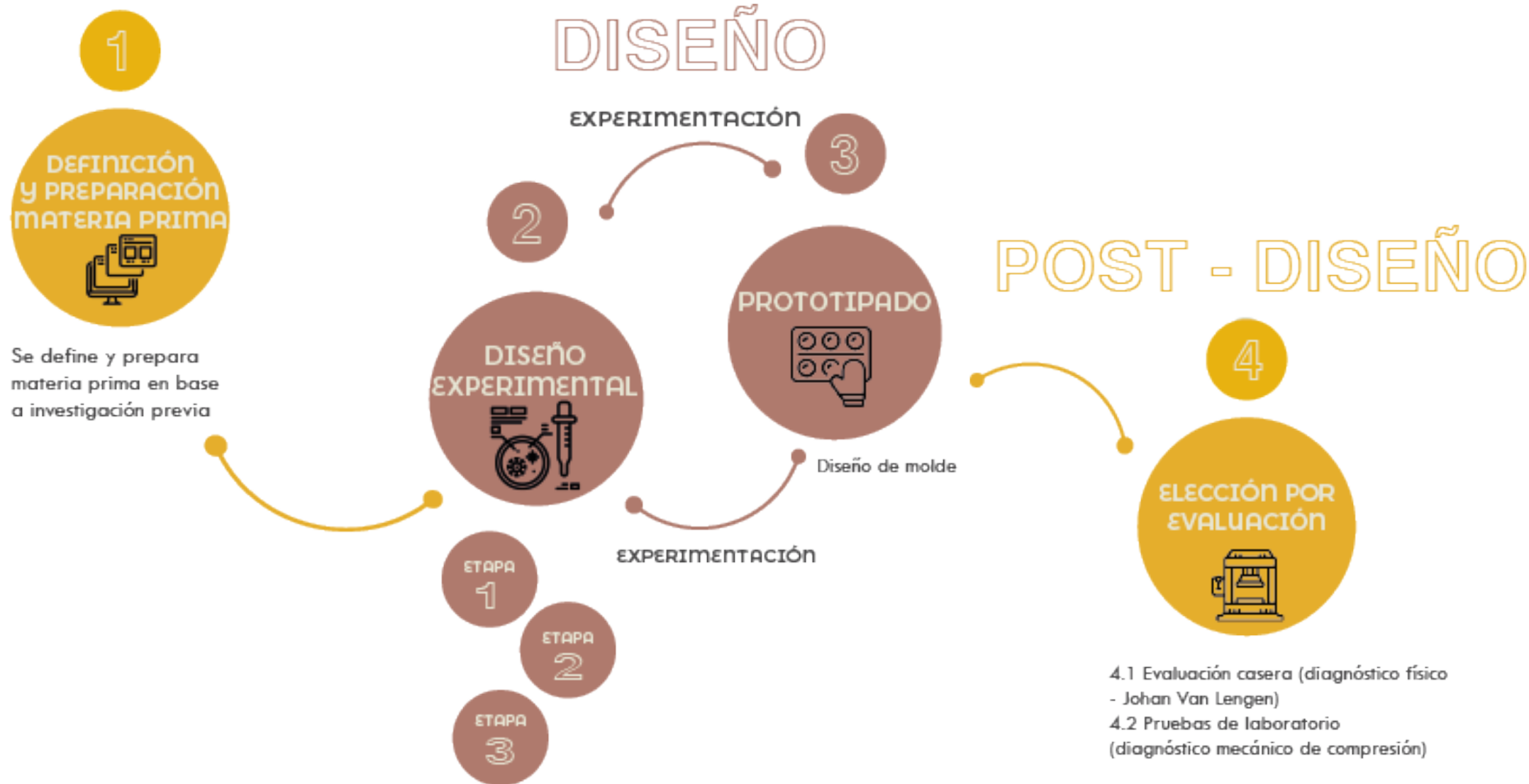


Fig. 106. Diagrama de proceso experimental general. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.

6.3 MATERIA PRIMA

La principal materia prima para la elaboración del material de construcción se pretende sea la tierra y las fibras naturales. Se eligieron dichas materias primas en base a las cualidades buscadas mencionadas con anterioridad y a la disponibilidad inmediata en la región.

6.3.1 TIERRA

La tierra es una mezcla de arcilla, limo y arena. La arcilla actúa como conglomerante para pegar las partículas mayores en la tierra. Limo, arena y otros agregados constituyen rellenos en la tierra.

Dependiendo de cuál de estos tres componentes sea el predominante podemos hablar de suelo arcilloso, limoso o are-

- Andosol
 - Cambisol
 - Feozem
 - Litosol
 - Luvisol
 - Planosol
 - Regosol
 - Rendzina
 - Solonchak
 - Solonetz
 - Vertisol
- ELEMENTOS ADICIONALES
- Cuerpo de agua

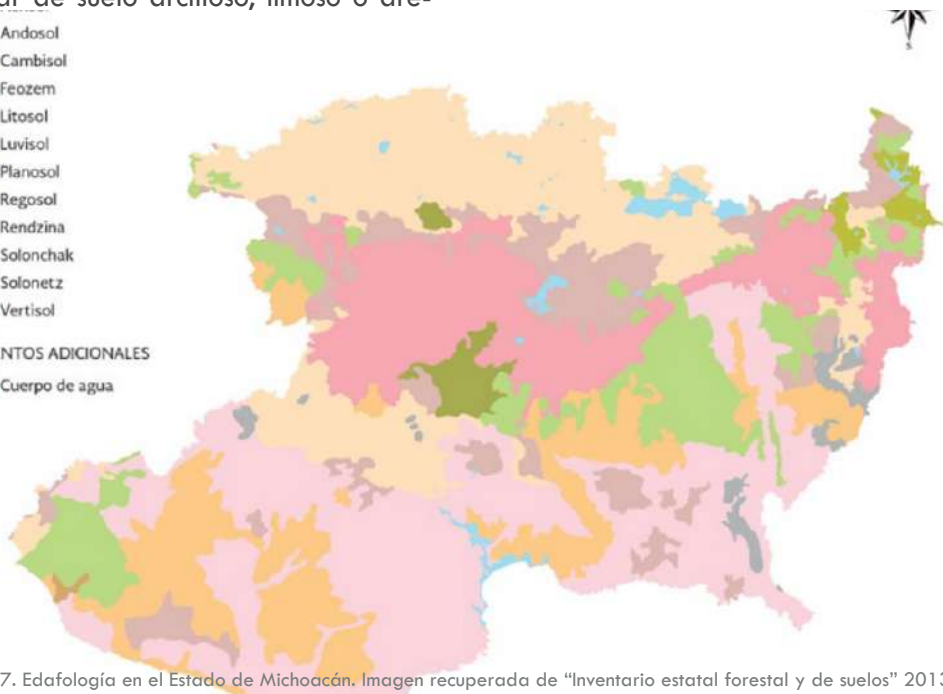


Fig. 107. Edafología en el Estado de Michoacán. Imagen recuperada de "Inventario estatal forestal y de suelos" 2013.

noso. (Blanco Montero & Morales Pereira, 2010)

La arcilla es la tierra que se puede utilizar para un material de construcción, ya que es importante que esté libre de materia orgánica y humus, esto porque con agua activa sus fuerzas aglutinantes y después del secado desarrolla resistencia a la compresión.

La arcilla es un material terroso de grano generalmente fino capaz de convertirse en una masa plástica al mezclarse con agua, de esta manera activa sus fuerzas aglutinantes y después del secado desarrolla resistencia a la compresión.

La arcilla se transforma en cerámica una vez que toda el agua que contiene de manera natural y química se elimina por el calor.

Además éste material desempeña desde tiempos remotos un gran papel en la

construcción en todo el mundo

En el estado de Michoacán hay suelos arcillosos. Son 12 tipos de suelo los que encontramos, como se puede observar en la imagen anterior.

De estos 12 tipos de suelo, los que presentan arcilla son Vertisol, Cambisol, Luvisol y Acrisol. (SEMARNAT & CONAFOR, 2013)

Por lo que se puede afirmar que existe el recurso para poder utilizarlo en la experimentación material. Además de que anteriormente ya se ha utilizado arcilla en la elaboración de adobes en la zona.

Propiedades de las arcillas en materiales de construcción:

- No drena agua
- Se moldea fácilmente
- Al secar conservan forma
- Endurecen al secar

Tiene propiedades de aislamiento
Ahorra tiempo y dinero

Para la experimentación de este trabajo de tesis, se consiguieron dos tipos de arcillas: la arcilla 1R y la arcilla 2N.

La arcilla 1R proviene del municipio de Erongarícuaro, Pátzcuaro, y es utilizada en la realización de ladrillo cocido y crudo (adobe).

La arcilla 2N proviene del municipio de Cocucho, Charapan, la cual es utilizada por la comunidad para la realización de ollas cocidas, conocidas como Cocuchas. Sin embargo dicha arcilla no se ha utilizado en la construcción.

Se pretende utilizar los dos tipos de arcilla para comparar y definir si la arcilla 2N puede ser apta para la elaboración de materiales de construcción por ser un recurso disponible inmediato en la región.



Fig. 108. Arcilla 1R. Fotografía propia. Tomada el 15 de abril de 2020.



Fig. 109. Arcilla 2N. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.

Antes de empezar la experimentación se hicieron unos ensayos para saber que tan arcillosa es la arcilla 2N y si es apta según la bibliografía leída para la construcción. Cabe mencionar que la arcilla 1R no fue ensayada ya que no hay interés en utilizarla para la creación del material, además de que ésta ha sido exitosamente utilizada en la elaboración de materiales de construcción.

ENSAYO DE LAVADO

Una muestra de barro húmedo se frota entre las manos. Si las partículas se sienten claramente, esto indica que el barro es arenoso o gravoso, mientras que si la muestra es pegajosa pero las manos pueden limpiarse al frotarlas



Fig. 110. Ensayo de lavado. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.



Fig. 111. Ensayo de lavado. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.

cuando se secan, esto es indicativo de un barro limoso. Si la muestra es pegajosa, haciendo necesario el uso de agua para lavarlas esto indica que el barro es arcilloso. (Blanco Montero & Morales Pereira, 2010)

En el caso de la arcilla 2(N) al hacer este ensayo, la muestra se mostró bastante pegajosa e hizo necesario el uso de agua para lavar las manos por lo que según la bibliografía - se concluye que es un suelo arcilloso.

ENSAYO DE CAÍDA DE BOLA

Formar una bola húmeda de 4 cm de diámetro, dejarla caer a una altura de 1.5 m sobre una superficie plana y observar resultados.

Si la bola se aplana levemente y muestra muy pocas o ninguna fisura, esta tiene una alta capacidad aglutinante, que proviene de un contenido de arcilla muy



Fig. 112. Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Ensayo de caída de bola. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".



Fig. 113. Ensayo de caída de bola. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.

elevado.

Por lo general esta mezcla debe rebajarse añadiendo arena. Si en el ensayo la muestra se deshace como en la figura de la derecha significa que tiene bajo contenido de arcilla y no puede ser utilizada como material de construcción.

En el caso de la segunda o tercera figura, esta tiene capacidad aglutinante y una composición que le permite ser utilizada para adobes o tierra apisonada. (Blanco Montero & Morales Pereira, 2010)

En el caso de la arcilla 2(N) al realizar este ensayo, la muestra quedó como la primera bola de la figura anterior, lo que nos confirma - según la bibliografía leída- es una tierra muy arcillosa. Por lo que al momento de experimentar será recomendable utilizar arena para mejorar comportamiento.

ENSAYO DE SEDIMENTACIÓN

Se agita una muestra de barro con agua en un frasco. Las partículas mayores se asientan primero en el fondo y las más finas arriba. A partir de esta estratifica-



Fig. 114. Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Ensayo de sedimentación. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".

ción se puede estimar la proporción de componentes. (Blanco Montero & Morales Pereira, 2010)

En ensayo de sedimentación dio como resultado lo que se observa en las siguientes imágenes.



Fig. 115. Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Ensayo de sedimentación. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".



Fig. 116. Ensayo de sedimentación. Fotografía propia. Tomada el 10 de marzo de 2020.



Fig. 117. Ensayo de sedimentación. Fotografía propia. Tomada el 10 de marzo de 2020.

Podemos observar que efectivamente se trata de un suelo arcilloso y con una gran cantidad de limo también, se observa que la tierra no contiene gravas ni arenas. Lo que afirma lo observado en los ensayos anteriores y la hipótesis de utilizar arena para estabilizar la tierra.

6.3.2 FIBRAS NATURALES

Como ya se ha mencionado anteriormente, las fibras naturales abundan en cualquier región y ya han tenido uso en materiales de construcción.

Una propiedad importante de esta materia prima es su capacidad de mantener unidos los distintos elementos.

Cuando las fibras se utilizan en una mez-



Fig. 118. Huinumo en pinos de Charapan. Fotografía propia. Tomada el 02 de Febrero de 2020.



Fig. 119. Huinumo seco. Fotografía propia. Tomada el 31 de marzo de 2020.

cla con arcilla, éstas sirven para reducir las fisuras de retracción y para aumentar el aislamiento térmico. Si se añaden fibras finas la resistencia a la compresión aumenta ligeramente. (Blanco Montero & Morales Pereira, 2010)

Se ha pensado en utilizar huinumo (hoja de pino) y desecho de cosecha de maíz (rastrajo).

Las fibras naturales que ya han sido utilizadas para estabilización de arcilla es la paja, en este caso se innova el uso de huinumo y rastrojo de maíz.

HUINUMO

El huinumo es el desecho de la hoja del árbol de pino y es la fibra natural más abundante de la zona, esto debido a que el pino es la vegetación predominante. Se encuentra en el suelo de los bosques.

En México la familia Pinaceae está formada por 4 especies, los cuales agrupan 61 especies: Picea (3), Pinus (44), Abies (13) y Pseudotsuga (1). Siendo la "pinus" la que se encuentra en la región de estudio.

El huinumo ya ha tenido antecedentes en la construcción tradicional, ya que se ha utilizado en la creación de adobes.

Lo interesante de este material, es que es un material gratuito e inagotable, como lo es la arcilla. Es por eso que es considerado un material sustentable.

La fibra de huinumo prensada tiene propiedades para absorber el ruido, ya que es altamente porosa y posee una baja densidad. (Agroindustria, 2017)

DESECHO DE COSECHA DE MAÍZ

Se encuentra que las plantas agrícolas específicas que producen alta biomasa después de la cosecha son sustitutos



Fig. 120. Rastrojo de maíz. Fotografía propia. Tomada el 05 de abril de 2020.



Fig. 121 Rastrojo molido. Fotografía propia. Tomada el 07 de abril de 2020.

adecuados para industrias. (Mostafa & Uddin, 2016)

La economía agrícola para consumo local que más se ha practicado en la región es la del maíz, la cual se acompaña por el cultivo de una amplia gama de plantas (calabaza, frijol, trigo, papas, chayotes, tomates, cebolla, etc.). (Garibay Orozco, 2012)

Una importante proporción de tierras de cultivo se ubica en las tierras altas y frías de la Meseta Purépecha, en municipios como Paracho, Cherán, Charapan, Nahuatzen, cuyas condiciones ambientales limitan la expansión aguacatera. En estas tierras está implantado el sistema agrícola tradicional maicero-ganadero, que históricamente ha sostenido a las múltiples comunidades de la región. (Garibay Orozco, 2012). Sin embargo, esta actividad ha ido disminuyendo con la modernidad y la migración.

En un escenario optimista, la venta de rastrojo por parte de los campesinos para la elaboración de materiales de construcción, podría ayudar al crecimiento de esta actividad económica.

6.3.3 ADITIVOS

Una mezcla de mortero o de cualquier tipo, normalmente necesita aditivos para mejorar su funcionamiento.

Típicamente, los aditivos y aglutinantes se agregan entre 5 y 10% del peso seco de una mezcla. Buscando estabilizar la tierra para lograr buenas propiedades. Se mencionan aditivos posibles a utilizar.

CEMENTO

El cemento es un material inorgánico finamente molido que amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua.

Las propiedades más relevantes de este material son la finura, la fluidez, la densidad, la resistencia a la compresión, la expansión, los tiempos del fraguado y el fraguado rápido. (Javier Silva, 2019)

La utilización del cemento se pretende que solo sea un aditivo de referencia, ya que es un aditivo industrial y no sustentable.

CAL

Es un producto que se obtiene calcinando la piedra Caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio.

La cal es considerada un material sustentable y ha estado presente en construcciones tradicionales, además de tener

propiedades de resistencia.

Históricamente, la cal se empleó desde la antigüedad en construcciones conocidas por su solidez y resistencia a lo largo del tiempo, como La Vía Apia, Las Pirámides de Egipto, la Muralla China, el Coliseo Romano, las Pirámides de Teotihuacán, entre otros ejemplos. (Arreola Sanchez, Martínez Molina, & Alonso Guzman, 2012)

La cal es el material más antiguo utilizado en la estabilización del suelo. Cuando se agrega cal al suelo arcilloso, las propiedades del suelo cambian. (Malkanthei et al., 2020)

En una mezcla, la cal actúa como conglomerante y se encarga del proceso del fraguado y endurecimiento de las mezclas. Se piensa que puede sustituir la función del cemento para la experimentación material.

Si se mezcla con pigmentos sirve para preparar pinturas o si se mezcla con arena es útil para preparar morteros. Dichos morteros son de resistencia menor y fraguado más lento que los morteros de Cemento, sin embargo son menos contaminantes y más económicos.



Fig. 122. Cemento. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.



Fig. 123. Cal. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.

Otra propiedad que puede aportar la cal al material es su capacidad impermeable ya que actúa cubriendo los minerales de arcilla y previene que el agua los alcance y provoque expansión. (Minke, 1994)

Los iones de calcio de la cal se intercambian con los iones metálicos de la arcilla. Como resultado, ocurren aglomeraciones de las partículas finas que evitan la penetración del agua. (Minke, 1994)

MUCÍLAGO DE NOPAL

Al igual que la cal, la baba de nopal ha sido utilizada en la construcción tradicional, con la cal funciona como aglutinante. Además es un buen impermeabilizante y sellador.

El mucilago de nopal, comúnmente conocido como baba, se extrae cortando el nopal en pequeños fragmentos, después se le agrega un poco de agua y se deja en maceración por un día.

El cultivo del nopal en Michoacán se ha posicionado en el séptimo lugar a nivel nacional en volumen y el sexto lugar en valor de la producción.



Fig. 124. Mucilago de nopal. Fotografía propia. Tomada el 12 de marzo de 2020.

“Es un aditivo orgánico importante y es parecido a una especie de gel que se mezcla con la cal del mortero y mejora sus propiedades” (Álvarez Pérez, Alonso Guzmán, & Bedolla Arroyo, 2009).

La viscosidad es la principal característica del mucilago, sobre la que se proyecta la aplicación como aditivo de alimentos, adhesivo de pinturas y recubrimiento de mucosa gástrica ulcerada, entre otras. Por ejemplo, se ha utilizado en construcción y pinturas, la adición del mucilago como adhesivo natural en la cal, con la finalidad de restaurar y proteger edificios históricos.

Se ha mejorado la durabilidad del mortero con mucilago de nopal al disminuir el transporte de agua dentro del material y al aumentar su resistencia. Incluso la utilización de aditivos a base de nopal para materiales de construcción ha sido una constante a través de los años, aún mucho antes de que fuera industrializado el cemento, por ejemplo se ha utilizado para impermeabilizar, tapar poros o resanar. (Pérez Valencia, 2017)

RESINA

La resina es una secreción orgánica que producen algunos árboles. Se ha utilizado en producción de barnices, adhesivos y aditivos alimenticios.

Utilizar resina natural en la elaboración del material innovador puede ser un nicho de oportunidad para el manejo sostenible del bosque de pino en Michoacán, siempre y cuando se aprovechen mejorando las condiciones de los productores y de los trabajadores que participan en la colecta.

México posee una amplia diversidad de especies arbóreas que producen resinas y gomas, su extracción y aprovechamiento tienen una vasta perspectiva. (Quiroz Carranza & Magaña Alejandro, 2015)

La producción de resinas en México ocupa el tercer rubro de los denominados Productos Forestales No maderables, con una producción que supera las 30 000 toneladas anuales, pero las cifras de la Semarnat (2014) señalan cerca de 20 000 toneladas anuales, representando 13% de los PFNM. Aproximadamente 90% de estas resinas corresponde a especies de Pinaceae (pino). (Quiroz Carranza & Magaña Alejandro, 2015)

El Estado de Michoacán ocupa el primer lugar como productor de resina con 40,000 toneladas anuales. Una actividad de la comunidad es la recolección de la resina para su posterior venta.

Se tiene la idea de que la resina puede ser un aditivo impermeable ya que cuando se utiliza para preservar la madera, recubre la pared celular para evitar que el vapor del agua o el agua en sí, logren humedecerla. Además de utilizarla como aglutinante tratando sus-



Fig. 125. Resina de pino. Fotografía propia. Tomada el 15 de abril de 2020.

tituir aglutinantes industrializados como pegamento o resina sintética.

Como propiedades la resina es considerada no tóxica e insoluble en agua. Además no afecta el ambiente ni la salud, impide la absorción de agua y limita el crecimiento de microorganismos. (Quiroz Carranza & Magaña Alejandro, 2015)

Aplicando una percepción sostenible, el aprovechamiento de la resina debe basarse mediante procedimientos no destructivos ni contaminantes, contribuyendo su explotación a la conservación del medio natural y el desarrollo sostenible de la región. Para la experimentación de este trabajo, se ha conseguido una resina natural del pino en el municipio de Angahuan, Michoacán.

ARENA

La arena es un tipo de agregado fino que se utiliza para fabricar hormigón, concreto y mortero.

Para la experimentación de este trabajo se buscó una arena que anteriormente ya ha sido utilizada en la fabricación de



Fig. 126. Arena. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.

ladrillo rojo cocido, fue obtenida de un banco del municipio de Uruapan.

En las tareas de albañilería, la arena es uno de los componentes más importantes para la realización de mezclas, ya que integra todos los materiales.

En cualquier mezcla, cuando se le agrega arena aporta beneficios como evitar fisuras y lograr una homogeneidad en ésta. Además es imprescindible en la unión de los elementos de construcción, tales como los ladrillos. (L. Duran, 2011) Hay distintas clases de arena, pero para este tipo de mezclas, la más recomendada es la de grano fino.

Por ejemplo en el caso de la elaboración de adobe, la arena se utiliza para estabilizar la mezcla ya que si una tierra es demasiado arcillosa debe utilizarse arena.

ASERRÍN

El aserrín es un desecho de la industria maderera, en la región inmediata es fácil su obtención, por lo cual es un material económico.



Fig. 127. Aserrín. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.

El aserrín o viruta se ha utilizado en la fabricación de aglomerados, utilizando como aglutinante resinas. Para de esta manera aprovechar dicho desecho, el cual es considerado contaminante.

6.4 PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA

La materia prima elegida para la experimentación tuvo que pasar por una fase de preparación como se mencionará en las páginas siguientes, ya que la mayoría de la materia prima se consiguió en su tamaño natural.

ARCILLA 1R

La arcilla 1 (R) se consiguió en pequeñas piedras casi lista para su uso, se molió manualmente para que fuera más fácil su utilización.

Cabe mencionar que se molió con medios caseros, pero este tipo de arcilla normalmente se muele con molino.

ARCILLA 2N

La arcilla 2N se consiguió en piedras medianas y grandes.

Al igual que la arcilla 1R, se molio a través de medios caseros

Cabe mencionar que en Cocucho, donde se consiguió, se muele con molino manual para su utilización en la realización de cocuchas. (piezas de barro cocido). Por lo que se afirma que la comunidad tiene el conocimiento del molido y de la correcta utilización del material.



Fig. 128. Arcilla molida. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.



Fig. 129. Tamaño natural de la arcilla 1R. fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.



Fig. 132. Tamaño natural de la arcilla 2N. fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.



Fig. 130. Preparación de arcilla 1R. Fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.

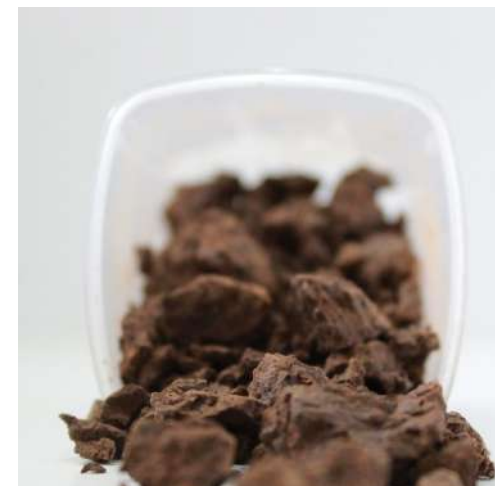


Fig. 133. Preparación de arcilla 2N. Fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.



Fig. 131. Arcilla molida. Fotografía propia. Tomada el 12 de marzo de 2020.



Fig. 134. Preparación de arcilla 2N. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.



HUINUMO

El huinumo se recolecto seco de un bosque de pino del municipio de Charapan.

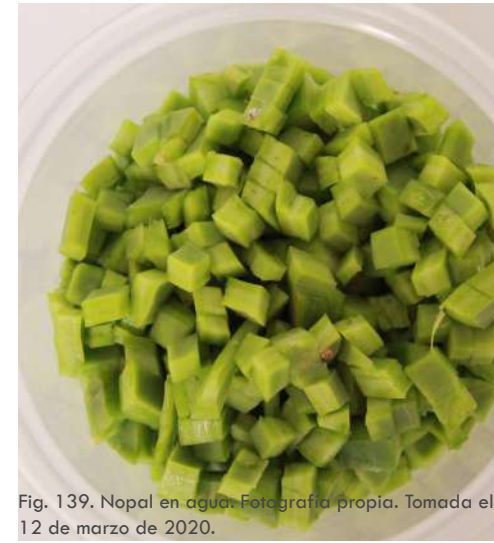
Para su uso se decidió molerlo igualmente a través de medios caseros.

Al igual que la arcilla, ésta materia prima puede molerse con un molino manual, para hacer más eficiente el proceso.

DESECHO DE COSECHA DE MAÍZ

El desecho de cosecha de maíz se consiguió en una parcela de la carretera San Lorenzo – Charapan.

Se compró con un agricultor que después de la cosecha, aprovecha el desecho para venderlo, ya molido.



MUCÍLAGO DE NOPAL

Para poder extraer el mucílago del nopal, éste se corta en trozos pequeños y se sumerge en agua, se deja reposar un día y después se cuela quedando un líquido espeso.

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Una vez mostrado el proceso de preparación de la material prima, el siguiente paso es la experimentación.

El diseño experimental del trabajo de tesis consta de tres etapas como se mencionó en el diagrama de la propuesta metodológica experimental.

Es un proceso cíclico, si las pruebas no resultaran después de la etapa tres, se tendría que volver a empezar con la experimentación desde la etapa uno.

En las páginas siguientes se muestran todas las etapas descritas con un diagrama de proceso experimental.

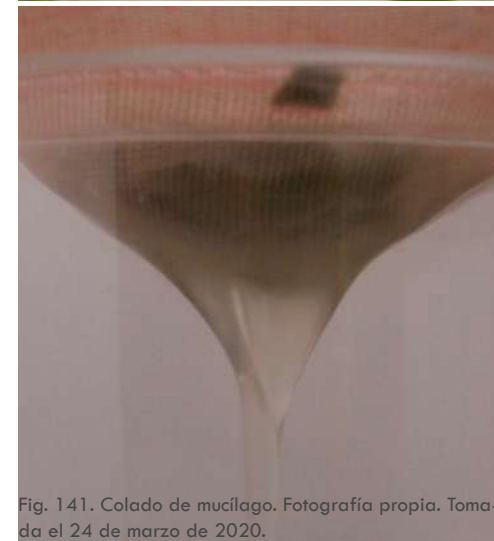




Fig. 142. Huinumo molido. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.



Fig. 143. Rastrojo molido. Fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.

6.5.1 ETAPA UNO

El objetivo es conocer las propiedades de las tierras, comparar tierra 1R y tierra 2 N, para descartar uso de tierra 1R.

La primera parte de esta experimentación consta de la realización de cuatro muestras iguales en cuanto a aditivos y proporciones con los dos tipos de arcilla, lo que da un total de ocho experimentaciones.

El objetivo es conocer las propiedades de la arcilla **2N** en comparación con

la arcilla **1R** la cual si ha sido utilizada para la realización de materiales de construcción. Se tiene el interés de utilizar la arcilla **2N** por ser un recurso inmediato de la zona.

PRUEBA CASERA A MUESTRAS PARA OBSERVAR COMPORTAMIENTO

Después de obtener las primeras 8 muestras, se decidió evaluarlas con un método meramente casero en base a Johan van Lengen para ladrillos crudos, para empezar a descartar y observar que variables son las más adecuadas.

El cual consiste en:

Sumergir la muestra en agua por 4 horas.

Colocarlo encima de otros dos y en seguida ponerle encima 6 muestras del mismo peso. Deberá aguantar el peso por lo menos un minuto antes de romperse.

Si no se quiebra, quebrarlo para observar la penetración del agua.

Dicho proceso de prueba de observación después de la documentación de las 8 muestras.

OBSERVACIONES FINALES

1. La tierra 1 (R) parece ser mas resistente, sin embargo, se observó que la tierra 2 (N) tiene buenas propiedades: resistencia, plasticidad, moldeado, conserva la forma, endurecimiento.

2. El cemento dio buena resistencia con ambas tierras. No obstante, el uso de nopal y cal parece ser una buena alternativa para suplir el cemento.

3. La incorporación de huinumo y aserrín no debilita la muestra.

PRE - DISEÑO



DISEÑO



POST - DISEÑO



Fig. 144. Diagrama de proceso experimental etapa 1. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.

Muestra 1R

Muestra realizada sin aditivos con la finalidad de observar comportamiento y propiedades de arcilla por si misma. Se utilizó arena para estabilizar la arcilla.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Muestra resistencia

Es muy dura

Pesada

No se disgrega

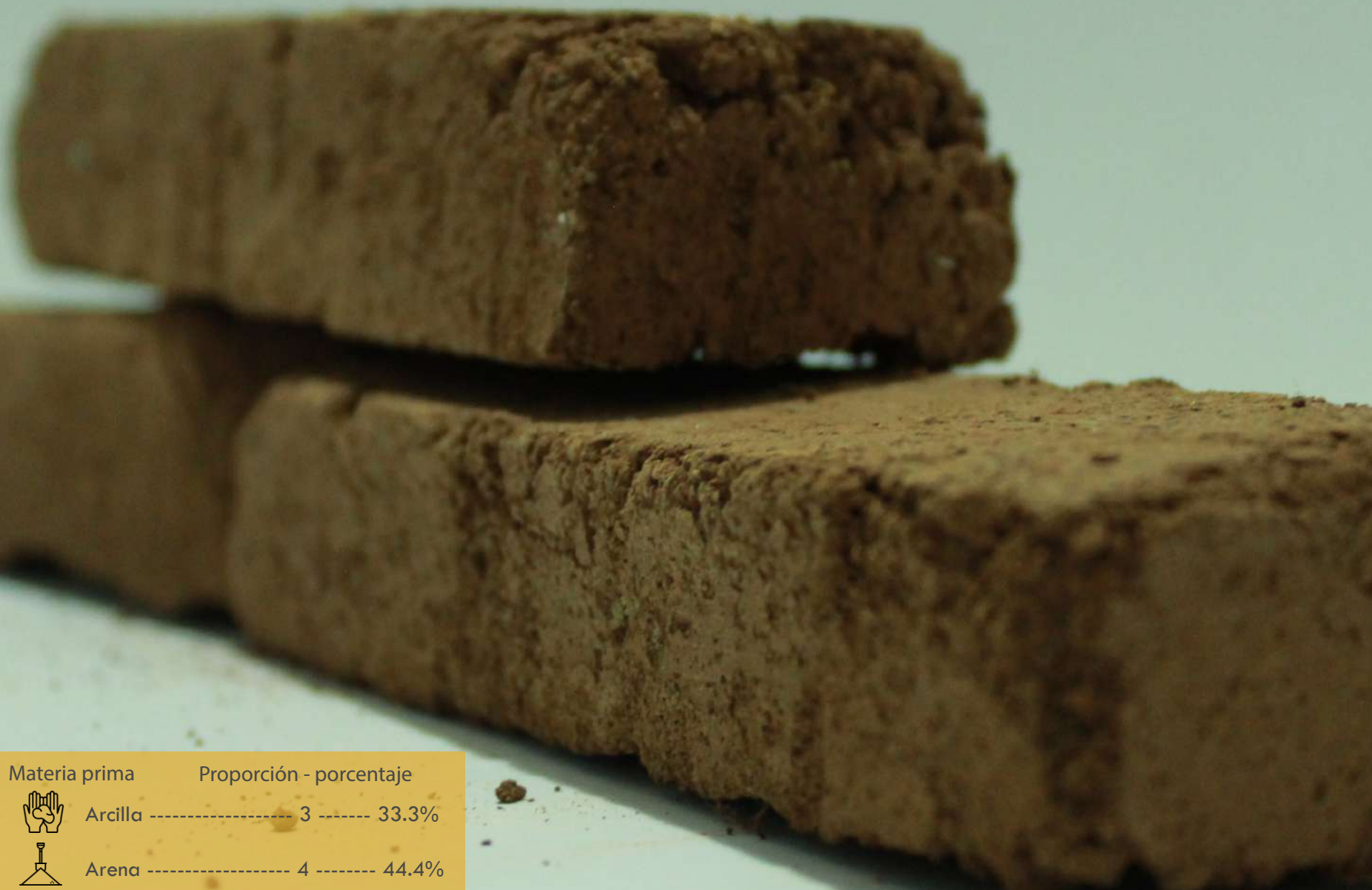


Fig. 146. Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.



Fig. 147. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 148. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 149. Muestra 1(R). Fotografía propia. 2020.




Materia prima	Proporción - porcentaje
 Arcilla ----- 3 ----- 33.3%	
 Arena ----- 4 ----- 44.4%	
 Agua ----- 2 ----- 22.2%	

Fig. 145 Muestra 1R. Fotografía propia. Tomada el 16 de Marzo de 2020

Muestra 2R

La muestra 2R tiene como aditivo el cemento el cual servirá como referencia y comparativo para muestra sin aditivos y muestras con otros aditivos. De igual manera para observar comportamiento.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Muestra resistencia
Es pesada
Se disgrega un poco
No presenta grietas ni fisuras
Es dura





Materia prima	Proporción - porcentaje
 Arcilla ----- 3 ----- 28.5%	
 Arena ----- 4 ----- 38.1%	
 Cemento ----- 1 ----- 9.5%	
 Agua ----- 2.5 ----- 23.8%	



Fig. 151. Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.



Fig. 152. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 153. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 154. Muestra 2(R). Fotografía propia. 2020.

Fig. 150 Muestra 2R. Fotografía propia. Tomada el 16 de Marzo de 2020

Muestra 3R

La muestra 3R tiene como aditivos el mucílago de nopal y la cal por sus propiedades impermeables y aglutinantes, además de que se le agregó huinumo para observar comportamiento.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Muestra resistencia

Menos pesada

Presenta un poco de grietas por el tamaño de la fibra

Se disgrega un poco

El color es muy claro para la integración al conjunto

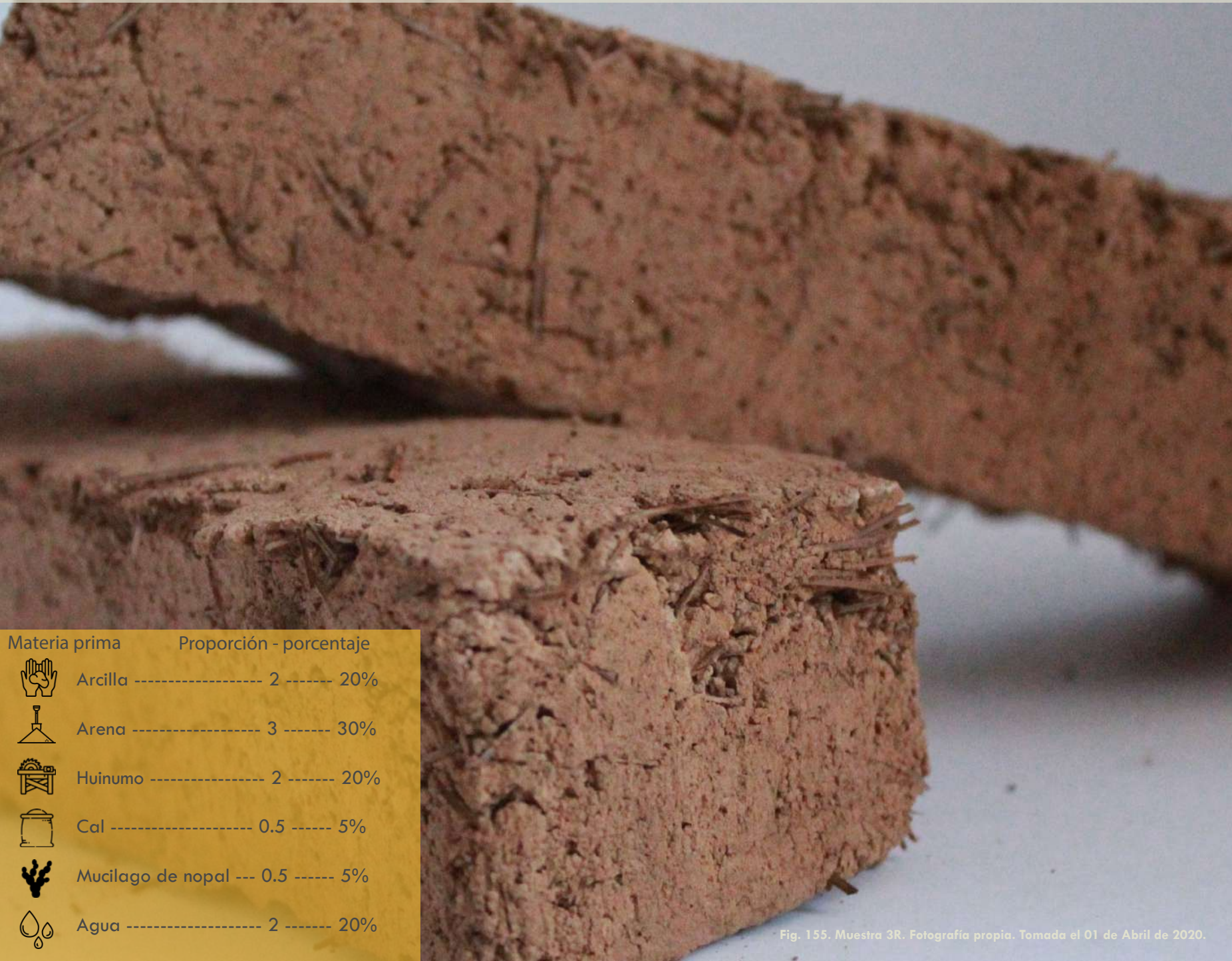


Fig. 156. Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.



Fig. 157. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 158. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 159. Muestra 3(R). Fotografía propia. 2020.







Materia prima	Proporción - porcentaje
 Arcilla ----- 2 ----- 20%	
 Arena ----- 3 ----- 30%	
 Huinumo ----- 2 ----- 20%	
 Cal ----- 0.5 ----- 5%	
 Mucilago de nopal --- 0.5 ----- 5%	
 Agua ----- 2 ----- 20%	

Fig. 155. Muestra 3R. Fotografía propia. Tomada el 01 de Abril de 2020.

Muestra 4R

La muestra 4R, al igual que la 3, tiene como aditivos el mucílago de nopal y la cal, la diferencia es que se le agregó aserrín para observar comportamiento. Se sigue utilizando arcilla y arena.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Muestra resistencia
Menos pesada
No presenta grietas ni fisuras
Se disgrega un poco
Es dura

Materia prima Proporción - porcentaje







	Arcilla ----- 2 ----- 20%
	Arena ----- 3 ----- 30%
	Aserrín ----- 2 ----- 20%
	Cal ----- 0.5 ----- 5%
	Mucilago de nopal --- 0.5 ----- 5%
	Agua ----- 2 ----- 20%



Fig. 161. Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.



Fig. 162. Extracción de mucílago de nopal. Fotografía propia. 2020.



Fig. 163. Aserrín. Fotografía propia. 2020.



Fig. 164. Muestra 4(R). Fotografía propia. 2020.

Fig. 160. Muestra 4R. Fotografía propia. Tomada el 01 de Abril de 2020.

Muestra 1N

Se decidió realizar una muestra sin aditivos al igual que con la arcilla 1R para observar comportamiento. Se decide utilizar más cantidad de arena que de arcilla en este caso para estabilizarla.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Muestra resistencia

Es pesada

Se disgrega muy poco

No muestra fisuras ni grietas

Presenta un color café oscuro que puede ser útil para la imagen del conjunto



Fig. 166. Arcilla en piedra. Fotografía propia. 2020.



Fig. 167. Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.



Fig. 168. Arcilla molida. Fotografía propia. 2020.



Fig. 169. Muestra 1(N). Fotografía propia. 2020.




Materia prima	Proporción - porcentaje
 Arcilla ----- 3 ----- 33.3%	
 Arena ----- 4 ----- 44.4%	
 Agua ----- 2 ----- 22.2%	

Fig. 165. Muestra 1(N). Fotografía propia. Tomada el 16 de Marzo de 2020.

Muestra 2n

La muestra 2N tiene como aditivo el cemento el cual servirá como referencia y comparativo para muestra sin aditivos y muestras con otros aditivos.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Muestra resistencia

Es pesada y dura

Se disgrega muy poco

No muestra fisuras ni grietas

Presenta un color café oscuro que puede ser útil para la imagen del conjunto

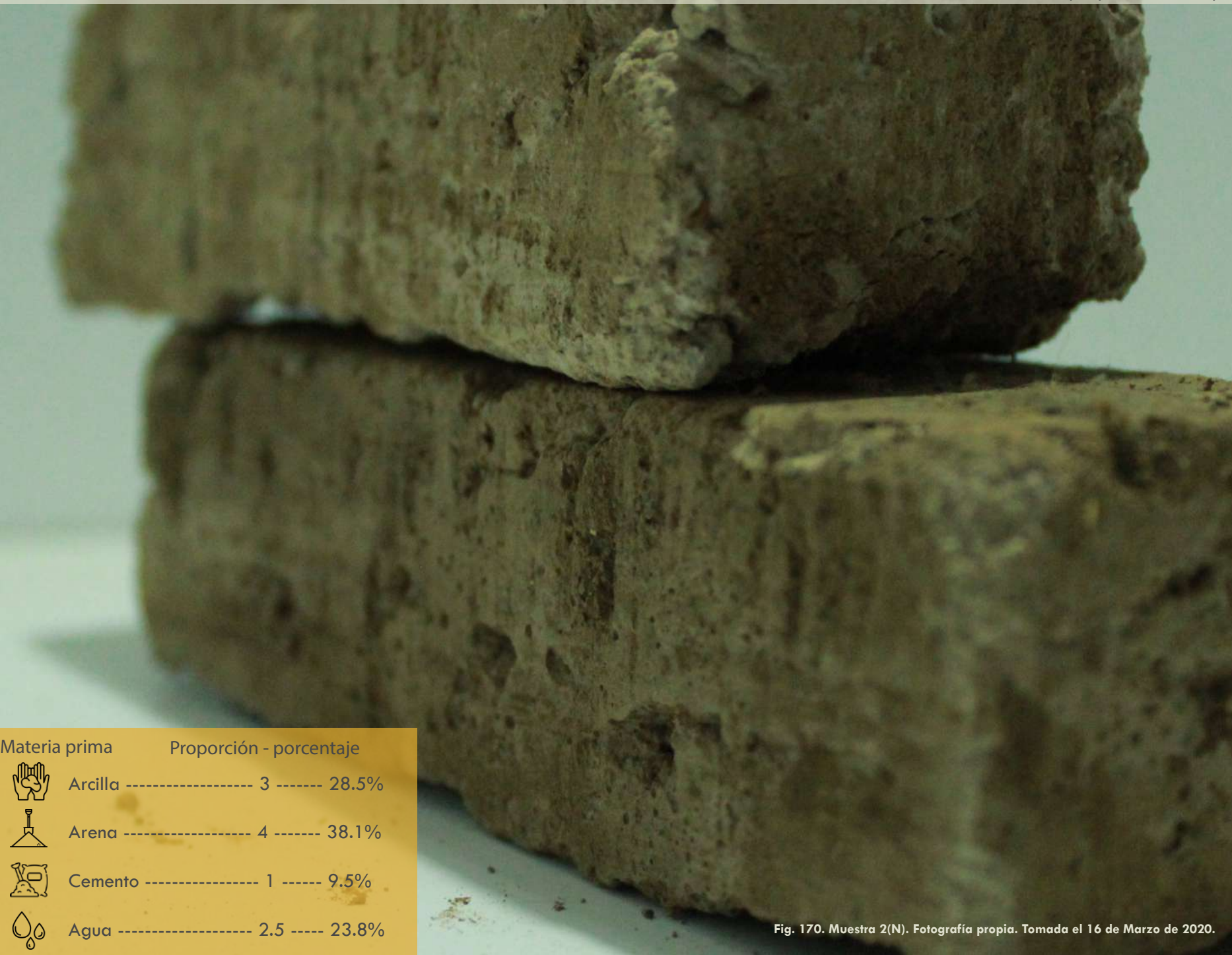


Fig. 171. Arcilla en piedra. Fotografía propia. 2020.



Fig. 172. Arcilla molida. Fotografía propia. 2020.



Fig. 173. Arcilla molida. Fotografía propia. 2020.



Fig. 174. Muestra 2(N). Fotografía propia. 2020.





Materia prima	Proporción - porcentaje
 Arcilla	3 ----- 28.5%
 Arena	4 ----- 38.1%
 Cemento	1 ----- 9.5%
 Agua	2.5 ----- 23.8%

Fig. 170. Muestra 2(N). Fotografía propia. Tomada el 16 de Marzo de 2020.

Muestra 3N

La muestra 3N tiene como aditivos el mucílago de nopal y la cal para observar sus propiedades permeables y aglutinantes, además de que se le agregó huinumo para observar comportamiento.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

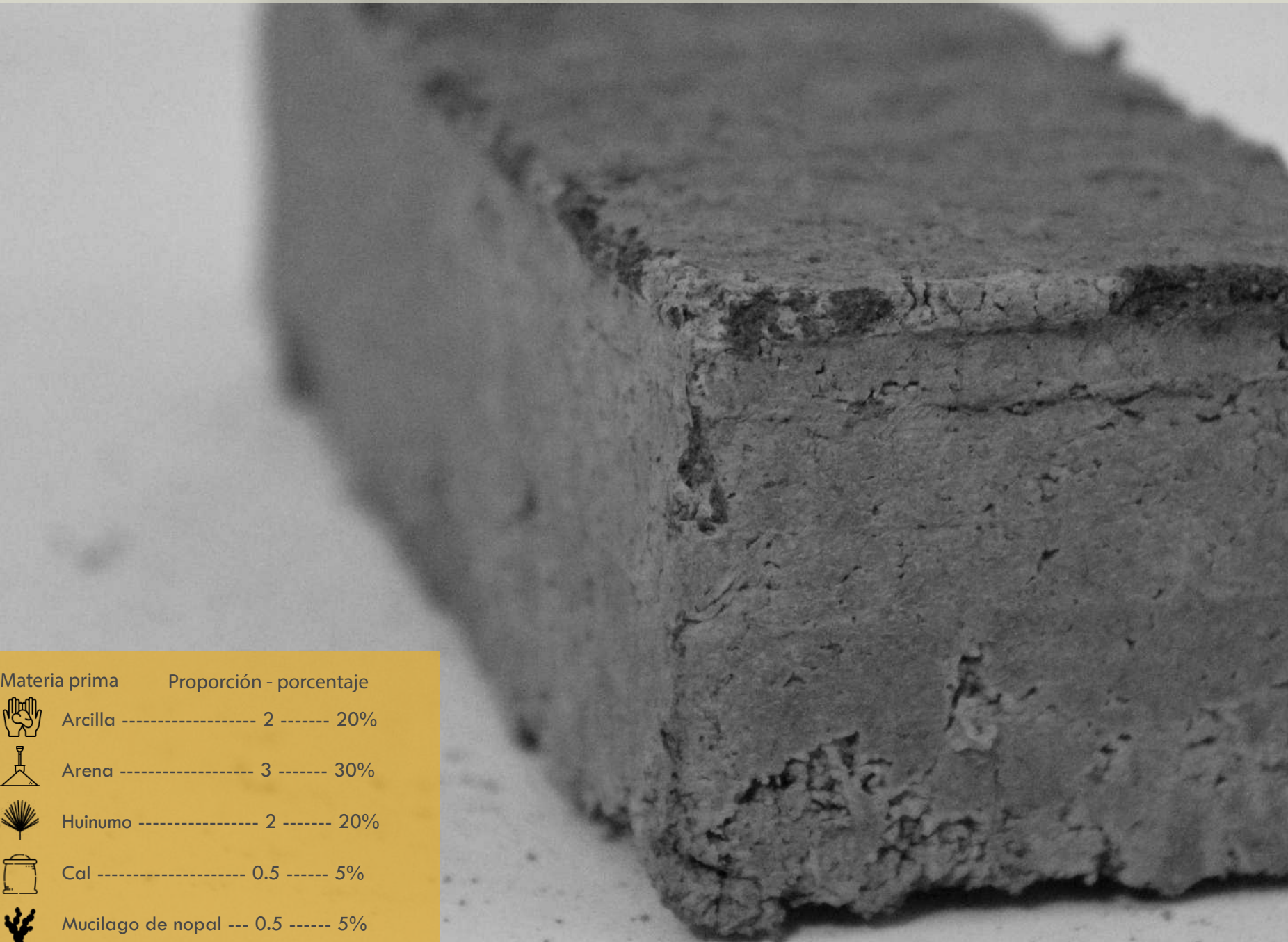
Muestra resistencia

Es menos pesada

Se disgrega muy poco

No muestra fisuras ni grietas

Presenta un color café oscuro que puede ser útil para la imagen









Materia prima	Proporción - porcentaje
 Arcilla ----- 2 ----- 20%	
 Arena ----- 3 ----- 30%	
 Huinumo ----- 2 ----- 20%	
 Cal ----- 0.5 ----- 5%	
 Mucilago de nopal --- 0.5 ----- 5%	
 Agua ----- 2 ----- 20%	



Fig. 176. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 177. Desmoldado. Fotografía propia. 2020.



Fig. 178. Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.



Fig. 179. Muestra 3(N). Fotografía propia. 2020.

Fig. 175. Muestra 3(N). Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.

Muestra 4N

La muestra 4N, al igual que la 3, tiene como aditivos el mucílago de nopal y la cal, la diferencia es que se le agregó aserrín para observar comportamiento.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Muestra resistencia

Es poco pesada

Se disgrega muy poco

No muestra fisuras ni grietas

Presenta un color café oscuro que puede ser útil para la imagen del conjunto



Fig. 181. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 182. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 183. Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.



Fig. 184. Muestra 4(N). Fotografía propia. 2020.

Materia prima Proporción - porcentaje







	Arcilla ----- 2 ----- 20%
	Arena ----- 3 ----- 30%
	Aserrín ----- 2 ----- 20%
	Cal ----- 0.5 ----- 5%
	Mucilago de nopal --- 0.5 ----- 5%
	Agua ----- 2 ----- 20%

Fig. 180. Muestra 4(N). Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.

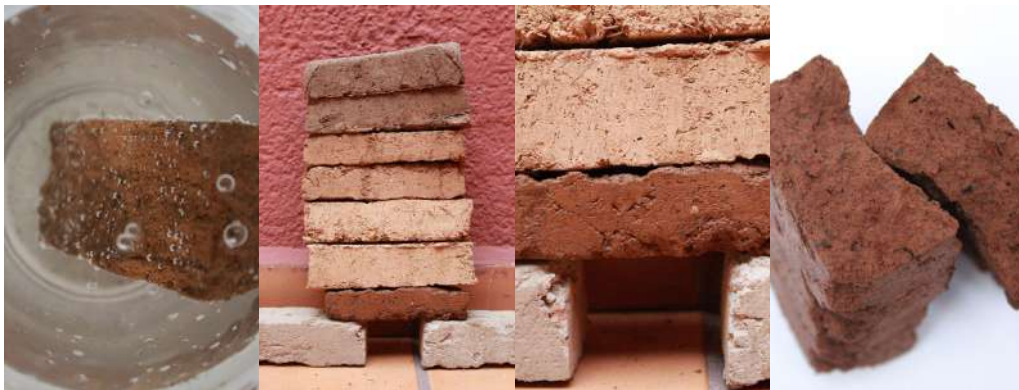
PRUEBA CASERA ETAPA 1



MUESTRA 1R Resultados

La muestra 1R es considerada fallida ya que se deshizo completamente estando aproximadamente 20 minutos en el agua.

Por lo que se concluye que para crear un material resistente con este tipo de arcilla es necesario agregar aditivos.



MUESTRA 2R Resultados

La muestra duró completa las 4 horas en el agua.

Se le colocaron encima 6 piezas de aproximadamente las mismas dimensiones y la muestra no se quebró.

Se tuvo que romper para observar la penetración de agua, no se distinguen partes secas. Sin embargo, a pesar de estar la pieza completamente mojada, se conserva entera.



MUESTRA 3R Resultados

La muestra duró completa las 4 horas en el agua.

Se le colocaron encima 6 piezas de aproximadamente las mismas dimensiones y la muestra no se quebró.

Se tuvo que romper para observar la penetración de agua, no se distinguen partes secas. Sin embargo, a pesar de estar la pieza completamente mojada, se conserva entera.



MUESTRA 4R Resultados

La muestra duró completa las 4 horas en el agua.

Se le colocaron encima 6 piezas de aproximadamente las mismas dimensiones y la muestra se quebró en poco menos de un minuto

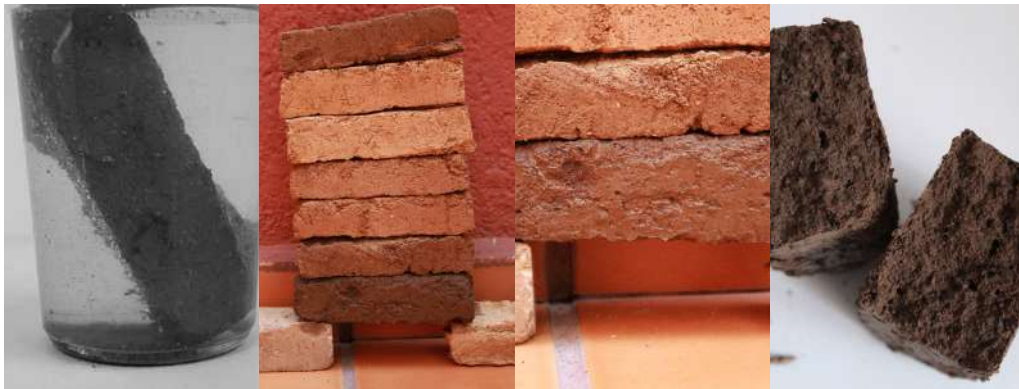
Sin embargo, se puede observar como la humedad no llegó hasta el centro de la pieza, a diferencia de las otras 3.



MUESTRA 1N Resultados

La muestra 1N es considerada fallida ya que se deshizo completamente estando aproximadamente 16 minutos en el agua.

Por lo que se concluye que para crear un material resistente con este tipo de arcilla es necesario agregar aditivos, al igual que con la arcilla roja.



MUESTRA 2N Resultados

La muestra duró completa las 4 horas en el agua.

Se le colocaron encima 6 piezas de aproximadamente las mismas dimensiones y la muestra no se quebró.

Se tuvo que romper para observar la penetración de agua, al igual que con la arcilla roja, no se distinguen partes secas. Sin embargo, a pesar de estar la pieza completamente mojada, se conserva entera.



MUESTRA 3N Resultados

Después de 4 horas de estar bajo el agua, la muestra se partió. Sin embargo no se deshizo completamente.

Quedaron algunas partes completas con aspecto lodoso, como se muestra en las imágenes. Puede decirse que la muestra se considera fallida, probablemente debido a la falta de compactación, ya que las muestras con arcilla 2(N) con aserrín y cemento resultaron exitosas.



MUESTRA 4N Resultados

La muestra duró completa 4 horas bajo el agua.

Al colocarla sobre dos ladrillos, pudo observarse una pequeña fisura, sin embargo al ponerle el peso de 6 ladrillos no continuo rompiéndose.

Se tuvo que partir manualmente para observarla por dentro.

6.5.2 ETAPA DOS

El objetivo es conocer las propiedades de distintas fibras naturales utilizando diferentes proporciones y distintos aditivos.

La segunda etapa de diseño experimental consta de la realización de siete experimentaciones, teniendo como objetivo la utilización de fibras naturales y arcilla 2N.

Se pretende utilizar menos cantidad de arcilla y más de fibras naturales en cuan-

to a proporciones y observar el comportamiento con los distintos aditivos.

PRUEBA CASERA A MUESTRAS PARA OBSERVAR COMPORTAMIENTO

Después de obtener las 7 muestras, se decidió evaluarlas con el método que se utilizó en la etapa 1, por se material crudo también, para empezar a descartar mezclas débiles.

El cual consiste en:

Sumergir la muestra en agua por 4 horas.

Colocarlo encima de otros dos y en seguida ponerle encima 6 muestras del mismo peso. Deberá aguantar el peso por lo menos un minuto antes de romperse.

Si no se quiebra, quebrarlo para observar la penetración del agua.

Cabe mencionar que 2 muestras resultaron fallidas desde el desmolde, las muestras 2 y 4, ya que se partieron completamente. Por lo que solamente se evaluaron las muestras 1, 3, 5, 6 y 7.

Dicho proceso de prueba de observa después de la documentación de las 8 muestras.

OBSERVACIONES FINALES

1. La fibra entre mas molida da un mejor resultado.
2. Utilizar mas cantidad de materiales que sirvan de aglutinante para hacer las muestras mas resistentes.
3. Las muestras realizadas con mas resina, cal y arcilla mostraron mas resistencia al agua y al peso.
4. Se notó que el rastrojo de maíz da mas resistencia que el huinumo.

PRE - DISEÑO



DISEÑO



POST - DISEÑO



Fig. 185. Diagrama de proceso experimental etapa 2. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.

Muestra 1

En esta muestra predomina el uso de rastrojo de maíz para observar sus propiedades como agregado de fibra, el cual se espera una los distintos elementos.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Muestra poco resistencia

Es ligera

Se disgrega

No muestra fisuras ni grietas

Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto



Fig. 187. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 188. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 189. Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.



Fig. 190. Muestra 1. Fotografía propia. 2020.

Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 4 ----- 60.7%	
 Arcilla ----- 0.5 ----- 7.5%	
 Cal ----- 0.5 ----- 7.5%	
 Mucilago de nopal ---- 0.5 ----- 7.5%	
 Resina ----- 0.1 ----- 1.5%	
 Agua ----- 1 ----- 15.1%	

Fig. 186 Muestra 1. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.

Muestra 2

Se decidió que la muestra 2 no tuviera arcilla para observar comportamiento de fibras como material estructurante y predominante. Sin embargo, resultó ser una muestra fallida.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Fisuras desde el desmolde lo que hizo que se partiera

Disgregación

Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto



Materia prima Proporción - porcentaje


	Rastrojo ----- 2 ----- 35.4%
	Huínumo ----- 2 ----- 35.4%
	Cal ----- 0.25 ----- 4.4%
	Mucilago de nopal --- 0.25 ----- 4.4%
	Resina ----- 0.15 ----- 2.6%
	Agua ----- 1 ----- 15.15%



Fig. 192. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 193. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 194. Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.



Fig. 195. Muestra 2. Fotografía propia. 2020.

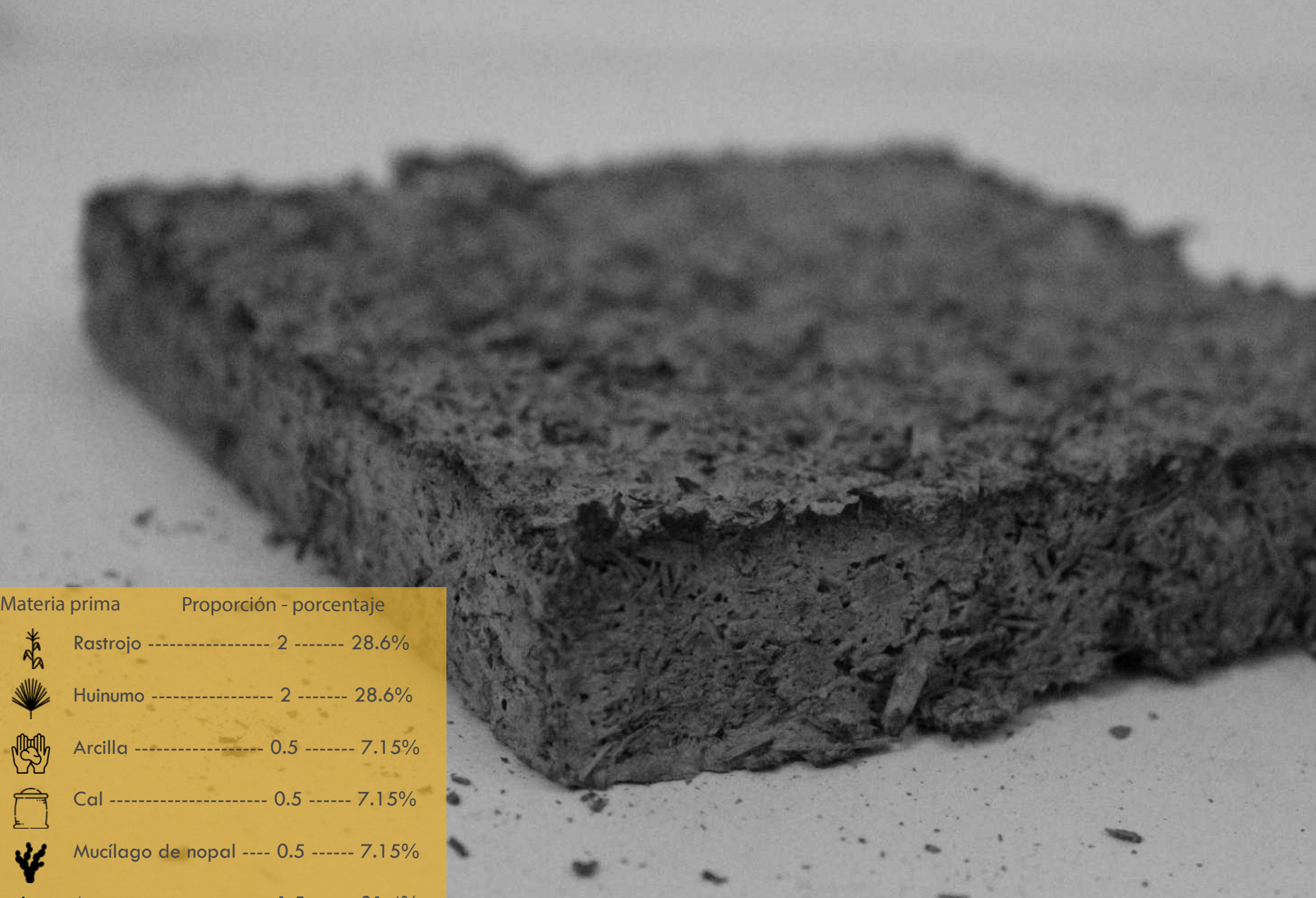
Fig. 191. Muestra 2. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.

Muestra 3

La muestra 3 predomina la utilización de fibras con poca arcilla. Para observar si de esta manera puede ser una muestra resistente. Se espera que la mezcla de cal con el mucílago de nopal aumenten la resistencia con la poca arcilla. En esta muestra no se está utilizando arena para observar comportamiento.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

- Ligera
- Se disgrega
- Poca resistencia
- Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto





Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo	2 ----- 28.6%
 Huinumo	2 ----- 28.6%
 Arcilla	0.5 ----- 7.15%
 Cal	0.5 ----- 7.15%
 Mucílago de nopal	0.5 ----- 7.15%
 Agua	1.5 ----- 21.4%

Fig. 196 Muestra 3. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.



Fig. 197. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 198. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 199. Desmoldado de muestra. Fotografía propia. 2020.

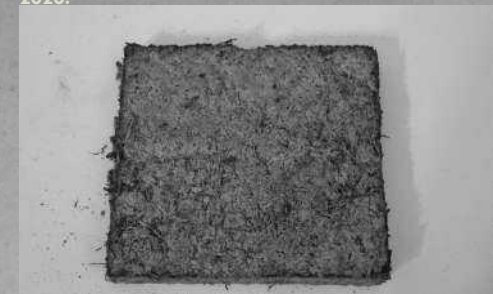


Fig. 200. Muestra 3. Fotografía propia. 2020.

Muestra 4

La muestra 4 tiene 3 tipos de fibra como material estructurante: rastrojo de maiz, huinumo y aserrín, para observar comportamiento. A pesar de que se utilizó cal y mucílago de nopal como materiales resistentes resultó ser una muestra fallida.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Fisuras desde el desmolde lo que hizo que se partiera

Disgregación

Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto

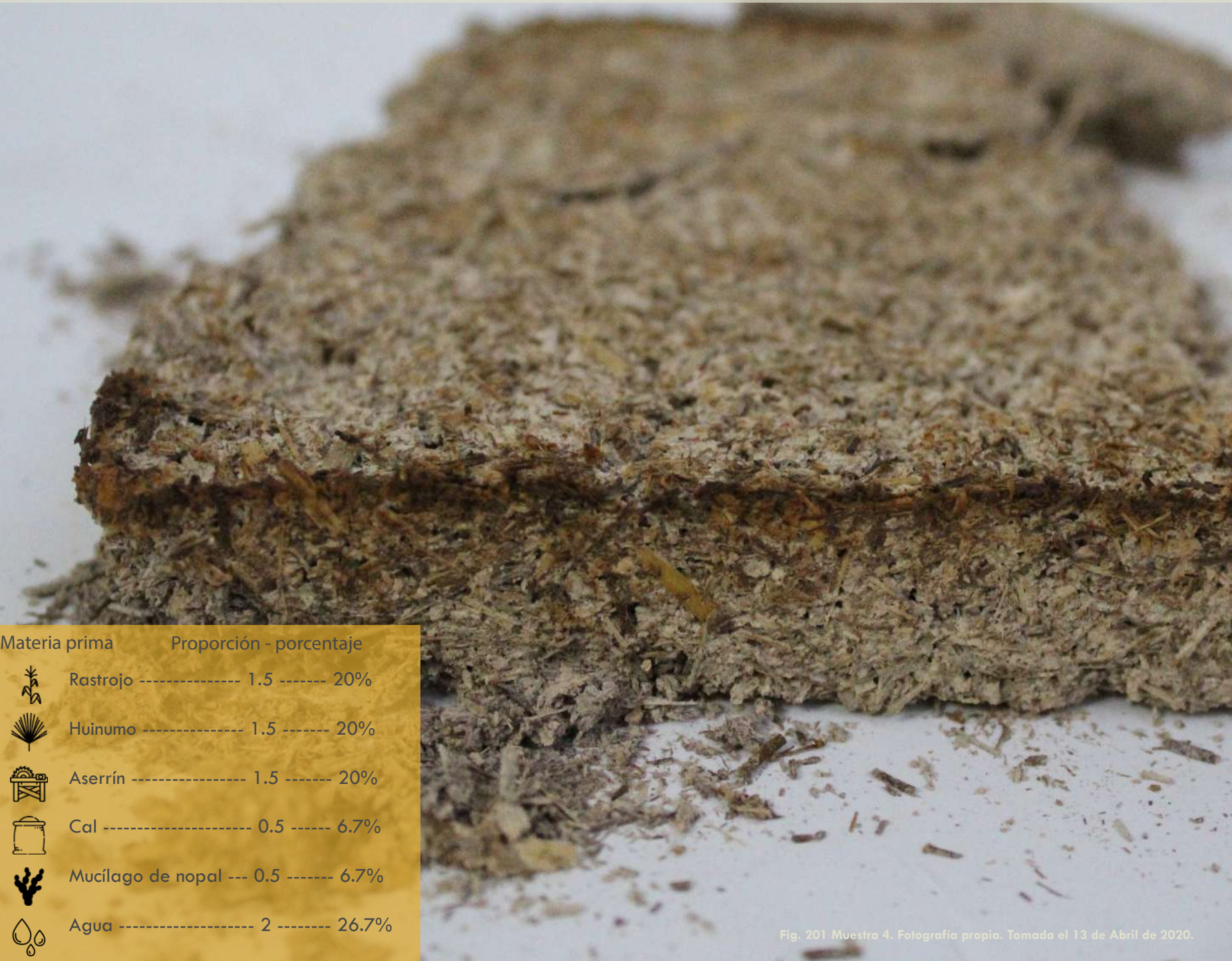


Fig. 202. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 203. Moldeado de muestra. Fotografía propia. 2020.



Fig. 204. Secado de muestra. Fotografía propia. 2020.



Fig. 205. Muestra 4. Fotografía propia. 2020.

Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 1.5 ----- 20%	
 Huinumo ----- 1.5 ----- 20%	
 Aserrín ----- 1.5 ----- 20%	
 Cal ----- 0.5 ----- 6.7%	
 Mucílago de nopal --- 0.5 ----- 6.7%	
 Agua ----- 2 ----- 26.7%	

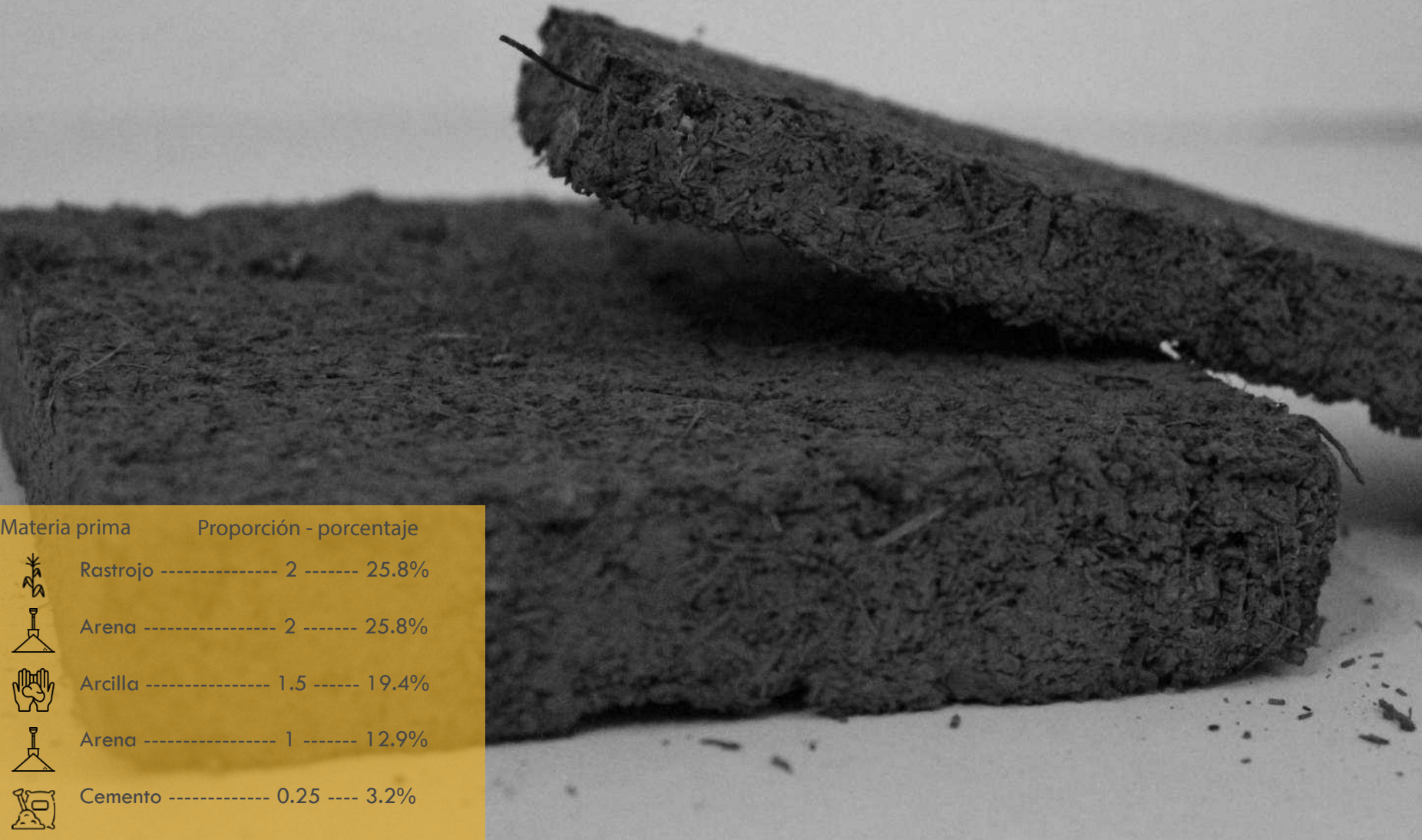
Fig. 201 Muestra 4. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.

Muestra 5

La muestra 5 sigue predominando el uso de fibras, sin embargo se agregó arcilla y arena en menos cantidad para observar comportamiento y muy poco cemento para observar resistencia, en este caso en lugar de utilizar cal.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Ligera
Se disgrega
Poca resistencia
Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto









Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 2 ----- 25.8%	
 Arena ----- 2 ----- 25.8%	
 Arcilla ----- 1.5 ----- 19.4%	
 Arena ----- 1 ----- 12.9%	
 Cemento ----- 0.25 ---- 3.2%	
 Agua ----- 1 ----- 12.9%	



Fig. 207. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 208. Mezcla. Fotografía propia. 2020.



Fig. 209. Moldeado de muestra. Fotografía propia. 2020.



Fig. 210. Muestra 5. Fotografía propia. 2020.

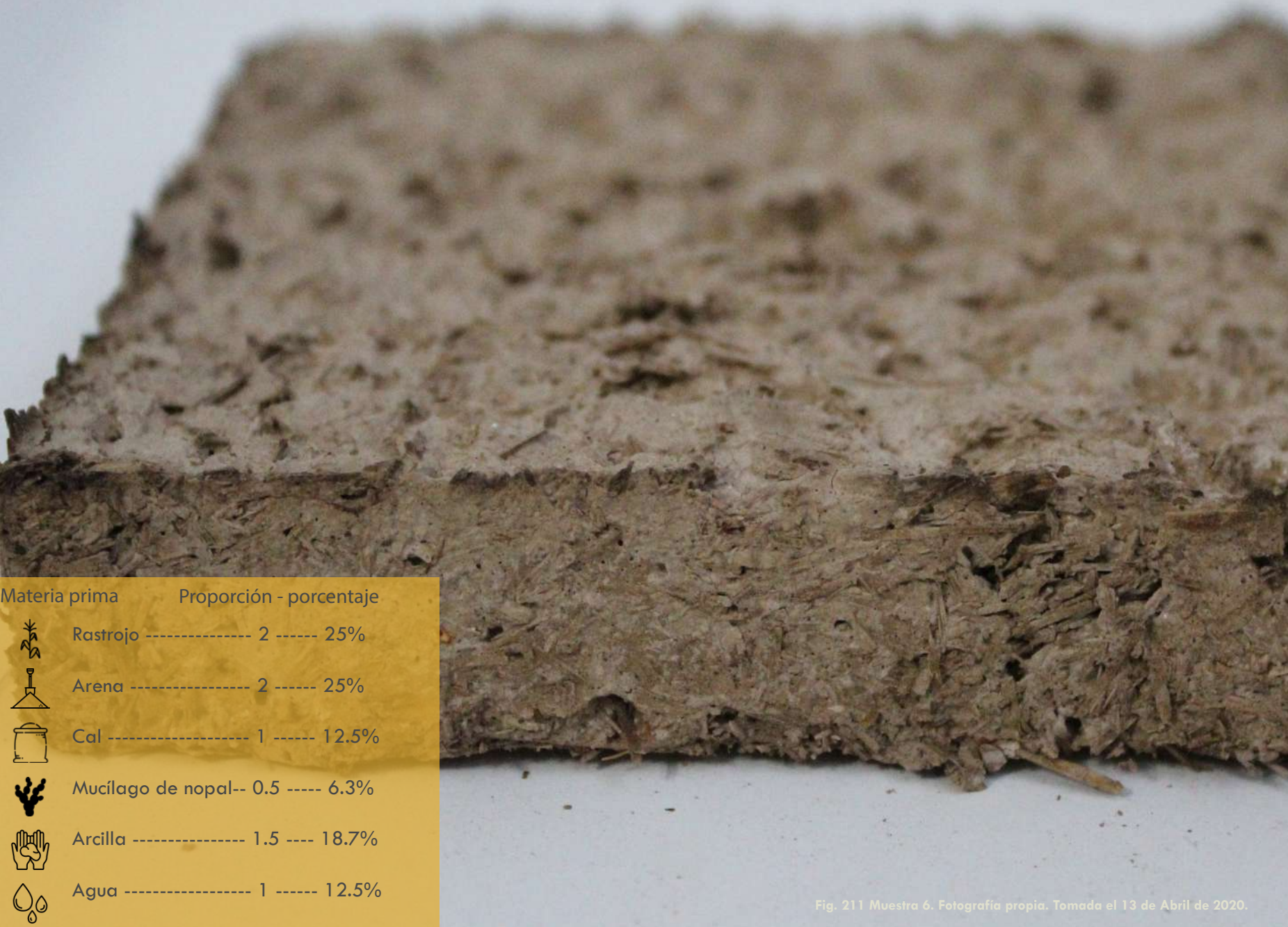
Fig. 206 Muestra 5. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.

Muestra 6

La muestra 6 es parecida en cuanto a proporciones a la muestra 5, sin embargo, se retira el cemento y se agrega el mucílago de nopal y la cal, resultando ser una buena opción para quitar el cemento.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Ligera
Se disgrega
Poca resistencia
Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto



Materia prima Proporción - porcentaje


	Rastrojo ----- 2 ----- 25%
	Arena ----- 2 ----- 25%
	Cal ----- 1 ----- 12.5%
	Mucílago de nopal-- 0.5 ----- 6.3%
	Arcilla ----- 1.5 ----- 18.7%
	Agua ----- 1 ----- 12.5%



Fig. 212. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 213. Mezcla de muestra. Fotografía propia. 2020.



Fig. 214. Secado de muestra. Fotografía propia. 2020.



Fig. 215. Muestra 6. Fotografía propia. 2020.

Fig. 211 Muestra 6. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.

Muestra 7

La muestra 7 además de tener como materiales predominantes las fibras, también lo es la adición de resina, que además de aglutinar se tiene la idea de que puede otorgar resistencia. Además se está utilizando una importante cantidad de arcilla.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

- Ligera
- Presenta resistencia
- Es dura
- Se disgrega muy poco
- Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto








Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 2.5 ----- 35.7%	
 Huinumo ----- 1.5 ----- 21.4%	
 Arcilla ----- 1 ----- 14.3%	
 Agua ----- 1 ----- 14.3%	
 Resina ----- 1 ----- 14.3%	



Fig. 217. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 218. Vaciado a molde. Fotografía propia. 2020.



Fig. 219. Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.



Fig. 220. Muestra 7. Fotografía propia. 2020.

Fig. 216 Muestra 2. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.

PRUEBA CASERA ETAPA 2



MUESTRA 1 Resultados

La muestra duró completa las 4 horas en el agua.

Se le colocaron encima 6 piezas de aproximadamente las mismas dimensiones y la muestra no se quebró.

Al sacarla del agua se notó, que la muestra guardo mucha agua, incluso goteaba y al partirla seguía escurriendo. Algo diferente a lo que paso con las pruebas de la etapa 1.



MUESTRA 3 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

No obstante al querer sacarla se deshizo completamente, por lo que se considera una muestra fallida.



MUESTRA 5 Resultados

La muestra se deshizo completamente después de estar 40 minutos sumergida en el agua, por lo que se concluye que es muestra fallida.



MUESTRA 6 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

Sin embargo al momento de colocarla encima de dos ladrillos, la muestra mostró fragilidad y al colocarle un material encima, ésta se partió. Por lo que se concluye que es muestra fallida



MUESTRA 7 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

Se le colocaron encima 6 piezas de aproximadamente el mismo peso y la muestra no se quebró.

La muestra mostró resistencia al momento de querer quebrarla.

6.5.3 ETAPA TRES

El objetivo de esta etapa es mejorar el diseño de mezclas tomando en cuenta los resultados de las etapas anteriores.

La etapa tres de diseño experimental consta de la realización de ocho experimentaciones. El principal objetivo es mejorar el diseño de las mezclas en base al comportamiento de las 15 muestras anteriores y las pruebas caseras que se les realizaron.

Esta etapa pretende dominar el uso de fibras al igual que la etapa 2, pero utilizando agregados y aditivos que puedan hacer a las mezclas mas resistentes.

PRUEBA CASERA A MUESTRAS PARA OBSERVAR COMPORTAMIENTO

Después de obtener las 8 muestras, se decidió evaluarlas con el mismo método de las etapas anteriores, por se material crudo. En este caso para observar mezclas mas resistentes y obtener diseños finales.

El cual consiste en:

Sumergir la muestra en agua por 4 horas. Colocarle encima de otros dos y en seguida ponerle encima 6 muestras del mismo peso. Deberá aguantar el peso por lo menos un minuto antes de romperse. Si no se quiebra, quebrarlo para observar la penetración del agua.

Dicho proceso de prueba de observa después de la documentación de las 8 muestras.

OBSERVACIONES FINALES

1. Se confirmó que el nopal es un buen

aglutinante cuando se combina con cal y arena y cuando se tiene arcilla.

2. El uso predominante de fibras hace a las muestras mas ligeras.

3. Si la resina se agrega a una mezcla poco húmeda es más fácil trabajarla.

4. En las muestras que si tienen cal pero no arena, se disgrega la muestra a pesar de estar seca y haber pasado la prueba.

5. Utilizar arcilla y arena como agregados y no como elementos principales ayuda a aumentar resistencia.

PRE - DISEÑO



DISEÑO



POST - DISEÑO



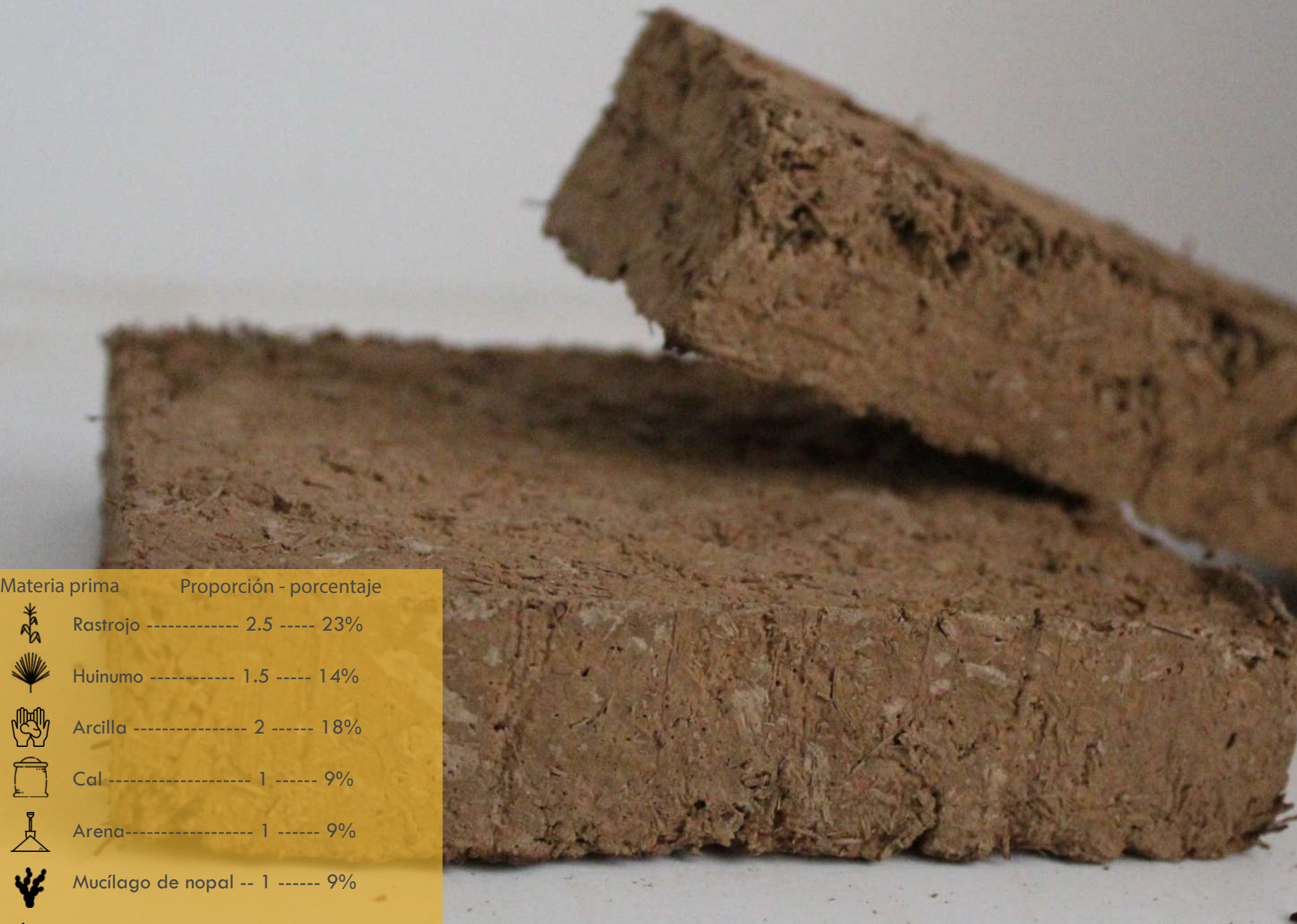
Fig. 221. Diagrama de proceso experimental etapa 3. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.

Muestra 1

La muestra 1 predomina la utilización de fibras, pero usando una cantidad importante de arcilla y arena, en este caso 2:1 para la estabilización de la arcilla, y como aglutinante se adiciona cal con mucílago de nopal.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

- Ligera
- Presenta resistencia
- Es dura
- Se disgrega muy poco
- Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto



Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 2.5 ----- 23%	
 Huinumo ----- 1.5 ----- 14%	
 Arcilla ----- 2 ----- 18%	
 Cal ----- 1 ----- 9%	
 Arena ----- 1 ----- 9%	
 Mucílago de nopal -- 1 ----- 9%	
 Agua ----- 2 ----- 18%	



Fig. 223. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 224. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 225. Vaciado a molde. Fotografía propia. 2020.



Fig. 226. Muestra 1. Fotografía propia. 2020.

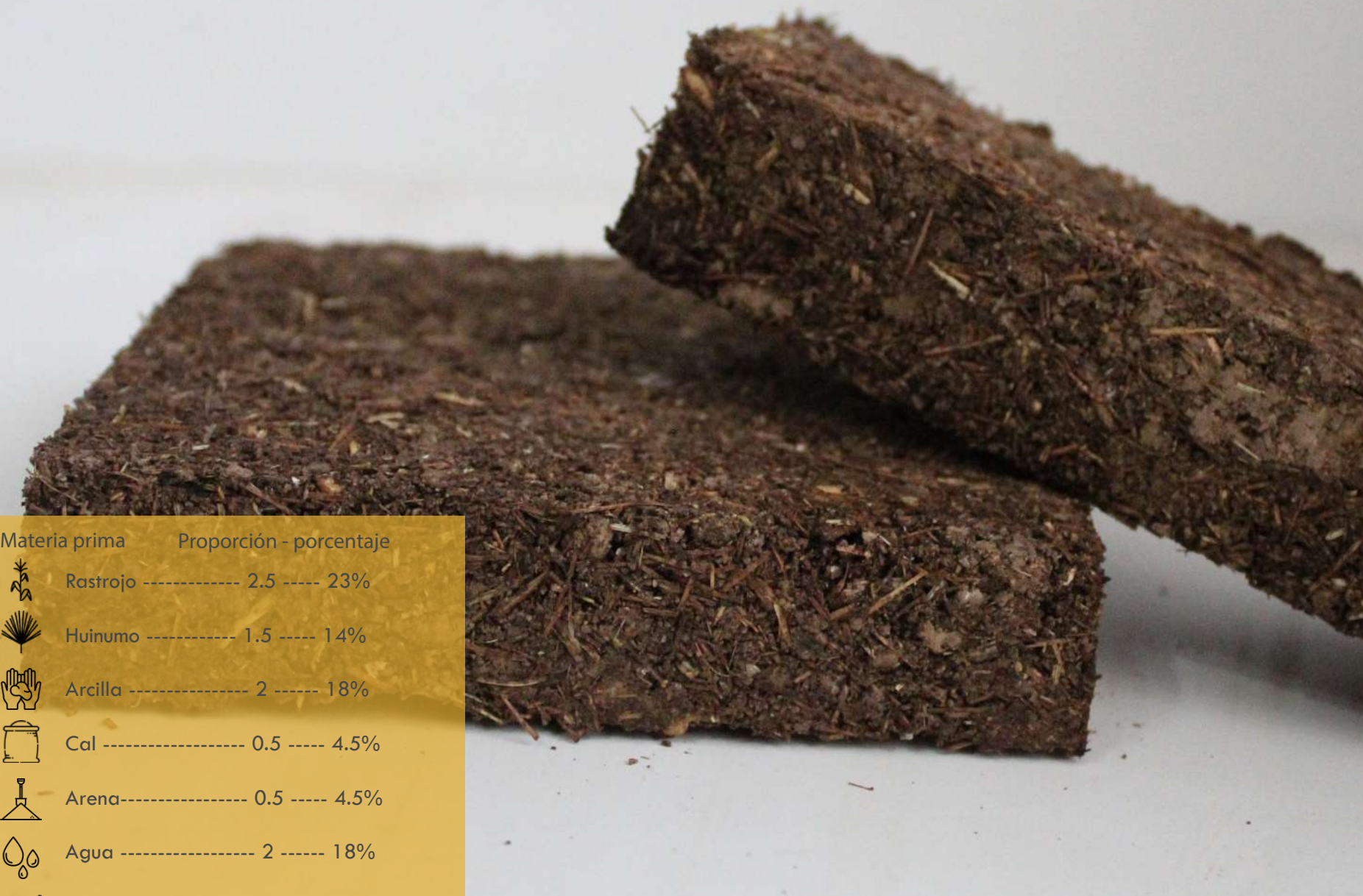
Fig. 222 Muestra 1. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.

Muestra 2

La muestra 2 cambia la utilización de mucílago de nopal por resina. Sigue predominando el uso de las fibras. Se utiliza un porcentaje importante de material estructural: arcilla, arena y cal.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

- Ligera
- Presenta resistencia
- Se disgrega muy poco
- Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto
- No presenta grietas ni fisuras




Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 2.5 ----- 23%	
 Huinumo ----- 1.5 ----- 14%	
 Arcilla ----- 2 ----- 18%	
 Cal ----- 0.5 ----- 4.5%	
 Arena----- 0.5 ----- 4.5%	
 Agua ----- 2 ----- 18%	
 Resina ----- 2 ----- 18%	

Fig. 227 Muestra 2. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.



Fig. 228. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 229. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 230. Vaciado a molde. Fotografía propia. 2020.



Fig. 231. Muestra 2. Fotografía propia. 2020.

Muestra 3

La muestra 3 posee mas cantidad de arcilla en comparación a las dos anteriores y se elimina el uso de la arena para observar comportamiento. Sigue predominando la utilización de fibras para poder lograr un material ligero y la resina como aglutinante y posible material que aporte resistencia.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

- Ligera
- Presenta resistencia
- Se disgrega muy poco
- Presenta un color y una textura muy útil para la imagen del conjunto
- Presenta hongo y pocas grietas








Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 3 ----- 30%	
 Huínomo ----- 1.5 ---- - 15%	
 Arcilla ----- 2.5 ----- 25%	
 Agua ----- 2 ----- 20%	
 Resina ----- 1 ----- 10%	



Fig. 233. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 234. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 235. Vaciado a molde. Fotografía propia. 2020.



Fig. 236. Muestra 3. Fotografía propia. 2020.

Fig. 232. Muestra 3. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.

Muestra 4

La muestra 4 posee como material estructurante la cal, y como agregado predominante las fibras. La resina es el material aglutinante y resistente en una gran cantidad. En esta caso no se utilizar arcilla ni arena para observar si las fibras elegidas otorgan buenas propiedades al material.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Ligera

Presenta resistencia

Se disgrega muy poco

Muestra estética, sin embargo un color muy claro para la imagen del conjunto



Fig. 238. Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.

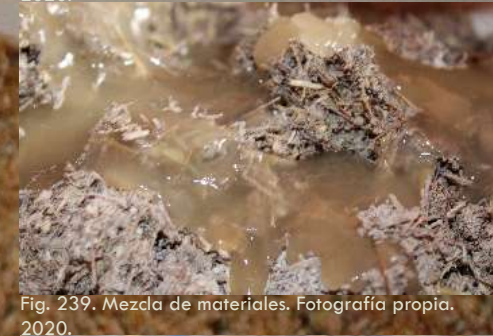


Fig. 239. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 240. Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.



Fig. 241. Muestra 4. Fotografía propia. 2020.






Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 3 ----- 27%	
 Huinumo ----- 2 ----- 18%	
 Cal ----- 2 ----- 18%	
 Agua ----- 1 ----- 9%	
 Resina ----- 3 ----- 27%	

Fig. 237 Muestra 4. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.

Muestra 5

La muestra 5 tiene como material estructurante y resistente la cal. Igual que la muestra anterior no se utiliza arena ni arcilla. Tiene un gran porcentaje de fibra y aserrín. En este caso la resina es el material aglutinante.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Ligera

Presenta resistencia

Se disgrega muy poco

Muestra estética, sin embargo un color muy claro para la imagen del conjunto



Fig. 243. Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.



Fig. 244. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 245. Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.



Fig. 246. Muestra 5. Fotografía propia. 2020.






Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 4 ----- 40%	
 Aserrín ----- 2 ----- 20%	
 Cal ----- 1 ----- 10%	
 Agua ----- 1 ----- 10%	
 Resina ----- 2 ----- 20%	

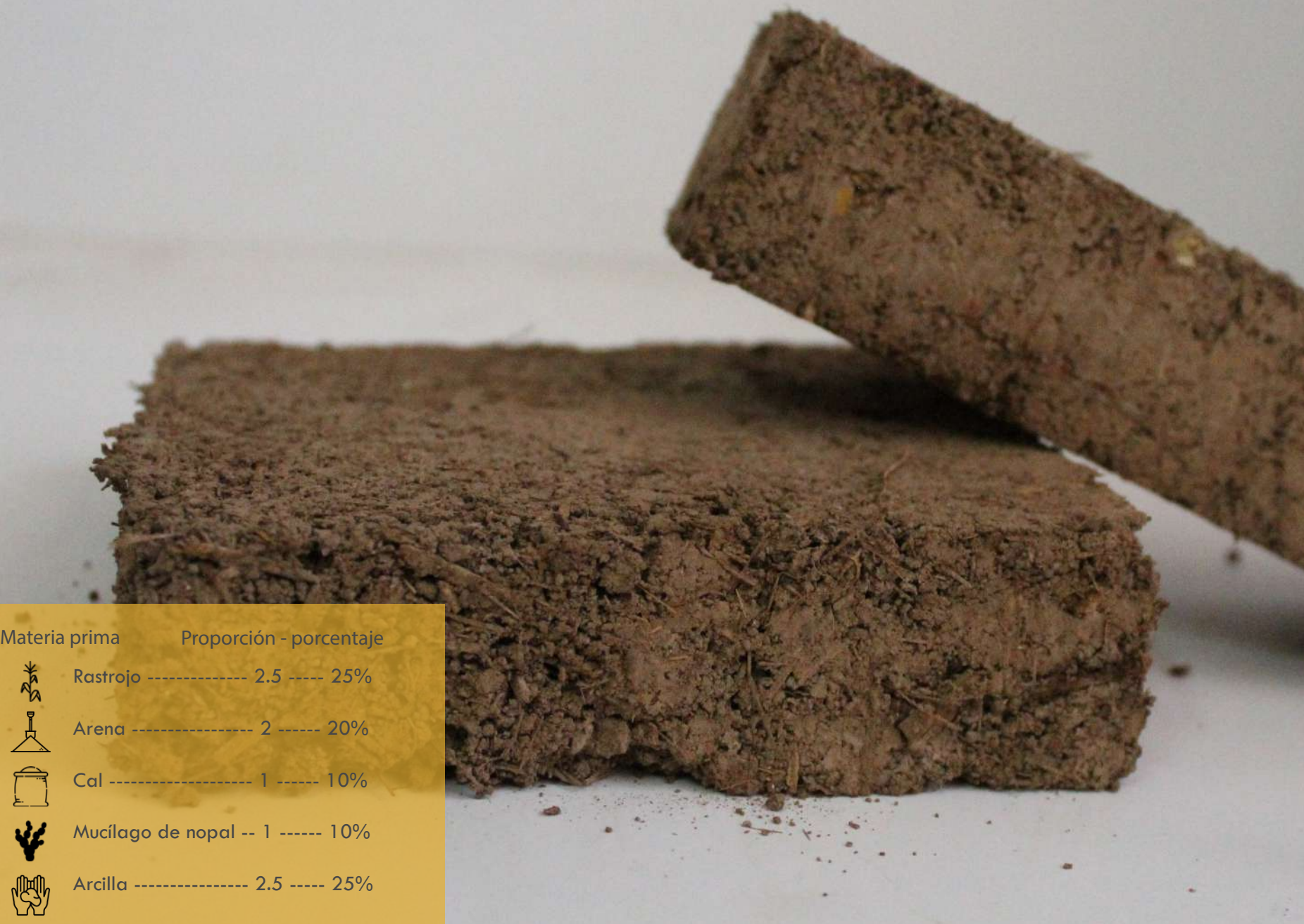
Fig. 242 Muestra 5. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.

Muestra 6

La muestra 6 predomina el uso de materiales estructurantes como la arena y la arcilla. En este caso la cal funciona como aglutinante junto con el mucílago de nopal. La fibra también tiene un importante porcentaje de proporción para unir los elementos.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

- Ligera
- Presenta poca resistencia
- Se disgrega muy poco
- Presenta un color y textura aptos para la imagen del conjunto
- Presenta pocas grietas






Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo	2.5 ---- 25%
 Arena	2 ---- 20%
 Cal	1 ---- 10%
 Mucilago de nopal	1 ---- 10%
 Arcilla	2.5 ---- 25%
 Agua	1 ---- 10%



Fig. 248. Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.



Fig. 249. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 250. Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.



Fig. 251. Muestra 6. Fotografía propia. 2020.

Fig. 247 Muestra 6. Fotografía propia. Tomada el 27 de Abril de 2020.

Muestra 7

La muestra 7 predomina la utilización de fibras, en este caso, se utiliza mas rastrojo que huinumo, esto porque se notó mas resistencia en ese material. Se esta utilizando mas porcentaje de cal que de arcilla para observar comportamiento. Y como aglutinante se utilizó la resina.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Ligera

Presenta resistencia

Se disgrega muy poco

Presenta un color y textura aptos para la imagen del conjunto

Presenta pocas grietas



Materia prima	Proporción - porcentaje
 Rastrojo ----- 3 ----- 30%	
 Huinumo ----- 1 ----- 10%	
 Arcilla ----- 1 ----- 10%	
 Cal ----- 2 ----- 20%	
 Agua ----- 0.5 ----- 5%	
 Aceite de linaza ---- 0.5 ----- 5%	
 Resina ----- 2 ----- 20%	



Fig. 253. Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.



Fig. 254. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 255. Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.



Fig. 256. Muestra 7. Fotografía propia. 2020.

Fig. 252 Muestra 7. Fotografía propia. Tomada el 27 de Abril de 2020

Muestra 8

La muestra 8 tiene como material principal el aserrín, se busca observar el comportamiento de este material como estructurante y agregado. Se utiliza poca arcilla, en comparación con la utilización de cal y de la resina como aglutinante.

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA SECA

Ligera

Presenta poca resistencia

Se disgrega muy poco

Presenta un color y textura aptos para la imagen del conjunto



Fig. 258. Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.



Fig. 259. Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.



Fig. 260. Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.



Fig. 261. Muestra 8. Fotografía propia. 2020.

Materia prima Proporción - porcentaje

	Aserrín ----- 4 ----- 40%
	Arcilla ----- 1 ----- 10%
	Cal ----- 2 ----- 20%
	Aceite de linaza ---- 0.5 ----- 5%
	Agua ----- 0.5 ----- 5%
	Resina ----- 2 ----- 20%

Fig. 257 Muestra 8. Fotografía propia. Tomada el 27 de Abril de 2020

PRUEBA CASERA ETAPA 3



MUESTRA 1 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

Se le colocaron encima 6 piezas de aproximadamente las mismas dimensiones y la muestra no se quebró.

Tuvo que romperse la muestra y mostro humedad en todo el interior.



MUESTRA 2 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

Se tuvo que quebrar y se noto que guardo agua, sin embargo al quebrarla costo trabajo.



MUESTRA 3 Resultados

La muestra duró completa las 4 horas en el agua.

Sin embargo al querer sacarla del molde, esta se rompió, además se notó que absorbió bastante agua.

Cabe mencionar que la muestra 3 generó hongo.



MUESTRA 4 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

Al romperla mostró bastante resistencia, y ésta quedo seca del centro como puede observarse en las imágenes.



MUESTRA 5 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

Al querer romperla se tuvo que usar bastante fuerza manual, incluso mas en comparación con la muestra 4, y se observo que quedó seca de la parte del centro.



MUESTRA 7 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

Sin embargo, al igual que la muestra 6, se rompió al ponerle encima una muestra. Por lo tanto, se considera fallida.



MUESTRA 6 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

Sin embargo al ponerla encima una muestra de la misma dimensión, se rompió, por lo que se considera fallida.



MUESTRA 8 Resultados

La muestra duro completa las 4 horas en el agua.

Al ponerle peso, mostro resistencia. Y al partirla se observan partes secas del centro

6.5.4 SÍNTESIS DE RESULTADOS

Después de realizar las tres etapas del diseño experimental, se tuvo un total de 23 experimentaciones.

Ya se puede concluir cuales son las mejores mezclas y como pueden ser las mejores proporciones.. Hubo muestras fallidas y muestras exitosas como se puede observar en el diagrama de las páginas siguientes. También se pudo conocer las propiedades de cada material como es mostrado en el diagrama de abajo.



ETAPA
1

Muestra	Prueba	Variables
	 Fallida	Se necesitan aditivos para lograr resistencia y consistencia, a pesar de la estabilización que logra la arena.
	 Exitosa	El cemento otorgó buena resistencia y dureza.
	 Exitosa	El mucílago de nopal, cal y fibra otorgaron buenas propiedades, muy similares al cemento.
	 Exitosa	El mucílago de nopal, cal y aserrín otorgaron buenas propiedades al igual que la muestra anterior.
	 Fallida	Se necesitan aditivos para lograr resistencia y consistencia.
	 Exitosa	El cemento otorgó buenas propiedades como resistencia y dureza.
	 Fallida	Falto compresión al momento de vaciarlo al molde y mas aditivos aglutinantes.
	 Exitosa	El mucílago de nopal, cal y aserrín otorgaron buenas propiedades, no se requirió cemento.

De 8 muestras realizadas:
5 muestras resultaron **exitosas**
3 muestras resultaron **fallidas**

ETAPA
2

Muestra	Prueba	Variables
	 Exitosa	Se logró buena resistencia con la fibra como predominante y de aditivos, arcilla, arena, cal, nopal y resina.
	 Sin prueba, fallida en desmolde	Predomina la fibra, sin embargo, no posee suficientes aditivos. Sin arcilla y arena no hay estructura en la muestra.
	 Fallida	Predomina fibra, posee más aditivos que la anterior, sin embargo requiere mas cantidad y la utilización de arena.
	 Sin prueba, fallida en desmolde	Predomina la fibra. No hay aditivos estructurantes como la arcilla y la arena y posee muy pocos aditivos aglutinantes.
	 Fallida	A pesar de poseer arcilla y arena no posee aditivos aglutinantes.
	 Fallida	La muestra mostró resistencia, pero no lo suficiente por lo que se observó se requiere mas resistencia con aditivos.
	 Exitosa	Se logró buena resistencia con la fibra como predominante, una gran cantidad de arcilla y resina.

De 7 muestras realizadas:
2 muestras resultaron **exitosas**
5 muestras resultaron **fallidas**

ETAPA
3

Muestra	Prueba	Variables
	 Exitosa	Predominan fibras con gran cantidad de arcilla y arena y aditivos como cal y mucílago de nopal.
	 Exitosa	Esta muestra es muy parecida a la anterior pero en este caso se utilizó resina en lugar del nopal.
	 Fallida	Se quiso experimentar sin arena nuevamente, sin embargo el resultado no fue bueno a pesar de poseer gran cantidad de arcilla.
	 Exitosa	En esta muestra no se tiene arcilla y arena, pero si cal y una gran cantidad de resina, y las fibras como predominantes.
	 Exitosa	Este prototipo es muy similar al anterior, sin embargo se utiliza aserrín en lugar de huínimo, no hay gran diferencia.
	 Fallida	En este caso predomina la arcilla, la fibra y la arena. Sin embargo resultó fallida por necesitar mas aditivos aglutinantes.
	 Fallida	Este prototipo no posee arena pero si arcilla y fibra. Según observaciones hizo falta mas aditivos resistentes y aglutinantes.
	 Exitosa	En este prototipo se retira la fibra y se sustituye por aserrín dando resultados similares a los que poseen fibras.

De 8 muestras realizadas:
5 muestras resultaron **exitosas**
3 muestras resultaron **fallidas**

6.6 DISEÑO DE MEZCLAS FINALES

Se han diseñado tres distintas mezclas en base a las propiedades de cada materia prima y a los resultados de las veintitres experimentaciones realizadas en base a las pruebas caseras en las etapas uno, dos y tres.

El proceso de diseño para la realización de los tres diseños se puede observar en el diagrama mostrado abajo.

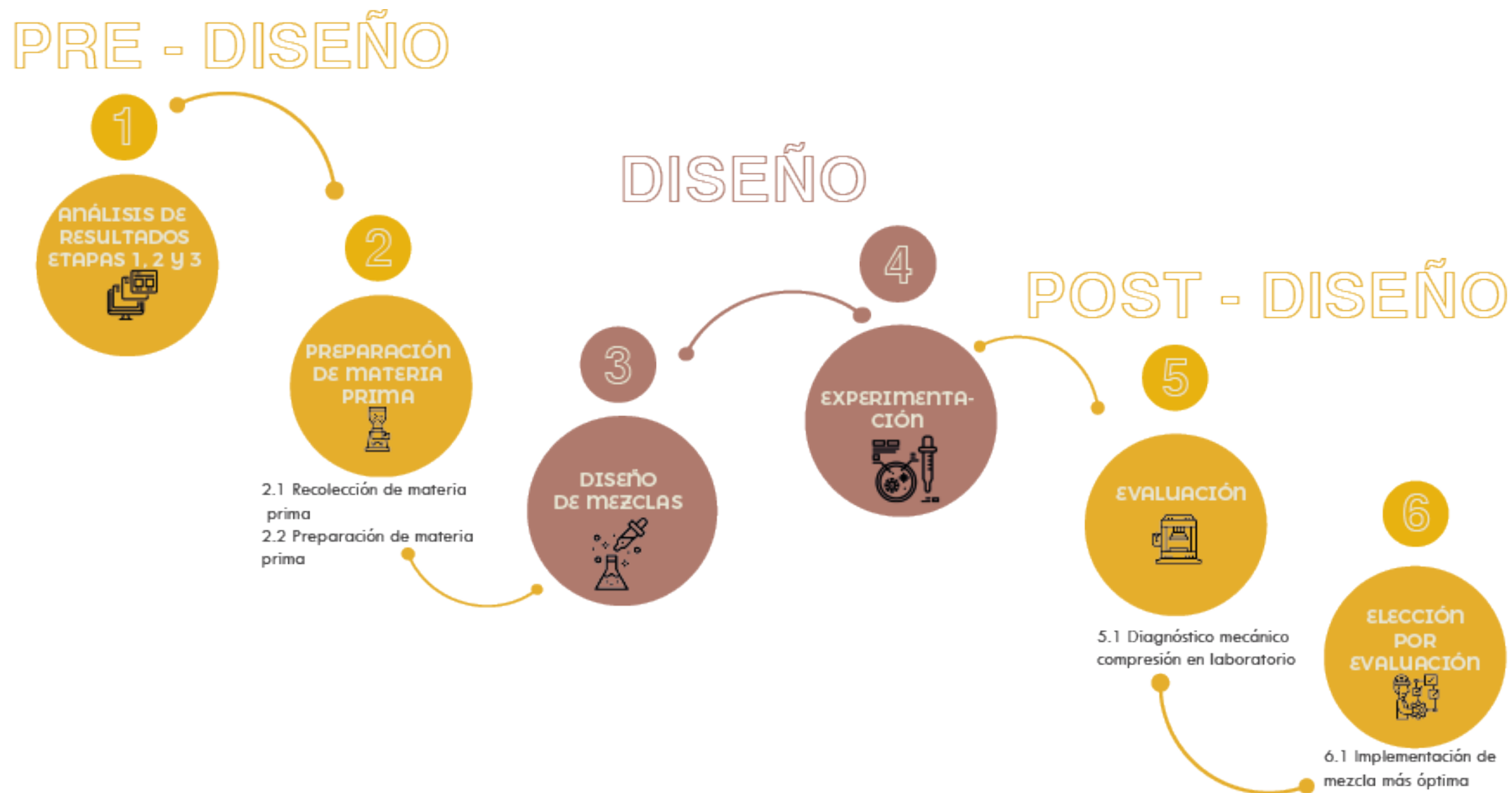


Fig. 262. Diagrama de proceso experimental de diseño de mezclas finales. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.

6.6.1 DISEÑO uno

Para su elaboración, se mezcla la arcilla con poca agua para lograr una mezcla moldeable.

Se le agrega la arena y las fibras.

Ya que se tiene una mezcla unificada se le agrega la mezcla de cal con mucílago de nopal, se agrega el resto de agua y finalmente se vacía en los moldes.

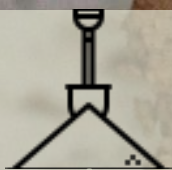


Arcilla 2N

Proporción

3

30%

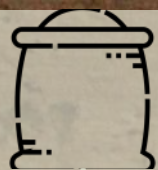


Arena

Proporción

3

30%



Cal

Proporción

0.5

5%



Mucílago de nopal

Proporción

0.5

5%



Rastrojo de maíz

Proporción

0.5

5%

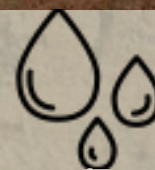


Huinumo

Proporción

0.5

5%



Agua

Proporción

2

20%

Estructurante:

Rastrojo de maíz y huinumo

Resistente:

Arcilla, arena y cal

Aglutinante:

Cal con mucílago de nopal y nopal

Unificador:

Huinumo y rastrojo de maíz

6.6.2 DISEÑO DOS

Para su elaboración, se mezcla la arcilla con poca agua para lograr plasticidad. Se le agrega en seco la fibra y la arena, posteriormente se le agrega el resto de agua, una vez unificada la mezcla se agrega la cal con el mucílago de nopal. Ya que se tienen los materiales bien mezclados se vierte la resina. Y finalmente se vacía en los moldes.

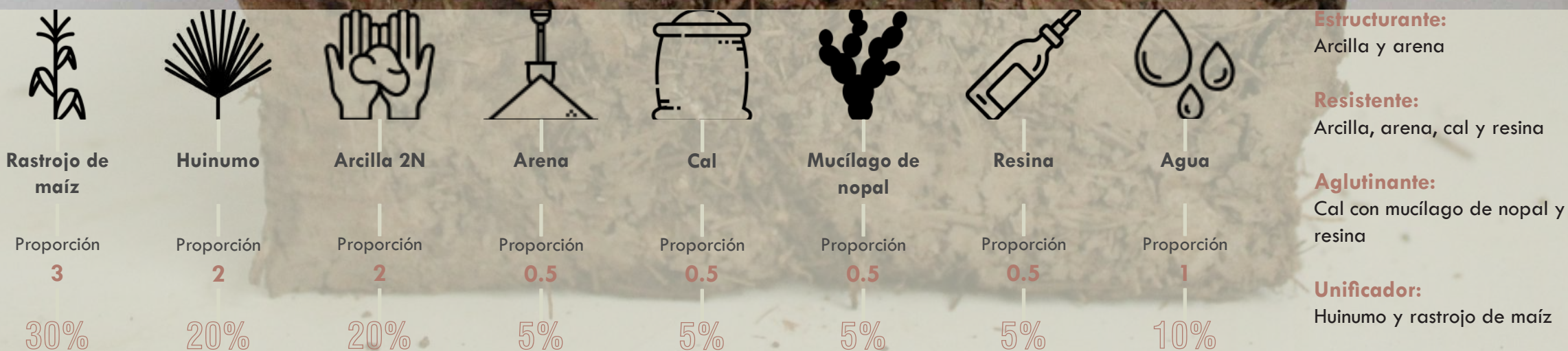
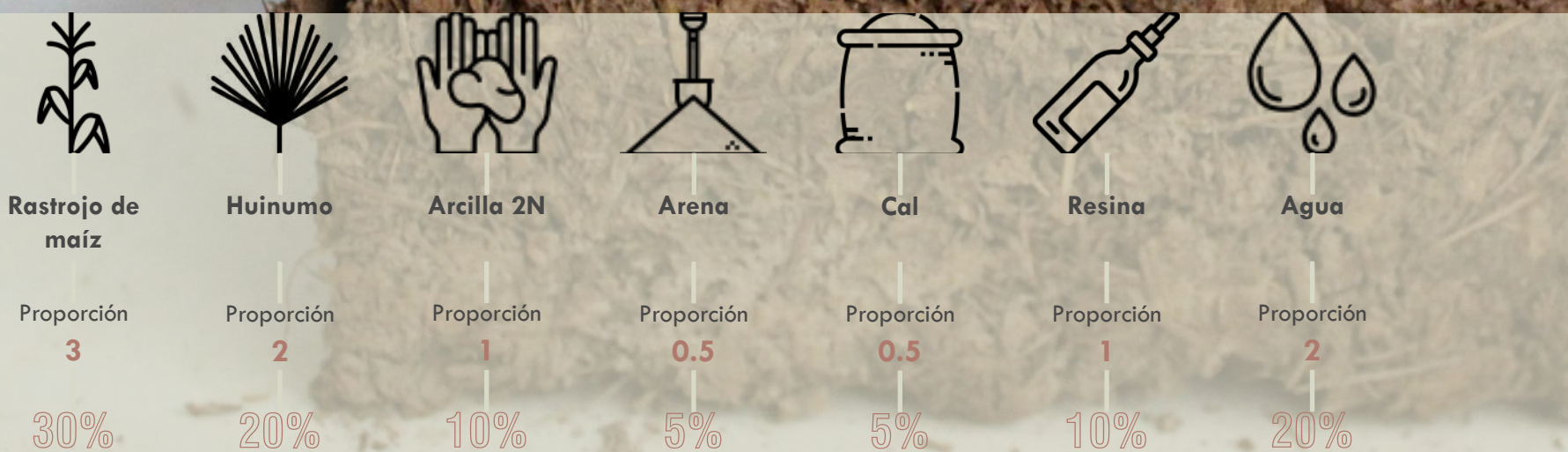


Fig. 264. Diseño dos. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.

6.6.3 DISEÑO TRES

Para su elaboración, se mezcla la arcilla con poca agua hasta lograr plasticidad. Posteriormente se le agrega la fibra en seco, la cal y la arena, para después agregar el resto del agua. Una vez que la mezcla este húmeda y bien mezclada se le vierte la resina. Y finalmente se vacía en los moldes.



Estructurante:
Rastrojo de maíz y huínumo

Resistente:
Arcilla, arena, cal y resina

Aglutinante:
Resina

Unificador:
Huínumo y rastrojo de maíz

Fig. 265. Diseño tres. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.

6.6.4 FABRICACIÓN DE MUESTRAS



Fig. 266. Fabricación de muestras. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.



Fig. 267. Fabricación de muestras. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.

La fabricación de las muestras para las pruebas de laboratorio se realizó el día 11 de mayo de 2020. Se realizaron 4 muestras de cada diseño.

Para la fabricación se utilizó un molde de acero manual, normalmente utilizado para la fabricación de tabicón de 7x12x25. Esto para obtener muestras con un tamaño más real, así como el resultado de las pruebas de resistencia a la compresión.

El molde de acero es para sacar al mis-



Fig. 268. Molde. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.



Fig. 269. Engrasamiento de molde. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.

mo tiempo muestras y se muestra en las imágenes de arriba, sin embargo solamente se realizaron 4.

El proceso de fabricación fue manual, de la misma manera en que se hicieron las 23 experimentaciones. (Preparación materia prima- mezcla manual – vaciado a molde)

Se mezcla la arcilla con poca agua como lo dice con anterioridad el diseño de cada mezcla.



Fig. 270. Prensa en molde. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.

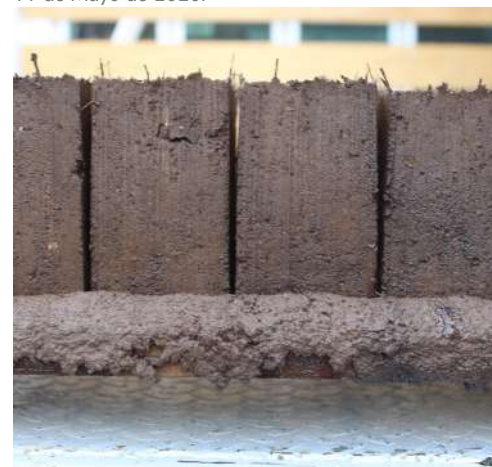


Fig. 271. Muestras de Diseño uno. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.

Posterior a tener la mezcla de arcilla con plasticidad se le agrega las fibras en seco con el resto del agua. Para más adelante agregar la mezcla de cal con nopal en el caso del diseño 1 y 2, y resina en el caso del diseño 3.

Después de tener la mezcla lista, se engrasaron los moldes para poder vaciar la mezcla.

Una vez vaciada la mezcla en los moldes, se pone la prensa sobre estos para que la mezcla se pueda comprimir.



Fig. 272. Muestras de Diseño dos. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.



Fig. 273. Muestras de Diseño tres. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.

Se hace un pequeño vibrado con los moldes. Ya que la muestra está bien comprimida, se pasa al desmoldado.

Las muestras finales para prueba de laboratorio de cada diseño se pueden observar en las imágenes arriba.

6.6.5 PRUEBAS DE LABORATORIO

INFORME DE COMPRESIÓN SIMPLE DE ADOBE



INFORMACION GENERAL

Obra:		CODIGO	FL-09
Solicitante:	Arq. Paulina Chuela	REVISION	1
Ubicación:	Morelia Michoacan.	FECHA DE ACTUALIZACION	04/05/2020
Elemento:	Muestras de Especímenes de Adobe.	Fecha de Elaboración:	11/05/2020
		Fecha de Informe:	08/06/2020

MUESTRA No.	PROYECTO R = (Kg/cm ²)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	LARGO (cm)	CARGA DE ROTURA (Kg/cm ²)	AREA DEL ESPECIMEN (cm ²)	PESO (g)	EDAD EN DIAS 7, 14 y 28	% RESISTENCIA (Kg/cm ²)
1	16,0	11,9	6,8	24,5	3150,0	291,6	2106,0	18/05/2020	10,8
2	16,0	12,0	6,9	25,6	3420,0	307,5	1778,0		11,1
3	16,0	12,0	6,8	25,8	2850,0	310,1	1475,0		9,2
1	16,0	11,9	6,7	24,6	4410,0	292,7	2706,0	25/05/2020	15,1
2	16,0	11,8	6,8	25,5	3790,0	300,9	1576,0		12,6
3	16,0	11,7	6,9	25,8	3120,0	301,9	1357,0		10,3
1	16,0	11,6	6,7	24,8	5670,0	287,7	2651,0	08/06/2020	19,7
2	16,0	11,4	6,6	25,4	4630,0	289,6	1565,0		16,0
3	16,0	11,4	6,9	25,7	3920,0	293,0	1244,0		13,4

Observaciones:

- Los resultados de la prueba de Adobe son Satisfactorios.
- El ensaye de la compresion simple del Adobe, cumple con las especificaciones establecidas.

LABORATORISTA

ING. ROGELIO CASTRO GONZAGA

JEFE DE LABORATORIO

ING. FERNANDO GUTIERREZ SILVANO

*QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE LA ARQUITECTA MARIA ISELA MORA ORCZCO.
*LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS ENSAYADAS.

Se muestran en páginas anteriores los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a los diseños uno, dos y tres.

La fabricación de las muestras de los diseños mencionados para someterlos a las pruebas de laboratorio se realizó el día 11 de mayo de 2020. Se realizaron 4 muestras de cada diseño. Las pruebas de laboratorio se realizaron los días 18 de mayo (7 días), 25 de mayo (14 días) y 8 de junio (28 días).

Para poder determinar la resistencia a la compresión se requirieron ciertos datos de cada muestra, como puede observarse en el reporte anterior.

Se requieren las medidas (largo, alto y ancho) para poder obtener el área y el peso de cada muestra. Cabe mencionar que con el tiempo las muestras se van haciendo más ligeras porque pierden humedad.

Los materiales diseñados tienen similitud con un adobe tradicional, debido a que es crudo y al tipo de materia prima que se está utilizando.

Actualmente, en México no existe una norma para la resistencia de un material crudo tipo adobe. Por lo que para determinar cuál es la mínima resistencia a la compresión (kg/cm²) que debe soportar se consultaron distintas bibliografías en México y en otros países.

En el caso de nuestro país se encontró una bibliografía que recomienda que un material crudo tipo adobe debe tener una resistencia a la compresión mínima de **14 kg/cm²**. (Ruiz Sibaja, 2015)

En Perú por ejemplo si hay una norma para el adobe. La E-080 dice que para que un adobe resista peso y sismos debe cargar como mínimo **12 kg/cm²**. (Moromi Nakata, 2010)

En Argentina también recomiendan que los adobes deben de soportar mínimo **12 kg/cm²**. (Giles Castillo & Scarponi, 2013)

En la práctica es poco común que se requiera una resistencia a compresión superior, que sería necesaria solamente en algunos elementos expuestos a cargas extremas y ello ocurre solamente en estructuras con muchos pisos. (Minke, 1994)

Una opción para hacer muros más resistentes es la utilización de refuerzos que mejoren el comportamiento integral de la estructura. El refuerzo debe controlar las fisuras que se producen en los muros durante un sismo intenso. La falla de construcciones no reforzadas de tierra por sismo suele ser frágil con poca ductilidad. (Giles Castillo & Scarponi, 2013)

En las página siguiente, se puede observar un diagrama que resume los resultados de la prueba de compresión obtenidos de cada diseño en los tres distintos días.

De esta manera podemos concluir que el **diseño uno** y el **diseño dos** cumplen con el mínimo de resistencia a la compresión si tomamos como referencia la bibliografía de México.



Fig. 274 Peso de muestra de Diseño dos. Fotografía propia. Tomada el 18 de Mayo de 2020.



Fig. 275 Toma de medidas de muestra de Diseño tres. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.



Fig. 276 Muestra de Diseño tres sometida a presión. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.



Fig. 277 Muestra de Diseño uno sometida a presión. Fotografía propia. Tomada el 08 de Junio de 2020.



Fig. 278 Muestra de Diseño tres. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020



Fig. 279 Muestra de Diseño uno después de la falla. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.



7 días
18/05/2020

10.8 kg/cm²

11.1 kg/cm²

9.2 kg/cm²

14 días
25/05/2020

15.1 kg/cm²

12.6 kg/cm²

10.3 kg/cm²

28 días
08/06/2020

19.7 kg/cm²

16.0 kg/cm²

13.4 kg/cm²

6.7 CONCLUSIONES

El propósito del diseño experimental mostrado en el capítulo cinco fue lograr obtener un material de construcción que cumpliera las diez cualidades mencionadas en el capítulo cuatro.

Por esta razón se realizó un diagrama que muestra las diez cualidades buscadas y los tres diseños para de esta manera elegir por medio de evaluación el diseño mas apto.

Como cualidad primera tenemos el costo, se busca un material económico desde la obtención de materia prima, la preparación, hasta la fabricación. En este caso los 3 diseños cumplen, ya que en los 3 se está utilizando material prima local, son crudos y se estan realizando a baja tecnología.

La segunda cualidad es la facilidad de manejo. En este caso se propone un material ligero y fácil de manejar, por lo que los 3 diseños cumplen. El caso del diseño 1 utiliza un 10% de fibra y el diseño 2 y 4 utilizan un 50% de fibra.

Esta premisa afirma que es posible reducir contenidos de arcillas u otros aditivos logrando un material mas sustentable, ligero, económico y fácil de fabricar para que sin problemas pueda ser autoconstruido. Un adobe estabilizado con fibra comunmente se realiza al 3%, y se requiere en estos casos utilizar aditivos industriales, como es el caso del cemento.

La tercera es que tenga cualidades ambientales. Como se mencionó previamente, en los 3 diseños se utilizó materia prima local y no se están utilizando adi-

tivos industrializados a excepción de la cal pero en poca proporción, además de que ha sido un material utilizado tradicionalmente en la zona con anterioridad y es considerada menos contaminante y más económica que el cemento. Otra ventaja ambiental es que los 3 diseños son crudos, por lo que no hay emisiones de CO2.

La cuarta cualidad es la cromática, ésta se logra en los 3 diseños. Ya que se buscaba una tonalidad adaptable a la naturaleza de bosque de pino. Lo cual lograba la madera. El tono café oscuro logrado en los 3 diseños es apto para el contexto.

La quinta cualidad es el dimensionamiento, es decir, lograr un diseño con medidas estándar. Esta cualidad se logra en los 3 diseños.

La sexta cualidad es que sea estructural. El adobe comunmente utilizado alrededor del mundo resiste 12kg/cm². Los tres diseños realizados pueden ser utilizados estructuralmente para la construcción de la vivienda en la meséta purépecha. Sin embargo como se mencionó con anterioridad, el uno y el dos son mas aptos por resistir mas kg/cm². Además de que el diseño 3, al poseer mas fibra y menos arcilla que el 1 y el 2, tiende a mostrar disgregación.

La séptima cualidad es que el material pueda ser autoconstruido. En este caso los 3 diseños cumplen, ya que para realizarlos se utiliza una prensa manual.

La octava cualidad es la procedencia local. Como se ha venido mencionando toda materia prima es abundante en la

Cualidades buscadas

1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



DISEÑO 1



10

DISEÑO 2



8

DISEÑO 3



7

región por lo que los 3 diseños cumplen.

La novena es que sea estético. En este caso el diseño 1 muestra mejor apariencia que los otros 2. Se observa que es por la cantidad de fibra.

La décima es la eficiencia en la elaboración. Durante las 3 etapas, el proceso que tardó un poco más fue la preparación de la fibra, por esta razón se cree que el diseño 1 es más eficiente a realizar.

El diagrama mostrado en la página anterior resume las cualidades buscadas y si los diseños finales cumplen con éstas.

Se puede observar que el diseño 1 cumple con las 10 cualidades, el diseño 2 cumple con 8 de 10 cualidades y el diseño 3 cumple con 7 de 10 cualidades.

Los 3 diseños resultaron cumplir con más del 70% de las cualidades buscadas para diseñar un material de construcción apto para la Meséta Purépecha. Por lo que se concluye que el proceso de diseño experimental es exitoso.

6.7.1 FICHA TÉCNICA DEL DISEÑO FINAL

En base a lo explicado, se decide trabajar con el diseño 1.

El diseño 1 cumple con las 10 cualidades buscadas, las cuales se eligieron en base al estudio y análisis del contenido bibliográfico explicado en el marco teórico y estado del arte y a lo observado en el diagnóstico exterior e interior de vivienda en el municipio elegido.

Se realizó una ficha técnica de dicho diseño, la cual muestra las características generales.



DESCRIPCIÓN:

Bloque de forma rectangular producido a mano seco al aire libre. Se realiza con arcilla y es prensado manualmente. Se estabiliza con arena, cal, rastrojo de maíz, lúminamo, resina y mucilago de nopal.

VENTAJAS:

Es un material económico debido a la procedencia de su materia prima.
Es ligero debido a que contiene fibra al 10%.
Logra adaptarse al contexto en el que se utiliza.
Es utilizado a través de un método de construcción tradicional.
Es producido manualmente y no requiere cocción por lo que es sustentable.

FICHA TÉCNICA BLOQUE DE ARCILLA CRUDO PRENSADO MANUALMENTE

DIMENSIONES: 6X12X24 cm

TEXTURA: Rústico

COLOR: Café oscuro

RENDIMIENTO: 98 unidades por m²

JUNTAS: Las juntas horizontales no deben exceder los 20 mm de espesor.

PESO: 2.6 kg

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:
19.70 kg/cm²

TIEMPO DE SECADO: Ideal 28 días, mínimo 15 días

MANTENIMIENTO: Revoque de mortero de arcilla estabilizada con cal y arena.

USOS: Muros estructurales, fachadas, muros divisorios.





IMPLEMENTACIÓN

IMPLEMENTACIÓN

El último capítulo de este trabajo de tesis contiene las maneras como puede implementarse el material diseñado.

La primera implementación es el diseño de un molde que haga eficiente la fabricación manual de bloques.

La segunda implementación es ejemplificar el uso del material diseñado en una propuesta de vivienda, esto porque el inicio el interés de la realización de esta tesis fue la transformación de la vivienda.

Se sacaron ciertos criterios que justifican el nuevo diseño, para posteriormente implementar de manera digital el nuevo material.

Otra implementación es como se verá el nuevo material en el conjunto tradicional, ya que como se ha venido mencionando con anterioridad, se tiene el interés de que éste se integre visualmente al resto de las viviendas tradicionales. Dicha implementación se lograra a través de un montaje

7.1 DISEÑO DE MOLDE

Después de haber elegido el mejor diseño de mezcla para el material de construcción sustentable, el siguiente paso es el diseño y elaboración del molde.

El molde a utilizar tiene que tomar en cuenta cierto dimensionamiento, una prensa y/o niveladora para emparejar la mezcla y el material con el que se hará. Teniendo siempre en consideración que será elaborado y utilizado por

los habitantes de la meseta purépecha. Por lo que se debe tomar en cuenta una mano de obra rápida y no tan pesada y la autoconstrucción y fácil manejo del material.

Para diseñar el molde final se tomaron en cuenta una serie de criterios para obtener un buen funcionamiento y sobre todo que pueda ser eficiente.

7.1.1 CRITERIOS PARA DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE MOLDE

El primero es el diseño de los moldes utilizados en las etapas 1,2 y 3. El segundo es el diseño de los moldes tradicionales utilizados para hacer adobes. El tercero, las dimensiones de materiales similares (ladrillo, tabicón y adobe). El cuarto, el molde con prensa utilizado para la elaboración de las muestras para pruebas de laboratorio. Y el quinto es la importancia del vibrado.

MOLDES UTILIZADOS EN ETAPAS 1, 2 Y 3

Para la realización de las etapas uno, dos y tres se utilizaron tres tipos de moldes.

Para la primera etapa se utilizaron dos moldes de distintas dimensiones tipo ladrillo, es decir, rectangulares, esto porque predominaba la arcilla y la arena sobre todos los materiales, lo que da similitud a un adobe. Sin embargo las dimensiones son más pequeñas ya que está pensado solamente para las expe-

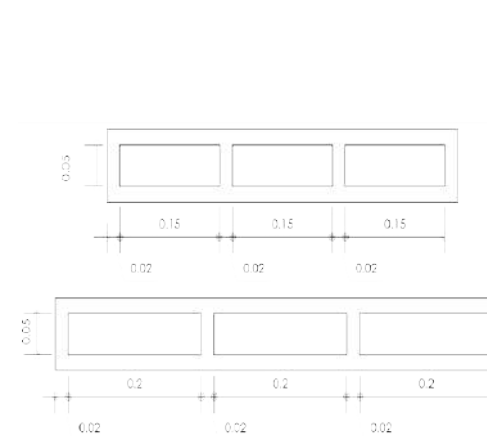


Fig. 280. Moldes rectangulares. Elaboración propia. Elaborada el 11 de abril de 2020.



Fig. 281. Molde 1. Fotografía propia. Tomada el 11 de abril de 2020.



Fig. 282. Molde rectangular. Fotografía propia. Tomada el 11 de abril de 2020.

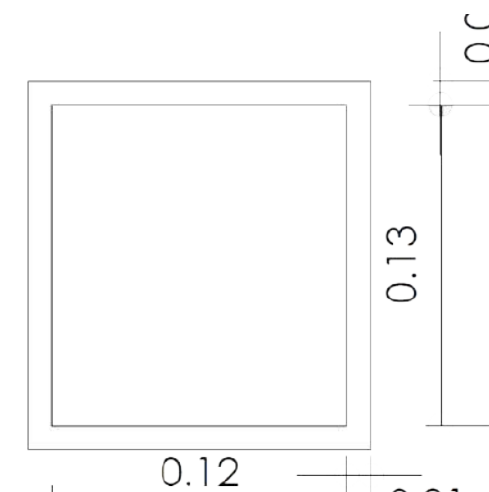


Fig. 283. Molde cuadrado. Elaboración propia. Elaborada el 11 de abril de 2020.



Fig. 284. Prensa en molde. Fotografía propia. Tomada el 11 de abril de 2020.



Fig. 285. Prensa. Fotografía propia. Tomada el 11 de abril de 2020.

rimentaciones.

Los moldes son huecos y constan de dos módulos de tres moldes cada uno, con las medidas mostradas.

Para poder comprimir la mezcla y hacer más fácil el desmolde se diseñó una prensa para poder ejercer fuerza manual.

Una vez que se comprime la mezcla, el molde se jala hacia arriba para poder desmoldarlo y la prensa sigue haciendo fuerza hacia abajo.

Para la segunda y tercera etapa se utilizó un molde casi cuadrado y de mayor dimensión en cuanto a área, para observar cómo se comportaban las mezclas más ligeras con mayor proporción de fibra y si son resistentes ante la medida.

El molde utilizado puede observarse en las fotografías, es hueco y tiene las dimensiones mostradas.

Para poder comprimir la mezcla y hacer más fácil el desmolde se diseñó una prensa para poder ejercer fuerza manual.

Una vez que se comprime la mezcla, el molde se jala hacia arriba para poder desmoldarlo y la prensa sigue haciendo fuerza hacia abajo.

El funcionamiento de estos moldes resultó muy práctico y eficiente. La prensa a pesar de ser sencilla comprimió lo necesario y ayudo al desmolde permitiendo que la pieza no se moviera ni se lastimará.

Una desventaja de estos moldes es que al estar acomodados a lo largo (en el caso de los de la etapa 1) abarcan mucho espacio y solamente salen tres muestras.

MOLDES TRADICIONALES PARA HACER ADOBE

Tradicionalmente el adobe se realiza con moldes de madera de pino, se pueden hacer de uno a tres moldes a la vez.

En los moldes tradicionales la mezcla se

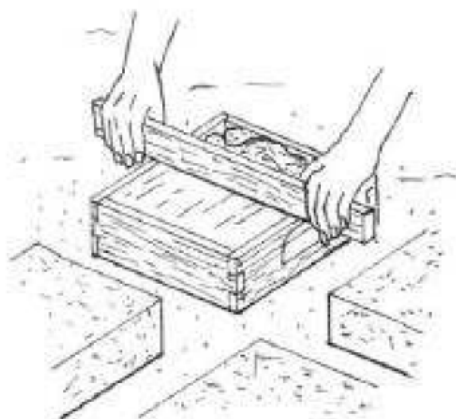


Fig. 286. Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Molde tradicional. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".

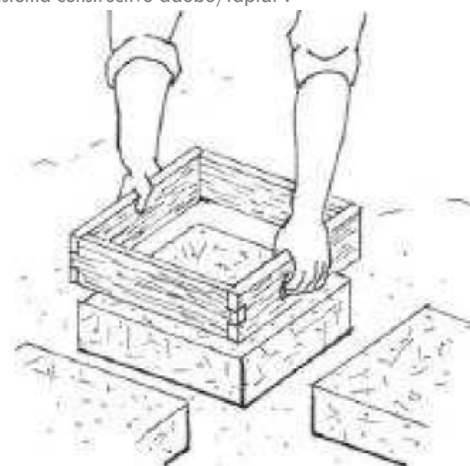


Fig. 287. Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Molde tradicional. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".

empareja con las manos o con regla de madera mojada, para después quitar con las manos el molde como puede observarse en las ilustraciones. (Giles Castillo & Scarponi, 2013)

De este criterio rescataría el material con el que son hechos ya que considero que la utilización de una prensa manual es importante para facilitar el desmolde y hacer el proceso más eficiente.

DIMENSIONES DE MATERIALES SIMILARES

Las dimensiones comunes del adobe entero eran 30 x 30 x 10 y 40 x 40 x 10 cm. Con dicho adobe quedaban muros muy anchos en cuanto a dimensionamiento pero muy resistentes.

Las construcciones antiguas de ladrillo y adobe basaban su estabilidad y resistencia en las dimensiones de los muros. Con el uso de nuevos morteros y la mejora en la fabricación de ladrillos se pudo lograr una mayor resistencia y se permitió la reducción en las dimensiones de los muros. (Moromi Nakata, 2010)

Hoy en día los materiales más utilizados para la construcción de muros son ladrillo rojo recocido y tabicón.

Las dimensiones comunes del ladrillo rojo recocido son 6 x 12 x 24 cm. Y del tabicón son de 7 x 12 x 25 cm.

Es una medida usada internacionalmente con la que quedan muros promedio de 15 cm.

Con esta información podemos concluir que un adobe común era bastante gran-

de, lo cual considero no es algo muy recomendado ya que al ser muros tan anchos se le resta espacio a cualquier construcción en un terreno determinado.

Por esta razón se propone que el dimensionamiento sea en base al ladrillo rojo recocido (6x12x24 cm). Además el material diseñado cumple con los requisitos mínimos de resistencia a la compresión en base a los resultados de las pruebas de laboratorio mostradas con anterioridad, por lo que no necesita ser más ancho.

MOLDE MANUAL DE TABICÓN

Una persona puede elaborar 300 adobes por día, incluyendo la preparación de la mezcla, el transporte y el apilado, esto mediante una técnica artesanal que consiste en lanzar con fuerza la mezcla en el molde, se uniformiza con la mano, una madera o un alambre. (Blanco Montero & Morales Pereira, 2010)

Si se utiliza una prensa manual donde el



Fig. 288. Molde manual de tabicón. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.

molde tenga un mínimo para fabricar 3 ladrillos, se puede fabricar hasta 5 veces más por día pero si se necesitarían mínimo 3 personas.

El criterio del molde utilizado en las muestras de prueba laboratorio para mi es el más eficaz, ya que se saca más de una muestra a la vez y además tiene una prensa muy fácil de utilizar.

Una desventaja es el material con el que está hecho, recordando que todo será autoconstrucción y la idea es que no se necesiten de otras personas con otros oficios, en este caso un herrero.

Otra desventaja observada es que saca las muestras muy juntas lo cual no permite que entre el suficiente aire entre ellas para el secado, trayendo como consecuencia la generación de hongo.

VIBRADO

Otro criterio a considerar para el diseño del molde es la capacidad del molde para generar un leve vibrado esto porque vibrar la mezcla ayuda a que las

burbujas asciendan.

Para lograr esto, tal vez el molde necesitaría unas agarraderas a los costados como lo muestra la imagen para mover la mezcla cuando se va vertiendo y con la prensa hacer la compactación dinámica.

Cuando un objeto pesado cae sobre el barro y produce vibraciones en sus partículas crea movimientos que permiten a las partículas entrar en un patrón más denso, lo cual conduce a una mayor cohesión y resistencia a la compresión. (Minke, 1994)

La compactación dinámica en comparación con la estática es más efectiva. Ya que la resistencia a la compresión de un barro bajo una presión constante vibrando, incrementa en un 14%. (Minke, 1994)

Posterior a este análisis, se realizó un diagrama, mostrado en la página siguiente. que resume los criterios de diseño explicados con anterioridad y que se tomó en cuenta de cada uno para el diseño del molde final.



Fig. 289. Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Ejemplo de molde. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapiál".



1

Diseño de moldes utilizados en etapas 1, 2 y 3.

Utilización de prensa. Manera de desmolde.

2

Diseño de molde tradicional de adobe.

Material con el que está hecho.

3

Dimensiones de materiales de construcción similares.

Dimensiones de ladrillo y tabicón, ya que el adobe es muy grande.

4

Diseño de molde utilizado en muestras para pruebas de laboratorio.

Fabricación de más de una muestra. Tipo de muestra.

5

Generar vibrado en mezcla.

Crear una compresión dinámica (en molde y en prensa).

7.1.2 DISEÑO DE MOLDE FINAL

Se propone el diseño de un molde para realizar 5 bloques de 6x12x24 cm cada uno, en un mismo tiempo, esto para agilizar el tiempo de producción.

El molde diseñado necesita ser manejado por dos personas, ya que cuenta con la parte del molde y una prensa.

El funcionamiento consiste en poner la mezcla en el molde para posteriormente ejercer presión con la prensa.

En el momento que se está ejerciendo presión, el molde se empieza a retirar hacia arriba, este movimiento ayuda a que la mezcla no se pegue en el molde.

Al jalar el molde hacia arriba, se retira la prensa al mismo tiempo, junto con este, y de esta manera quedan libres los moldes para ponerlos a secar.

En el diagrama de las páginas siguiente puede observarse dicho funcionamiento por pasos.

Se realizó una maqueta del molde y la prensa a tamaño real para observar que el funcionamiento fuera el correcto.

La maqueta es mostrada en la página siguiente. Se observó un buen funcionamiento. Deberá comprobarse esto con la mezcla ya en un molde de madera tamaño real.

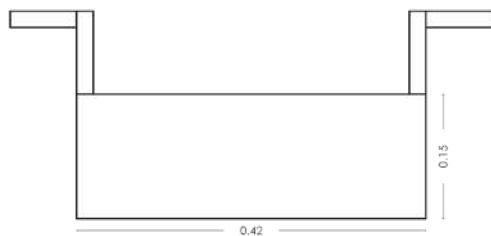


Fig. 290. Alzado de molde. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.

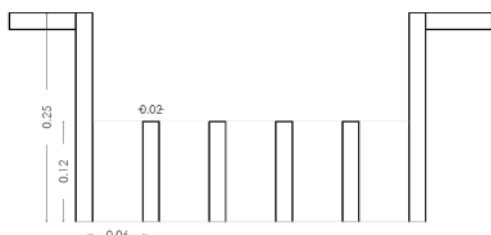


Fig. 291. Corte longitudinal de molde. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.

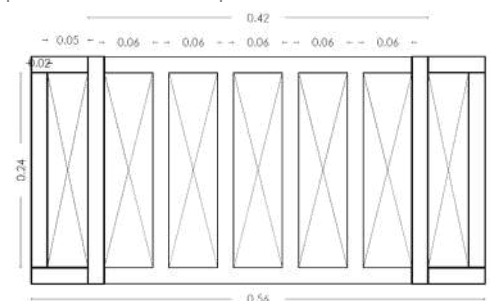


Fig. 292. Planta de molde. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.

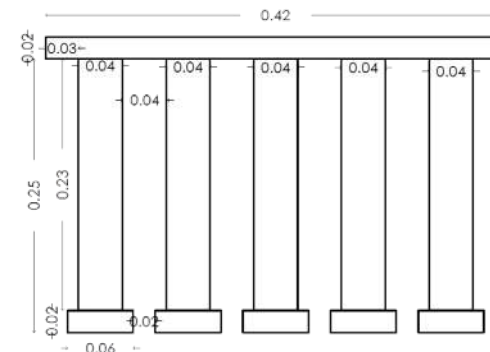


Fig. 293. Alzado longitudinal de prensa. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.

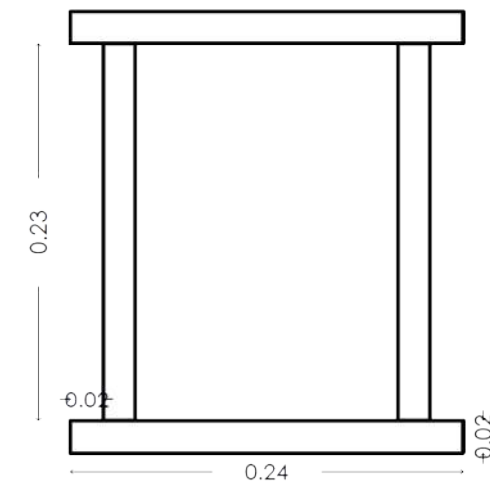


Fig. 294. Alzado transversal de prensa. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.



Fig. 295. Maqueta de molde. Elaboración propia. Elaborado el 17 de julio de 2020.



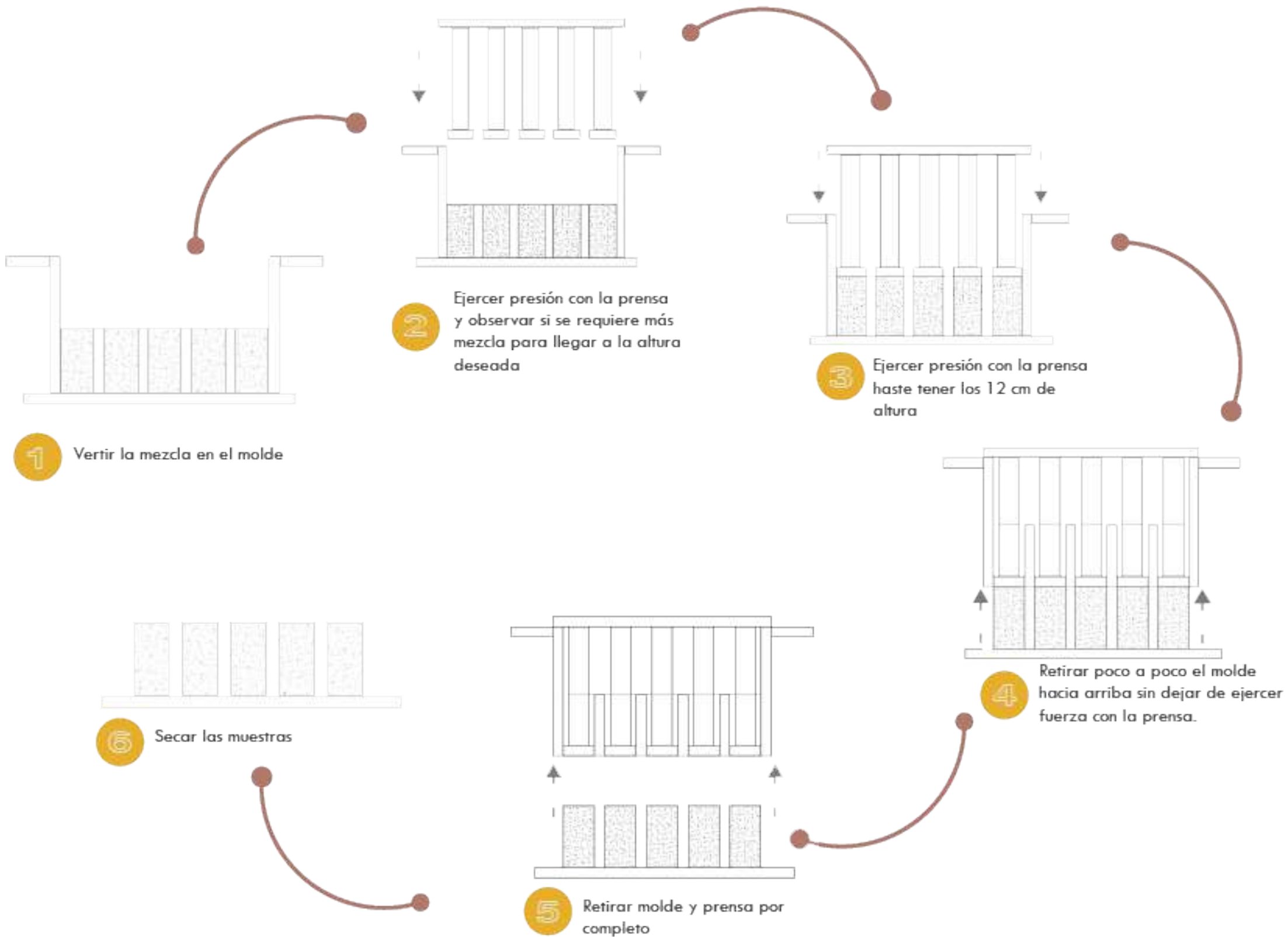
Fig. 296. Maqueta de prensa. Elaboración propia. Elaborado el 17 de julio de 2020.



Fig. 297. Prensa y molde. Elaboración propia. Elaborado el 17 de julio de 2020.



Fig. 298. Prensa y molde. Elaboración propia. Elaborado el 17 de julio de 2020.



7.1.3 FABRICACIÓN DE MOLDE FINAL

Posterior al diseño del molde y realización de maqueta a tamaño real, se decidió mandar fabricar el molde con un carpintero. Dicho molde se fabricó de madera a tamaño real.

Se decidió realizar una prueba de fabricación de muestras con este molde para observar el comportamiento y funcionamiento.

Se observan fotografías de este proceso, realizado el 04 de octubre de 2020. Sin embargo, al momento de desmolde no fue posible desmoldar las muestras como se pensaba.

Se considera esta prueba de molde fallida. Ya que no fue posible desmoldar por el peso del molde, por lo que se piensa que añadiendo agarredaras sea más fácil jalar hacia arriba al momento del desmolde..

Se muestran algunas fotografías de este proceso fallido. A pesar de ser un proceso fallido, se consideró importante documentarlo.

Para la realización de este proceso, primero se realizó la mezcla, con las proporciones del diseño final, el cual es el diseño 1.

Posteriormente se engrasó el molde con aceite quemado, ya que en la comunidad cuando se fabricaba adobe, los moldes se engrasaban así y en algunas ocasiones utilizaban manteca.

Una vez engrasado el molde, se vació la

mezcla en el, se compactó varias veces con la prensa y una vez obtenida la altura deseada se intento desmoldar con el funcionamiento mostrado en el diagrama de páginas anteriores, sin embargo, no fue posible porque el molde quedo muy pesado. Se muestra este proceso en las siguientes fotografías.



Fig. 299. Molde de madera. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 300. Prensa de madera. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020



Fig. 301 Prensa y molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 302. Prensa y molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 303 Mezcla de materiales. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 304. Mezcla de cal y mucílago. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 307. Mezcla de materiales. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 305. Mezcla de cal y mucílago. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 308. Engrasado de molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 306. Mezcla. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 309. Vaciado de mezcla a molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 310. Vaciado de mezcla a molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 311. Vaciado de mezcla a molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 312. Acomodo de prensa sobre molde con mezcla. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 313. Prensa ejerciendo fuerza. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 314. Prensa ejerciendo fuerza. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 315. Desmolde fallido. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.



Fig. 316 Desmolde fallido. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.

7.1.3.1 REDISEÑO DE MOLDE FINAL

La fabricación de muestras con el molde final fue considerado fallido, sin embargo, se decidió agregar al molde unas agarraderas para facilitar el desmolde y realizar el proceso de fabricación de muestras una vez más, para observar si el molde funciona.

Se muestran en fotografías como queda el molde con dichas agarraderas tanto

en la parte del molde como en la prensa.

De esta manera el funcionamiento de jalar el molde hacia arriba al mismo tiempo que ejercer presión con la prensa será más eficiente porque las agarraderas sirven como auxiliares.

Para probar el funcionamiento del rediseño del molde, se siguió nuevamente todo el proceso explicado con anterioridad.

Primero es la creación de la mezcla del diseño 1, posteriormente el engrasado de molde para continuar con el desmolde, y finalmente el secado de piezas.

Se muestran fotografías de todo el proceso, como puede observarse, en esta ocasión el molde ya cumplió su función, por lo que se considera a este proceso de diseño exitoso.



Fig. 320. Preparación de mezcla. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.



Fig. 317. Prensa con agarraderas. Fotografía propia. Tomada el 14 de octubre de 2020.



Fig. 318. Molde con agarraderas. Fotografía propia. Tomada el 14 de octubre de 2020.



Fig. 319. Prensa y molde rediseñado. Fotografía propia. Tomada el 14 de octubre de 2020.



Fig. 321. Engrasado de molde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.



Fig. 322. Vaciado de mezcla a molde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.



Fig. 323. Prensa y molde con mezcla. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.

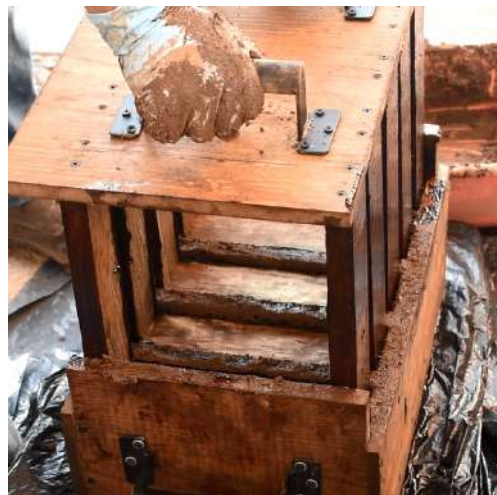


Fig. 324. Prensa ejerciendo fuerza. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.



Fig. 325. Proceso de desmolde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.



Fig. 326. Desmolde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.



Fig. 327. Desmolde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.



Fig. 328. Desmolde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.



Fig. 329. Secado de muestras. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.

7.2 DISEÑO DE VIVIENDA

Como se ha mencionado se propone un diseño de una vivienda para la implementación del nuevo material diseñado.

7.2.1 CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDA

La vivienda a diseñar responde a ciertos criterios teóricos y observados. Los criterios teóricos se trata de la revisión bibliográfica redactada con anterioridad, y los criterios observados se trata del diagnóstico fotográfico exterior e interior realizado personalmente.

La revisión bibliográfica estudiada y analizada en los capítulos 2 (marco teórico) y 3 (antecedentes) acerca del diseño, construcción y distribución de la vivienda tradicional y transformada es de útil importancia para el entendimiento de como se vive y de los conocimientos constructivos de la comunidad en base a estudios de varios años de distintos autores que se han dedicado a estudiar la vivienda vernácula en Michocán.

Los criterios observados en el capítulo 5 (diagnóstico de la región) es una manera de acercamiento personal al problema y a la comunidad. Se propuso analizar a través de fotografías el estado actual exterior e interior de la vivienda en el municipio elegido.

De esta manera además de la bibliografía se tiene una perspectiva personal de la situación.

Estos criterios teóricos y observados se plasmaron en los diagramas de las páginas siguientes, para en base a este resumen realizar la propuesta de diseño de vivienda para la implementación del nuevo material diseñado.

CRITERIO TEÓRICO

ESTADO DEL ARTE

- 1 Jerarquización de acceso con marquesina y al centro del predio
- 2 Continua la utilización de techos a 2 ó 4 aguas con lámina o galvateja
- 3 El patio utilizado como articulador y vestíbulo
- 4 Construcción con materiales disponibles de la región, permitiendo la autoconstrucción
- 5 Armonía entre casa y medio ambiente
- 6 El patio es el espacio más amplio y rodea al área habitacional
- 7 El patio es utilizado para todas las actividades: lavar, tejer, bordar, artesanías, etc.
- 8 Hay una disminución en la agricultura por lo que ya no se usa granero ni área de cultivo
- 9 Utilización de materiales industrializados para nuevos espacios como recámaras o estancias
- 10 Cocina y patio como áreas sociales cuando no hay estancias
- 11 Todas las viviendas tienen: acceso, troje y cocina. La cocina se ve como una segunda troje
- 12 Se utilizan acabados que rompen con la armonía en el exterior (azulejos, pinturas, piedras, etc.)
- 13 Se empiezan a utilizar osas de concreto, se abandona la utilización de tejamanil. Se utiliza teja
- 14 En los vanos se utiliza aluminio y herrería en puertas y ventanas
- 15 La cimentación es base de piedra
- 16 Utilización de pórticos
- 17 En la mayoría de las viviendas hay muros perimetrales ya sea de piedra, ladrillo o madera
- 18 Las viviendas no modificadas son de un nivel

CRITERIO OBSERVADO DIAGNÓSTICO EXTERIOR

- 1 Troje en planta baja se utiliza como recámara y otra más pequeña como cocina
- 2 Predominan losas de 2 y 4 aguas
- 3 Utilización de piedra en muros perimetrales
- 4 En algunos casos, se agregan negocios como tiendas, lo que implica modificaciones
- 5 Utilización de pintura en casas contemporáneas y modificadas
- 6 Todas las casas contemporáneas son de 2 niveles y algunos híbridos también
- 7 Se empiezan a utilizar protecciones en puertas y ventanas
- 8 En casas contemporáneas se observan balcones con techos inclinados

CRITERIO OBSERVADO DIAGNÓSTICO INTERIOR

- 1 Patio como espacio predominante y articulador de espacios
- 2 Pórticos hacia el interior, aún en ampliaciones
- 3 Patio al centro y al fondo de la vivienda
- 4 Cocina como área social o cerca de área social
- 5 Techo inclinado en troje y ampliaciones
- 6 Ampliaciones constan de recámaras y áreas sociales
- 7 Acceso jerarquizado
- 8 Balcones hacia patio - tipo pórtico_

7.2.2 DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN (PLANTA ARQUITECTÓNICA) DE VIVIENDA

En base a los criterios estudiados con anterioridad, se propone diseñar sobre un terreno de forma rectangular de 9m x 15m, ya que es el tamaño promedio de un terreno en la zona. Cabe mencionar que se encuentran terrenos mas grandes y terrenos mas pequeños, ya que en ocasiones se subdividen cuando la familia crece.

Por esta razón se diseñaron los espacios pensando en terrenos mas pequeños o más grandes, es decir, dichos espacios se pueden acoplar a cualquier tamaño de terreno.

Se decide diseñar tres prototipos distintos. Sin embargo se decide para la implementación trabajar con la propuesta uno, ya que como se explicará, es la que posee distribución más tradicional, mientras las otras dos ya poseen espacios mas contemporáneos.

PROPUESTA UNO

La primera propuesta es el diseño de una planta baja base de 2 recámaras, un baño completo, un área para lavadero (servicio) y una cocina que a su vez sirve como la única área social construida, sin embargo, dicha área tiene acceso a un área social exterior que tiene la opción de estar techada y es parte del patio.

El patio es el área más grande e importante de la vivienda, ya que articula todos los espacios construidos desde el acceso a la casa hasta el fondo del terreno, quedando un patio al centro de todo. Además dicho espacio sirve como vestíbulo del resto de los espacios los cuales se ventilan e iluminan de éste.

Por la distribución y cantidad de espacios, se propone sea una casa para que 4 personas puedan vivir con comodidad, no obstante, la vivienda tiene la versatilidad de crecer ya sea en la misma planta baja porque el patio es amplio, o verticalmente. Se tiene en total 60 m² de construcción.

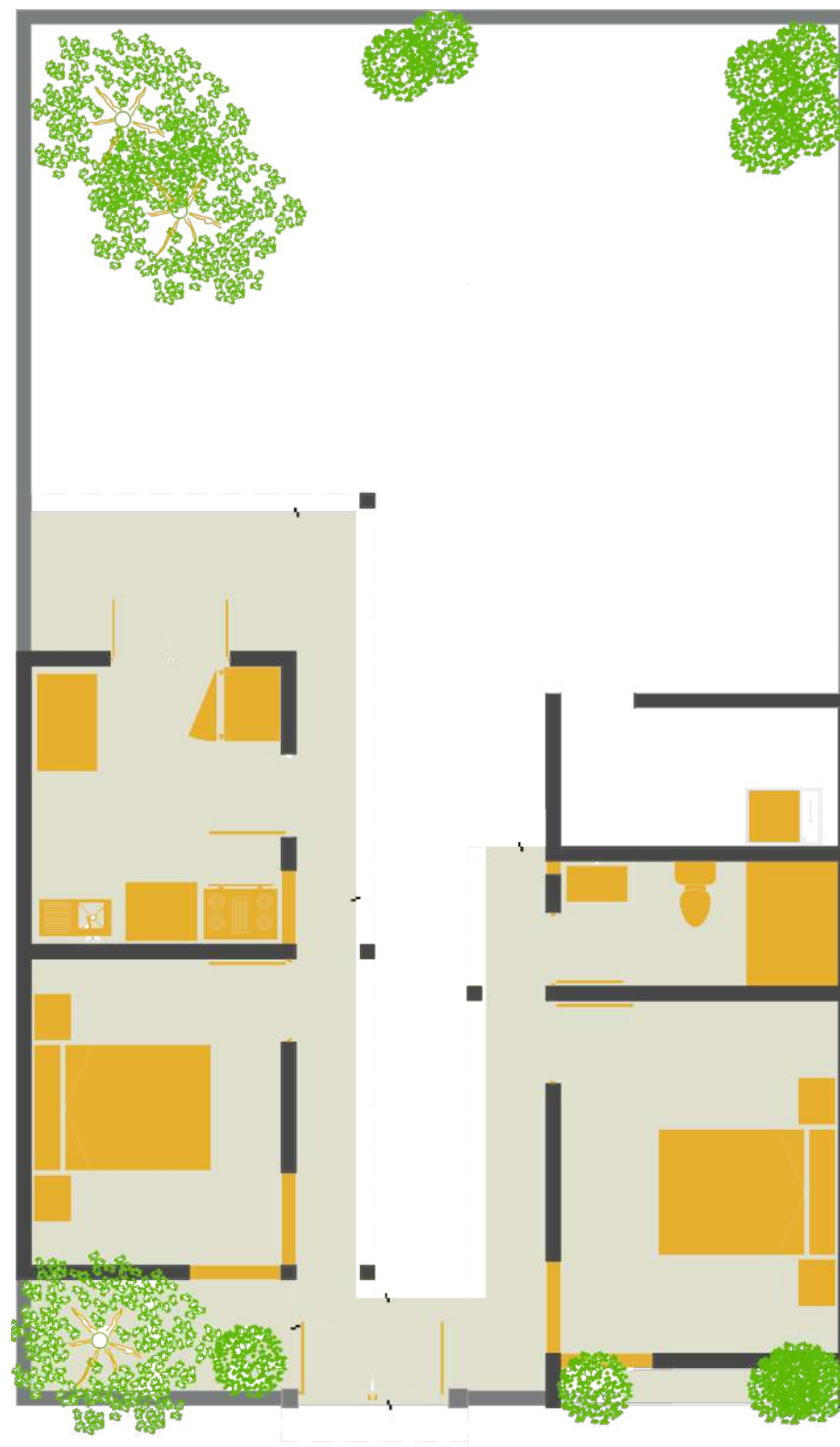
Se observó que se busca privacidad y seguridad, por esta razón solamente hay una ventana hacia la fachada -en la recámara principal-, la cual no está directa a la calle, si no, se propone que este espacio este metido hacia el terreno, proponiéndose una pequeña jardinera.

Como se mencionó, la distribución propuesta trata de respetar costumbres en distribución y formas pero tratando de ofrecer esa comodidad, privacidad y seguridad que los habitantes buscan al observar casas contemporáneas.

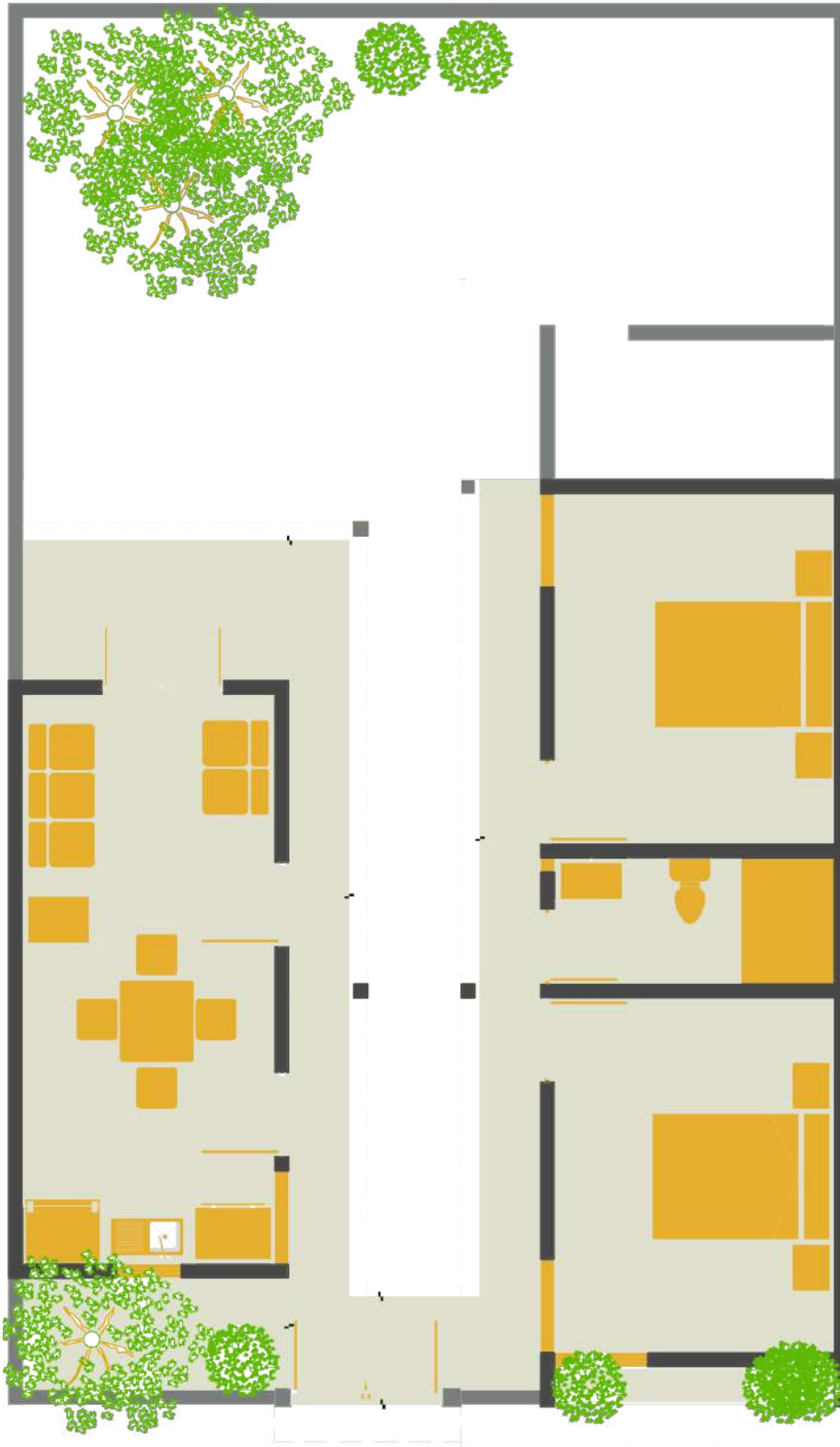
PROPUESTA DOS

La propuesta número dos al igual que la primera, se trata de una planta baja de 2 recámaras, un baño completo, un área para lavadero (servicio), una cocina, y la diferencia con la primera propuesta es que se está agregando un área social construida que se compone de sala y comedor.

PROPUESTA UNO : 60 m² de construcción



PROPUESTA DOS : 75 m2 de construcción



El área social se propone junta (cocina, comedor y estancia) ya que tradicionalmente la cocina era el único espacio construido, no existía una estancia o sala de estar como tal, normalmente la función de esta, la cumplía el patio. Con la modernidad al observar usos y costumbres extranjeras se busca comodidad, por ésta razón se propone que ésta área sea amplia y techada.

El área techada cuenta con pasillos para acceder a cualquier espacio, esto por comodidad, tratando de respetar ésta importante distribución tradicional de patio central. Además dichos pasillo tienen similitud en forma y función a los tradicionales tapancos.

Esta propuesta también sería para una familia de máximo 4 personas como en la propuesta anterior y tiene un total de 75 m2 de construcción. Sin embargo, en caso de requerirlo, puede crecer ya sea en el espacio de patio o verticalmente.

PROPUESTA TRES

La tercera propuesta es mas contemporánea que las 2 pasadas debido a que cuenta con una planta alta también.

La planta baja cuenta con los mismos espacios que la propuesta 2 a excepción que se le agregan las escaleras.

Se están proponiendo 2 recámaras en planta alta y un baño completo con pasillo techado que observa el patio central, lo que da alusión a un tradicional tapanco.

De ésta manera se tienen en total 4 recámaras, 2 baños completos y los mismos

espacios de área social y área de lavado de la propuesta dos, dando un total de 125 m2 de construcción.

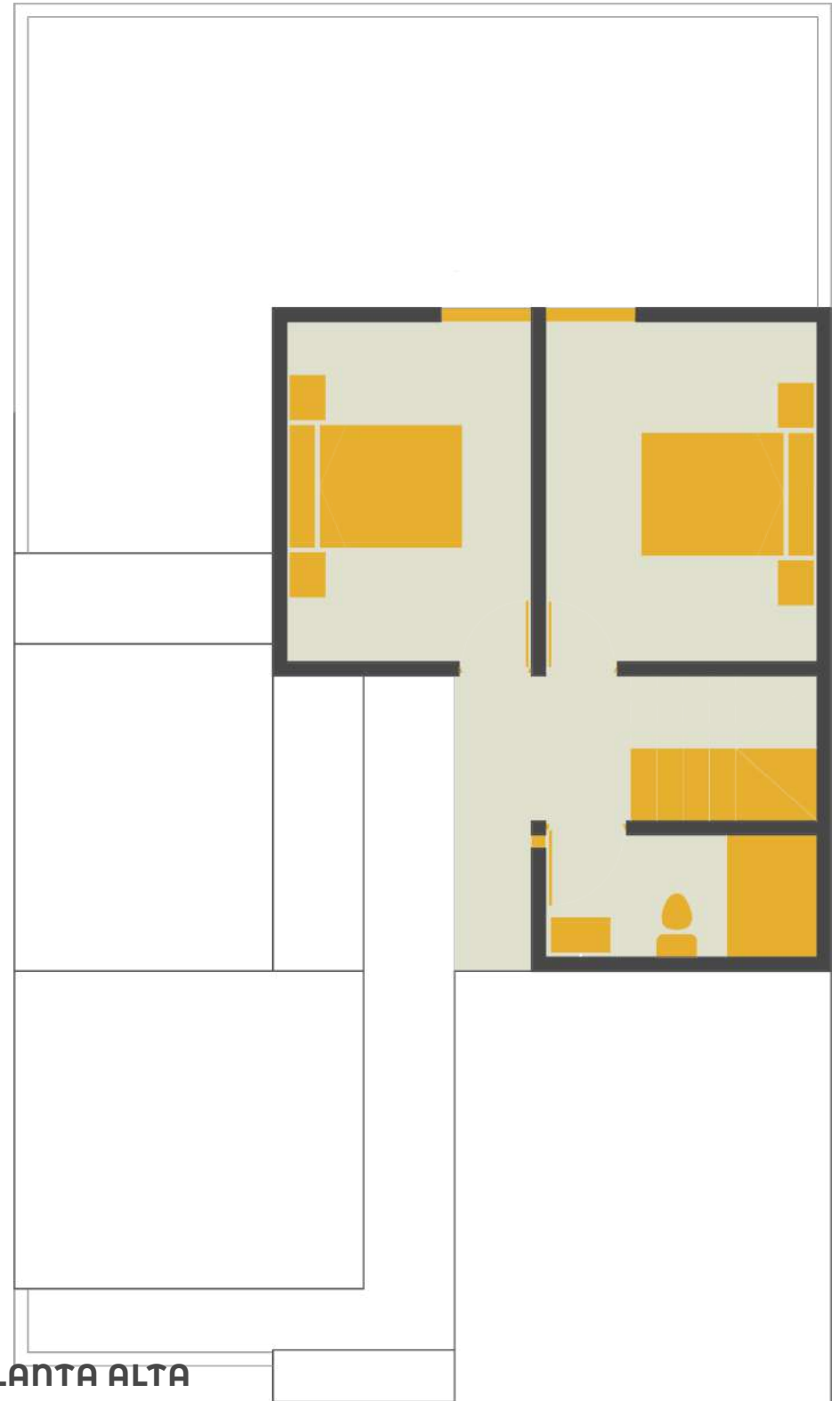
Esta propuesta puede ser útil hasta para 8 personas, y en caso de requerirlo, pueden habitar 2 familias completas. En planta baja 4 personas máximo y en planta alta 4 personas máximo. La única observación es que se están compartiendo áreas sociales (cocina, comedor y estancia), patio central y patio de servicio.

PROPUESTA TRES



PLANTA BAJA

125 m2 de construcción



PLANTA ALTA

7.3 IMPLEMENTACIÓN DIGITAL DE MATERIAL INNOVADOR

Las plantas arquitectónicas diseñadas con anterioridad son el resultado de un análisis de criterios estudiados (marco teórico y estado del arte) y observados (análisis interior y exterior de vivienda).

Por esta razón se decide diseñar una planta baja base con los espacios mínimos requeridos de una familia común y en base a una distribución tradicional. Sin embargo, se observó potencial en la transformación de la vivienda tradicional y por este motivo, se diseñaron otras 2 propuestas, adicionando espacios dependiendo del número de personas y de requerimientos generales que pueden necesitar familias distintas.

Esto porque las transformaciones de vivienda (ampliaciones) se dan cuando el hijo varón se casa y la casa requiere de nuevos espacios para que su familia pueda vivir en el mismo predio. Sin olvidar mencionar que dichas ampliaciones son en base a imitación de casa contemporánea.

Habiendo diseñado la vivienda base de una planta, el siguiente paso es sobre el volumen hacer una propuesta de implementación del nuevo material diseñado.

En cuanto al material implementado, se decide utilizar el Diseño 1, ya que como se ha mencionado, es el que cumplió con las diez cualidades buscadas mencionadas en el capítulo 6.

Cabe mencionar que los materiales para

las losas, cubiertas y pisos se proponen de los materiales comunmente utilizados por los habitantes de la zona.

Esto debido a que el alcance hasta este momento de este trabajo de tesis, es el diseño unicamente de material estructural para muros (bloques tipo ladrillo).

En las siguientes páginas podemos observar las figuras 299, 300, 301 y 302, se trata de imágenes de distintas vistas de la propuesta uno de vivienda con la implementación de como se vería el material diseñado.

Más adelante se pueden observar en las figuras 303, 304 y 305, un montaje del material diseñado sobre viviendas existentes del municipio de Charapan en la Meseta Purépecha.

DISEÑO 1: DISEÑO FINAL DE BLOQUE



Fig. 330. Diseño final de material. Fotografía propia. Tomada el 25 de mayo de 2020.



Fig. 331. Render de material en vivienda. Elaboración propia. 2020



Fig. 332. Render de material en vivienda. Elaboración propia. 2020



Fig. 333. Montaje de material. Elaboración propia. 2020



Fig. 334. Montaje de material. Elaboración propia. 2020



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La transformación de la vivienda vernácula es un proceso que está ocurriendo en todo el mundo. Al no poder evitarla, lo mejor es **aprender de este proceso** y de lo que ella nos dejó.

“El futuro de la arquitectura requerirá una reconciliación con el lugar. Debemos renovar nuestro respeto por la importancia de los materiales del lugar.” (Dickinson, 2020)

La arquitectura vernácula a pesar de ser vista como una manifestación arquitectónica que evita la innovación, hoy en día con el cambio climático tiene algo que enseñarnos: **la importancia de redescubrir los materiales locales** y **el respeto por nuestro entorno y contexto inmediato.**

Una cultura o una sociedad conoce el medio natural del cual forma parte pero actualmente hay una indiferencia hacia este, y se observa en el apego a los materiales industriales.

Es importante la relación de cualquier sociedad con su entorno natural, para que ésta trascienda y propicie el desarrollo de **nuevas formas de habitar,** más **sustentables.**

Construir con materiales disponibles en una región -como tierra y fibras naturales- aporta a la conciencia ambiental, hoy en día hay una preocupación por el innecesario gasto energético y el consumo de los recursos que se requieren para la fabricación de materiales industrializados. Utilizar recursos locales asegura la reducción de emisiones de CO2, recupera los sistemas constructivos tradicionales basados en la gestión de recursos existentes en el medio y permite la reducción de costes de obra.

Una manera de contribuir al construir en cualquier lugar del mundo, es apreciando las realidades materiales. Tenemos que empezar a darle un significado a los materiales locales, a los entornos, al contexto de nuestro tiempo y de nuestras comunidades.

Además de utilizar lo local, realizar un material crudo secado al aire libre -como el propuesto en éste trabajo- puede ser hecho por cualquier persona en cualquier parte del mundo sin necesidad de maquinaria necesaria, es por esto que se vuelve una construcción económica, sustentable y viable en cualquier lugar.

El proceso de diseño experimental con firmó la nobleza de los materiales locales y la posibilidad de utilizarlos con

adecuadas proporciones en la creación de nuevos materiales de construcción. Las posibilidades pueden ser ilimitadas, esa es la importancia de la experimentación.

8.1 BONDADES DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

El caso particular de éste trabajo de diseño experimental, está utilizando como materia prima principal la tierra de

clasificación arcilla, en virtud de que es un material disponible localmente en el caso de estudio y después del proceso experimental se confirmó la importancia de su uso como material estructural.

La tierra es un material que puede otorgar ciertas potencialidades cuando se utiliza, se enlistan algunas de ellas. (Rocha, 2015)

1

Fácil de obtener

Es un material disponible en todo el mundo, dependiendo de su tipo se estabiliza de distintas maneras.



2

Obtención respetuosa

En su obtención no hay deforestación ni daño a otros recursos naturales.



3

Desempeño térmico

Permite la regulación natural de la humedad del interior de la casa de modo que se evitan las condensaciones.



4

Aislamiento acústico

No permite que entren todas las vibraciones sonoras, por lo que es una barrera para ruidos indeseados.



NECESIDADES + RECURSOS DISPONIBLES = VIVIENDA SUSTENTABLE AUTOSUFICIENTE ADAPTADA A CADA ZONA

5

Es inerte

No se pudre ni es susceptible de recibir ataques de insectos.



6

Es biodegradable

La tierra puede volver a la naturaleza si se llega a destruir una construcción.



7

Crea oportunidades de empleo

Al ser materia local, puede ser trabajada por la comunidad inmediata, desde su obtención hasta su preparación.



8

Reduce gastos energéticos

Al ser materia local que puede trabajarse de manera tradicional, reduce gastos energéticos de producción, transporte y uso.



9

Económico

Al ser materia disponible localmente reduce gastos de producción, transporte y uso.



La arquitectura vernácula tiene mucho que enseñarnos en cuanto a sustentabilidad.

Hay un proyecto internacional llamado "VERSUS. Lecciones del patrimonio vernáculo para una arquitectura sostenible". En dicho proyecto se explica como integrar los principios de la arquitectura vernácula en el diseño de una arquitectura eco-responsable.

Se muestra en las páginas siguientes, como ayudan estos principios a la nueva arquitectura en general y a nuestro caso de estudio.

CONSTRUCCIONES VERNÁCULAS

USOS CONTEMPORÁNEOS



Fig. 335. Diagrama de los usos contemporáneos de la construcción vernácula. Elaboración propia con datos de Flores Calvario, Elizondo Mata y Licea Rodríguez (2016). Elaborado el 24 de agosto de 2020.

8.2 HABITABILIDAD Y CONFORT TÉRMICO

Como se mencionó en una de las bondades de la arquitectura de tierra, ésta regula de forma natural el ambiente de una casa. Al ser bloques crudos conservan sus propiedades únicas de regulación de humedad y acumulación de calor.

Una vivienda realizada con muros de bloques de tierra es capaz de absorber la humedad cuando el tiempo es húmedo y de liberarla cuando el aire es seco. La inercia térmica de la tierra comprimida hace que un muro pueda almacenar bien el calor y luego liberarlo lentamente para evitar cambios bruscos de temperatura. (Rocha, 2015)

La tierra comprimida no emite gases ni sustancias peligrosas a la atmósfera interior y además neutraliza el humo del tabaco.

La humedad relativa que se mantiene en el interior de una casa con muros de tierra evita la formación de hongos. Por lo que siempre se puede respirar aire fresco. (Rocha, 2015)

Los bloques diseñados en este trabajo de tesis al ser realizados con tierra como materia prima principal pueden tener una gran contribución en el ámbito de habitabilidad y confort térmico.

Se pretende en estudios futuros hacer un estudio que mida con exactitud la temperatura (C°), la humedad (%) y la iluminación (lx) en el interior de un espacio construido con muros del material diseñado, para de esta manera comprobar

la aportación en éste ámbito.

8.3 MANTENIMIENTO

Un material crudo realizado con tierra tipo adobe, necesita de cierto mantenimiento. Se recomienda realizar un revoque, el cual tiene la función de revestimiento de muros al exterior para lograr su conservación frente al deterioro causado por agentes atmosféricos.

Colaboradores de la protección son los aleros de grandes dimensiones, que alejan el agua proveniente de la cubierta del contacto con el muro, pero no pueden protegerlo del viento, sobre todo si trae agua. (González, 2015)

El revoco que protege estos materiales naturales, tradicionalmente está compuesto por mezcla de cal con arena y agua, que al endurecer tiene la propiedad de quedarse adherido al soporte y con el tiempo mejora sus prestaciones de impermeabilidad y dureza. Para lograr mantener el tono y aspectos de los bloques, se le puede agregar una pequeña cantidad de la misma arcilla utilizada. (Vallejo Choez & Mena Mora, 2019)

Valdría la pena variar la proporción de cal, arena y arcilla a través de un proceso experimental similar al realizado para los bloques, para obtener un revoque óptimo y que se pueda adaptar a la imagen tradicional.

8.4 RECOMENDACIONES

Como se mencionó con anterioridad, una primera recomendación es hacer un es-

tudio de confort térmico con instrumentos que puedan medir temperatura, humedad relativa e iluminación.

Para lograr esto se necesitaría construir un habitáculo, de preferencia escala real, con el material. Una vez construido se requiere ciertos instrumentos para medir dichas variantes. Lo ideal sería tomar las medidas en las 4 estaciones a distintas horas del día para hacer una comparativa completa de todo el año.

Una parte experimental que se recomienda realizar en un futuro es el del revoque a utilizar, como se mencionó, se propone sea un mortero de cal, arena y arcilla. Mediante la experimentación se podrá obtener información de las propiedades que éste pueda otorgar y cuáles serían las adecuadas proporciones.

Otra recomendación sería socializar el proyecto, puede ser mediante un taller donde se fabriquen bloques con las proporciones requeridas para observar comportamiento social y que la comunidad aprenda a autoconstruir sus bloques.

Respecto al diseño experimental material, la última recomendación es realizar más experimentaciones difiriendo las proporciones. En el proceso realizado se desarrollaron tres etapas, sin embargo, la experimentación puede tener más etapas, incluso utilizando más materiales locales como el desecho de trigo o la paja.

Aunque si se logró una buena resistencia para que el material sea estructural, cabe la posibilidad de que cambiando las proporciones de los materiales resis-

tentes, esta resistencia aumente o se desarrollen otras propiedades.

Sería interesante darle continuidad a este proceso e incluso encontrar otras aplicaciones del nuevo material creado.

Se ha comprobado mediante esta tesis que si se puede hacer arquitectura con los materiales de cualquier región, beneficiando el medio ambiente sin agotar sus recursos naturales.

Un proceso de diseño experimental adecuado llevaría a resolver cualquier problema de diseño alrededor del mundo.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		CAPÍTULO	PÁGINA			CAPÍTULO	PÁGINA
FIG. 1	Esquema del problema. Elaboración propia. Realizado el 06 de agosto de 2019.	1	15	FIG. 21	Interior de una vivienda tradicional. Fotografía propia. Tomada el 13 de mayo de 2018.	3	52
FIG. 2	Ávila, Jorge (2018). Conjunto tradicional.	1	16	FIG. 22	Acceso actual. Fotografía propia. Tomada el 11 de febrero de 2020.	3	52
FIG. 3	Diagrama de objetivos. Elaboración propia. Realizada el 06 de agosto de 2019.	1	19	FIG. 23	Acceso actual. Fotografía propia. Tomada el 11 de febrero de 2020.	3	52
FIG. 4	Roggema. (2016) Design by Research. Recuperado del artículo "Research by design: Proposition for a Methodological Approach.	1	22	FIG. 24	Andrade Pérez. (2014) Esquema de una troje. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".	3	53
FIG. 5	Kelley David. Design Thinking. Recuperado de: www.designthinking.es . Consultada en Junio de 2020.	1	23	FIG. 25	Bedolla Arroyo (2011) Cimentación de trojes. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".	3	53
FIG. 6	Diagrama de proceso de diseño de tesis experimental. Elaboración propia. 2020.	1	24	FIG. 26	Bedolla Arroyo (2011) Ensamblaje de muros. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".	3	53
FIG. 7	Vivienda tradicional realizada con piedra. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	2	29	FIG. 27	Andrade Pérez. Estructura de la troje. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".	3	53
FIG. 8	Vivienda tradicional conservada. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	2	30	FIG. 28	Bedolla Arroyo (2011) Columna en pórtico en Troje. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".	3	53
FIG. 9	Vivienda tradicional conservada. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	2	32	FIG. 29	Bedolla Arroyo (2011) Estructura de madera en cubierta. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".	3	54
FIG. 10	Tabicón. Recuperado de: https://www.construrama.com/ . Consultada el 19 de Junio de 2020.	2	34	FIG. 30	Bedolla Arroyo (2011). Corte transversal de troje. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".	3	54
FIG. 11	Ladrillo. Recuperado de: https://www.mndelgolfo.com/ . Consultada el 19 de Junio de 2020.	2	35	FIG. 31	Bedolla Arroyo (2011). Ensamblaje de muros. Recuperada del artículo "La troje michoacana, una herencia constructiva purépecha".	3	54
FIG. 12	Adobe. Recuperado de: https://www.ecured.cu/ Consultada el 19 de Junio de 2020.	2	36	FIG. 32	Andrade Pérez (2014) Caso S-1. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".	3	56
FIG. 13	Vivienda tradicional con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	3	44	FIG. 33	Andrade Pérez (2014) Caso S-3. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".	3	56
FIG. 14	Vivienda tradicional con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	3	46	FIG. 34	Andrade Pérez (2014) Caso S-5. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural"	3	56
FIG. 15	Vivienda tradicional con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	3	47	FIG. 35	Andrade Pérez (2014). Caso S-2. Recuperada de la tesis "La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural".	3	57
FIG. 16	Vivienda con material contemporáneo. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	3	47				
FIG. 17	Vivienda con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	3	48				
FIG. 18	Vivienda con elementos contemporáneos. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	3	48				
FIG. 19	Utilización de madera en vivienda. Fotografía propia. Tomada el 22 de abril de 2019.	3	48				
FIG. 20	Jorge Ávila. (2018.) Vivienda tradicional conservada.	3	50				

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		CAPÍTULO	PÁGINA			CAPÍTULO	PÁGINA
FIG. 36	Andrade Pérez (2014). Caso S-4. Recuperada de la tesis “La troje purépecha. Arquitectura, tradición y simbolismo cultural”.	3	57	FIG. 51	Novoa Carrillo (2005). Tableros de fibra. Recuperado de “Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento.	4	77
FIG. 37	Esquema de categorías. Elaboración propia. Realizado el 17 de septiembre de 2019	3	58	FIG. 52	Esquema de proceso de diseño. Elaboración propia en base a datos de casos análogos. Realizado el 05 de agosto de 2019.	4	78
FIG. 38	Capilla de la reconciliación. Recuperada de: https://www.arquitecturayempresa.es/ . Consultado el 20 de agosto de 2019.	4	62	FIG. 53	Mapa de ubicación de Charapan y de la Meseta Purépecha. Elaboración propia. Elaborado el 25 de Junio de 2020	5	82
FIG. 39	Centro de invidentes y débiles visuales. Recuperada de: https://www.archdaily.mx/mx/ . Consultado el 20 de agosto de 2019.	4	63	FIG. 54	Vivienda tradicional. Fotografía propia. Tomada el 18 de mayo de 2018.	5	84
FIG. 40	Bodega los Robles. Recuperada de: https://eartharchitecture.org . Consultado el 20 de agosto de 2019.	4	64	FIG. 55	Larguillo uno de calle Lázaro Cárdenas lado Oriente. Elaboración propia. Realizado el 02 de marzo de 2020.	5	87
FIG. 41	Meti School. Recuperada de: http://www.archsociety.com/ . Consultado el 20 de agosto de 2019	4	65	FIG. 56	Larguillo dos de calle Lázaro Cárdenas lado Oriente. Elaboración propia. Realizado el 02 de marzo de 2020.	5	87
FIG. 42	Mostafa (2016). Prueba de resistencia a la compresión de bloques. Recuperado de: https://www.sciencedirect.com/science/ . Consultada en junio de 2020.	4	70	FIG. 57	Larguillo uno de calle Lázaro Cárdenas lado Poniente. Elaboración propia. Realizado el 02 de marzo de 2020.	5	87
FIG. 43	Mostafa (2016). Fibras de plátano uniendo la grieta. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/ . Consultada en junio de 2020.	4	70	FIG. 58	Larguillo dos de calle Lázaro Cárdenas lado Poniente. Elaboración propia. Realizado el 02 de marzo de 2020.	5	87
FIG. 44	Malkanthi (2020) Prueba a bloque. Recuperada de: https://www.sciencedirect.com/science/article . Consultada en junio de 2020.	4	71	FIG. 59	Gráfica de calle Lázaro Cárdenas. Elaboración propia con datos de análisis. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	87
FIG. 45	Cabo Laguna (2011). Ecoladrillo. Recuperado de “Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción.	4	72	FIG. 60	Larguillo uno de calle Libertad lado Norte. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	89
FIG. 46	Resysta (2019). Aplicación de resista en exterior. Recuperada de: https://www.resysta.com . Consultada el 20 de agosto de 2019.	4	74	FIG. 61	Larguillo dos de calle Libertad lado Norte. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	89
FIG. 47	Resysta. (2019). Piezas de Resysta. Recuperada de: https://www.resysta.com/en/industry/extruders.html . Consultada el 05 de agosto de 2019.	4	74	FIG. 62	Larguillo uno de calle Libertad lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	89
FIG. 48	Placas COR (2018). Textura de placa COR. Recuperado de: http://www.semanarioprimerdia.com.ar/2018/03/ Consultada el 05 de agosto de 2019.	4	75	FIG. 63	Larguillo dos de calle Libertad lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	89
FIG. 49	Cornboard (2016). Textura de placa de Cornboard. Recuperado de: https://www.Corn-Board-Manufacturing . Consultado el 05 de agosto de 2019.	4	75	FIG. 64	Gráfica calle Libertad. Elaboración propia con datos de análisis fotográfico. Realizada el 21 de abril de 2020.	5	89
FIG. 50	Lambio (2020). Láminas de Lambio. Recuperado de: https://digitallpost.com.mx/ciencia-y-tecnologia/lambio/ . Consultada el 05 de agosto de 2019.	4	76	FIG. 65	Larguillo uno de calle García lado Poniente. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	91
				FIG. 66	Larguillo dos de calle García lado Poniente. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	91
				FIG. 67	Larguillo uno de calle García lado Oriente. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		CAPÍTULO	PÁGINA			CAPÍTULO	PÁGINA
FIG. 68	Larguillo dos de calle García lado Oriente. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	91	FIG. 89	Troje en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	100
FIG. 69	Gráfica calle García. Elaboración propia con datos de análisis fotográfico. Realizada el 21 de abril de 2020.	5	91	FIG. 90	Patio y acceso en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	100
FIG. 70	Larguillo uno de calle Nacional lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	93	FIG. 91	Pórtico de troje y parte del patio en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	101
FIG. 71	Larguillo dos de calle Nacional lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	93	FIG. 92	Patio y parte de construcción en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	101
FIG. 72	Larguillo uno de calle Nacional lado Sur. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	93	FIG. 93	Troje vista de afuera en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	101
FIG. 73	Larguillo uno de calle Nacional lado Norte. Elaboración propia. Realizado el 21 de abril de 2020.	5	93	FIG. 94	Acceso a V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	101
FIG. 74	Gráfica calle Nacional. Elaboración propia con datos de análisis fotográfico. Realizada el 21 de abril de 2020.	5	93	FIG. 95	Exterior de V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	101
FIG. 75	Gráfica final. Elaboración propia con datos de análisis fotográfico. Realizada el 21 de abril de 2020.	5	94	FIG. 96	Cocina y troje en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	102
FIG. 76	Troje de V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	96	FIG. 97	Patio techado en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	104
FIG. 77	Troje de V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	96	FIG. 98	Interior de cocina tradicional en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	106
FIG. 78	Área social en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	96	FIG. 99	Interior de troje en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	106
FIG. 79	Cocina uno en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	96	FIG. 100	Pórtico y escalera a tapanco en troje de V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	106
FIG. 80	Patio en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	97	FIG. 101	Acceso y construcción contemporánea en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	106
FIG. 81	Cocina dos en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	97	FIG. 102	Patio central en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	107
FIG. 82	Área de bodega en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	97	FIG. 103	Pórtico en elemento híbrido en V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	107
FIG. 83	Tapanco tradicional en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	97	FIG. 104	Fachada de V-3. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	107
FIG. 84	Troje planta alta en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	97	FIG. 105	Brick. Fotografía por María Jesús Gutiérrez Cendejas. Tomada el 7 de mayo de 2019.	6	119
FIG. 85	Recámara en tapanco en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	97	FIG. 106	Diagrama de proceso experimental general. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.	6	123
FIG. 86	Recámara en tapanco en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	98	FIG. 107	Edafología en el Estado de Michoacán. Imagen recuperada de "Inventario estatal forestal y de suelos" 2013.	6	124
FIG. 87	Área de guardado planta alta en V-1. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	100	FIG. 108	Arcilla 1R. Fotografía propia. Tomada el 15 de abril de 2020.	6	125
FIG. 88	Troje en V-2. Fotografía propia. Tomada el 04 de julio de 2020.	5	100	FIG. 109	Arcilla 2N. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.	6	126

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		CAPÍTULO	PÁGINA			CAPÍTULO	PÁGINA
FIG. 110	Ensayo de lavado Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.	6	128	FIG. 128	Arcilla molida. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.	6	136
FIG. 111	Ensayo de lavado. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.	6	128	FIG. 129	Tamaño natural de la arcilla 1R. fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.	6	137
FIG. 112	Blanco Montero y Morales Pereira (2010) Ensayo de caída de bola. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".	6	128	FIG. 130	Preparación de arcilla 1R. Fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.	6	137
FIG. 113	Ensayo de caída de bola. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.	6	128	FIG. 131	Arcilla molida. Fotografía propia. Tomada el 12 de marzo de 2020.	6	137
FIG. 114	Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Ensayo de sedimentación. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".	6	129	FIG. 132	Tamaño natural de la arcilla 2N. fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.	6	137
FIG. 115	Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Ensayo de sedimentación. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".	6	129	FIG. 133	Preparación de arcilla 2N. Fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.	6	137
FIG. 116	Ensayo de sedimentación. Fotografía propia. Tomada el 10 de marzo de 2020.	6	129	FIG. 134	Preparación de arcilla 2N. Fotografía propia. Tomada el 09 de marzo de 2020.	6	137
FIG. 117	Ensayo de sedimentación. Fotografía propia. Tomada el 10 de marzo de 2020.	6	129	FIG. 135	Tamaño natural del huinumo. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.	6	138
FIG. 118	Huinumo en pinos de Charapan. Fotografía propia. Tomada el 02 de Febrero de 2020.	6	130	FIG. 136	Preparación de huinumo. Fotografía propia. Tomada el 31 de marzo de 2020.	6	138
FIG. 119	Huinumo seco. Fotografía propia. Tomada el 31 de marzo de 2020.	6	130	FIG. 137	Huinumo molido. Fotografía propia. Tomada el 31 de marzo de 2020.	6	138
FIG. 120	Rastrojo de maíz. Fotografía propia. Tomada el 05 de abril de 2020.	6	131	FIG. 138	Rastrojo de maiz molido. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.	6	138
FIG. 121	Rastrojo molido. Fotografía propia. Tomada el 07 de abril de 2020.	6	131	FIG. 139	Nopal en agua. Fotografía propia. Tomada el 16 de abril de 2020.	6	139
FIG. 122	Cemento. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.	6	132	FIG. 140	Mucilago antes de colado. Fotografía propia. Tomada el 17 de abril de 2020.	6	139
FIG. 123	Cal. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.	6	132	FIG. 141	Colado de mucilado. Fotografía propia. Tomada el 17 de abril de 2020.	6	139
FIG. 124	Mucilago de nopal. Fotografía propia. Tomada el 12 de marzo de 2020.	6	133	FIG. 142	Huinumo molido. Fotografía propia. Tomada el 12 de abril de 2020.	6	140
FIG. 125	Resina de pino. Fotografía propia. Tomada el 15 de abril de 2020.	6	134	FIG. 143	Rastrojo molido. Fotografía propia. Tomada el 24 de abril de 2020.	6	142
FIG. 126	Arena. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.	6	134	FIG. 144	Diagrama de proceso experimental etapa 1. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.	6	145
FIG. 127	Aserrín. Fotografía propia. Tomada el 01 de abril de 2020.	6	135	FIG. 145	Muestra 1R. Fotografía propia. Tomada el 16 de Marzo de 2020	6	147
				FIG. 146	Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.	6	147
				FIG. 147	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	147

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	CAPÍTULO	PÁGINA		CAPÍTULO	PÁGINA		
FIG. 148	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	147	FIG. 177	Desmoldado. Fotografía propia. 2020.	6	159
FIG. 149	Muestra 1(R). Fotografía propia. 2020.	6	147	FIG. 178	Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.	6	159
FIG. 150	Muestra 2R. Fotografía propia. Tomada el 16 de Marzo de 2020.	6	149	FIG. 179	Muestra 3(N). Fotografía propia. 2020.	6	159
FIG. 151	Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.	6	149	FIG. 180	Muestra 4(N). Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.	6	161
FIG. 152	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	149	FIG. 181	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	161
FIG. 153	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	149	FIG. 182	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	161
FIG. 154	Muestra 2(R). Fotografía propia. 2020.	6	149	FIG. 183	Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.	6	161
FIG. 155	Muestra 3R. Fotografía propia. Tomada el 01 de Abril de 2020.	6	151	FIG. 184	Muestra 4(N). Fotografía propia. 2020.	6	161
FIG. 156	Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.	6	151	FIG. 185	Diagrama de proceso experimental etapa 2. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.	6	167
FIG. 157	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	151	FIG. 186	Muestra 1. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.	6	169
FIG. 158	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	151	FIG. 187	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	169
FIG. 159	Muestra 3(R). Fotografía propia. 2020.	6	149	FIG. 188	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	169
FIG. 160	Muestra 4R. Fotografía propia. Tomada el 01 de Abril de 2020.	6	151	FIG. 189	Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.	6	169
FIG. 161	Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.	6	153	FIG. 190	Muestra 1. Fotografía propia. 2020.	6	169
FIG. 162	Extracción de mucílago de nopal. Fotografía propia. 2020.	6	153	FIG. 191	Muestra 2. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.	6	171
FIG. 163	Aserrín. Fotografía propia. 2020.	6	153	FIG. 192	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	171
FIG. 164	Muestra 4(R). Fotografía propia. 2020.	6	153	FIG. 193	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	171
FIG. 165	Muestra 1(N). Fotografía propia. Tomada el 16 de Marzo de 2020.	6	155	FIG. 194	Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.	6	171
FIG. 166	Arcilla en piedra. Fotografía propia. 2020.	6	155	FIG. 195	Muestra 2. Fotografía propia. 2020.	6	171
FIG. 167	Preparado de arcilla. Fotografía propia. 2020.	6	155	FIG. 196	Muestra 3. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.	6	173
FIG. 168	Arcilla molida. Fotografía propia. 2020.	6	155	FIG. 197	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	173
FIG. 169	Muestra 1(N). Fotografía propia. 2020.	6	155	FIG. 198	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	173
FIG. 170	Muestra 2(N). Fotografía propia. Tomada el 16 de Marzo de 2020.	6	157	FIG. 199	Desmoldado de muestra. Fotografía propia. 2020.	6	173
FIG. 171	Arcilla en piedra. Fotografía propia. 2020.	6	157	FIG. 200	Muestra 3. Fotografía propia. 2020.	6	173
FIG. 172	Arcilla molida. Fotografía propia. 2020.	6	157	FIG. 201	Muestra 4. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.	6	175
FIG. 173	Arcilla molida. Fotografía propia. 2020.	6	157	FIG. 202	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	175
FIG. 174	Muestra 2(N). Fotografía propia. 2020.	6	157	FIG. 203	Moldeado de muestra. Fotografía propia. 2020.	6	175
FIG. 175	Muestra 3(N). Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.	6	159	FIG. 204	Secado de muestra. Fotografía propia. 2020.	6	175
FIG. 176	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	159				

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	CAPÍTULO	PÁGINA		CAPÍTULO	PÁGINA		
FIG. 205	Muestra 4. Fotografía propia. 2020.	6	175	FIG. 231	Muestra 2. Fotografía propia. 2020.	6	191
FIG. 206	Muestra 5. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.	6	177	FIG. 232	Muestra 3. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.	6	193
FIG. 207	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	177	FIG. 233	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	193
FIG. 208	Mezcla. Fotografía propia. 2020.	6	177	FIG. 234	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	193
FIG. 209	Moldeado de muestra. Fotografía propia. 2020.	6	177	FIG. 235	Vaciado a molde. Fotografía propia. 2020.	6	193
FIG. 210	Muestra 5. Fotografía propia. 2020.	6	177	FIG. 236	Muestra 3. Fotografía propia. 2020.	6	193
FIG. 211	Muestra 6. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.	6	179	FIG. 237	Muestra 4. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.	6	195
FIG. 212	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	179	FIG. 238	Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.	6	195
FIG. 213	Mezcla de muestra. Fotografía propia. 2020.	6	179	FIG. 239	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	195
FIG. 214	Secado de muestra. Fotografía propia. 2020.	6	179	FIG. 240	Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.	6	195
FIG. 215	Muestra 6. Fotografía propia. 2020.	6	179	FIG. 241	Muestra 4. Fotografía propia. 2020.	6	195
FIG. 216	Muestra 2. Fotografía propia. Tomada el 13 de Abril de 2020.	6	181	FIG. 242	Muestra 5. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.	6	197
FIG. 217	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	181	FIG. 243	Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.	6	197
FIG. 218	Vaciado a molde. Fotografía propia. 2020.	6	181	FIG. 244	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	197
FIG. 219	Secado de muestras. Fotografía propia. 2020.	6	181	FIG. 245	Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.	6	197
FIG. 220	Muestra 7. Fotografía propia. 2020.	6	181	FIG. 246	Muestra 5. Fotografía propia. 2020.	6	197
FIG. 221	Diagrama de proceso experimental etapa 3. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.	6	187	FIG. 247	Muestra 6. Fotografía propia. Tomada el 27 de Abril de 2020.	6	199
FIG. 222	Muestra 1. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.	6	189	FIG. 248	Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.	6	199
FIG. 223	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	189	FIG. 249	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	199
FIG. 224	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	189	FIG. 250	Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.	6	199
FIG. 225	Vaciado a molde. Fotografía propia. 2020.	6	189	FIG. 251	Muestra 6. Fotografía propia. 2020.	6	199
FIG. 226	Muestra 1. Fotografía propia. 2020.	6	189	FIG. 252	Muestra 7. Fotografía propia. Tomada el 27 de Abril de 2020.	6	201
FIG. 227	Muestra 2. Fotografía propia. Tomada el 24 de Abril de 2020.	6	191	FIG. 253	Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.	6	201
FIG. 228	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	191	FIG. 254	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	201
FIG. 229	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	191	FIG. 255	Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.	6	201
FIG. 230	Vaciado a molde. Fotografía propia. 2020.	6	191	FIG. 256	Muestra 7. Fotografía propia. 2020.	6	201
				FIG. 257	Muestra 8. Fotografía propia. Tomada el 27 de Abril de 2020.	6	203
				FIG. 258	Mezcla de fibras. Fotografía propia. 2020.	6	203
				FIG. 259	Mezcla de materiales. Fotografía propia. 2020.	6	203

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	CAPÍTULO	PÁGINA		CAPÍTULO	PÁGINA		
FIG. 260	Mezcla lista. Fotografía propia. 2020.	6	203	FIG. 280	Moldes rectangulares. Elaboración propia. Elaborada el 11 de abril de 2020.	7	235
FIG. 261	Muestra 8. Fotografía propia. 2020.	6	203	FIG. 281	Molde 1. Fotografía propia. Tomada el 11 de abril de 2020.	7	235
FIG. 262	Diagrama de proceso experimental de diseño de mezclas finales. Elaboración propia. Elaborado el 11 de Junio de 2020.	6	213	FIG. 282	Molde rectangular. Fotografía propia. Tomada el 11 de abril de 2020.	7	235
FIG. 263	Diseño uno. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.	6	215	FIG. 283	Molde cuadrado. Elaboración propia. Elaborada el 11 de abril de 2020.	7	235
FIG. 264	Diseño dos. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.	6	217	FIG. 284	Prensa en molde. Fotografía propia. Tomada el 11 de abril de 2020.	7	235
FIG. 265	Diseño tres. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.	6	219	FIG. 285	Prensa. Fotografía propia. Tomada el 11 de abril de 2020.	7	235
FIG. 266	Fabricación de muestras. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.	6	220	FIG. 286	Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Molde tradicional. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".	7	236
FIG. 267	Fabricación de muestras. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.	6	220	FIG. 287	Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Molde tradicional. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".	7	236
FIG. 268	Molde. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.	6	220	FIG. 288	Molde manual de tabicón. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.	7	237
FIG. 269	Engrasamiento de molde. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.	6	220	FIG. 289	Blanco Montero y Morales Pereira (2010). Ejemplo de molde. Recuperada del artículo "Ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial".	7	238
FIG. 270	Prensa en molde. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.	6	221	FIG. 290	Alzado de molde. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.	7	240
FIG. 271	Muestras de Diseño uno. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.	6	221	FIG. 291	Corte longitudinal de molde. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.	7	240
FIG. 272	Muestras de Diseño dos. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.	6	221	FIG. 292	Planta de molde. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.	7	240
FIG. 273	Muestras de Diseño tres. Fotografía propia. Tomada el 11 de Mayo de 2020.	6	221	FIG. 293	Alzado longitudinal de prensa. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.	7	241
FIG. 274	Peso de muestra de Diseño dos. Fotografía propia. Tomada el 18 de Mayo de 2020.	6	225	FIG. 294	Alzado transversal de prensa. Elaboración propia. Elaborado el 13 de julio de 2020.	7	241
FIG. 275	Toma de medidas de muestra de Diseño tres. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.	6	225	FIG. 295	Maqueta de molde. Elaboración propia. Elaborado el 17 de julio de 2020.	7	241
FIG. 276	Muestra de Diseño tres sometida a presión. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.	6	225	FIG. 296	Maqueta de prensa. Elaboración propia. Elaborado el 17 de julio de 2020.	7	241
FIG. 277	Muestra de Diseño uno sometido a presión. Fotografía propia. Tomada el 08 de Junio de 2020.	6	225				
FIG. 278	Muestra de Diseño tres. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.	6	225				
FIG. 279	Muestra de Diseño uno después de la falla. Fotografía propia. Tomada el 25 de Mayo de 2020.	6	225				

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		CAPÍTULO	PÁGINA			CAPÍTULO	PÁGINA
FIG. 297	Prensa y molde. Elaboración propia. Elaborado el 17 de julio de 2020.	7	241	FIG. 315	Desmolde fallido. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	248
FIG. 298	Prensa y molde. Elaboración propia. Elaborado el 17 de julio de 2020.	7	241	FIG. 316	Desmolde fallido. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	249
FIG. 299	Molde de madera. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	244	FIG. 317	Prensa con agarraderas. Fotografía propia. Tomada el 14 de octubre de 2020.	7	250
FIG. 300	Prensa de madera. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020	7	244	FIG. 318	Molde con agarraderas. Fotografía propia. Tomada el 14 de octubre de 2020.	7	250
FIG. 301	Prensa y molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	245	FIG. 319	Prensa y molde rediseñados. Fotografía propia. Tomada el 14 de octubre de 2020.	7	250
FIG. 302	Prensa y molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	245	FIG. 320	Preparación de mezcla. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	251
FIG. 303	Mezcla de materiales. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	245	FIG. 321	Engrasado de molde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	251
FIG. 304	Mezcla de cal y mucílago. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	246	FIG. 322	Vaciado de mezcla a molde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	252
FIG. 305	Mezcla de cal y mucílago. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	246	FIG. 323	Prensa y molde con mezcla. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	252
FIG. 306	Mezcla. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	246	FIG. 324	Prensa ejerciendo fuerza. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	252
FIG. 307	Mezcla de materiales. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	246	FIG. 325	Proceso de desmolde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	253
FIG. 308	Engrasado de molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	246	FIG. 326	Desmolde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	254
FIG. 309	Vaciado de mezcla a molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	246	FIG. 327	Desmolde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	254
FIG. 310	Vaciado de mezcla a molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	247	FIG. 328	Desmolde. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	254
FIG. 311	Vaciado de mezcla a molde. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	247	FIG. 329	Secado de muestras. Fotografía propia. Tomada el 18 de octubre de 2020.	7	255
FIG. 312	Acomodo de prensa sobre molde con mezcla. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	247	FIG. 330	Diseño final de material. Fotografía propia. Tomada el 25 de mayo de 2020.	7	268
FIG. 313	Prensa ejerciendo fuerza. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	248	FIG. 331	Render de material en vivienda. Elaboración propia. 2020	7	270
FIG. 314	Prensa ejerciendo fuerza. Fotografía propia. Tomada el 04 de octubre de 2020.	7	248	FIG. 332	Render de material en vivienda. Elaboración propia. 2020	7	272

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO PÁGINA

FIG. 333 Montaje de material. Elaboración propia. 2020.

7 274

FIG. 334 Montaje de material. Elaboración propia. 2020

7 276

FIG. 335 Diagrama de los usos contemporáneos de la construcción vernácula. Elaboración propia con datos de Flores Calvario, Elizondo Mata y Licea Rodríguez (2016). 2020.

8 284

REFERENCIAS

- Aguilar, Berenice y Prieto, Valeria (2002). La Troje: tipología de vivienda Purepecha. En ICOMOS, *Vernacular Architecture* (p 60–61). München.
- Aguilar Deboisse, C. (2011). Los verdaderos materiales verdes. México. Expansión. <https://expansion.mx/obras/2011/03/29/materiales-verdes-sustentabilidad-obras>
- Amador, Ranulfo (2018) ¿Qué es la sustentabilidad ambiental y por qué es importante para los negocios?. México. Oficina Verde. <http://oficinaverde.org.mx/que-es-la-sustentabilidad-ambiental-y-por-que-es-importante-para-los-negocios/>
- Amezcu Luna, J. y Sánchez Díaz, G. (2015). Pueblos Indígenas de Mexico en el siglo XXI P´urhépecha. México. CDI.
- Agroindustria. (2017) ¿Para qué sirve la hoja de pino?. México. 2000 Agro. <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/sirve-la-hoja-pino/>
- Álvarez Pérez, A., Alonso Guzmán, E. M., & Bedolla Arroyo, J. A. (2009). El Tapial y los Morteros de Cal en las Construcciones Históricas de Tiripetio. *Revista de La Sociedad Española de Mineralogía*, 23–24.
- Andrade Perez, L. A. (2014). La Troje Purépecha. *Arquitectura, Tradición Y Simbolismo Cultural*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autonoma de México. México.
- Arreguín, A., Bernal, G., & Cruz de León, J. (2016). La preservación de la troje como identidad cultural de la meseta purépecha: caso Charapan. En 21 Encuentro Nacional Sobre Desarrollo Regional En México, 1–19.
- Arreola Sanchez, M., Martínez Molina, W., y Alonso Guzman, E. M. (2012). Contribución de fibras pulverizadas de nopal sobre las propiedades mecánicas del mortero de cal, así como su contribución mecánica en muretes de mampostería. 8–13.
- Arriols, Enrique (2018) ¿Qué es la sostenibilidad ambiental y social? España. *Ecología Verde*. <https://www.ecologia-verde.com/que-es-la-sostenibilidad-ambiental-y-social-1070.html>
- Asquith, L., y Vellinga, M. (2006). *Vernacular architecture in the 21st century: Theory, education and practice*. Taylor & Francis.
- Azevedo Salomao, Eugenia; Paredes Martínez, Carlos; Torres Garibay, Luis A. (2008). La Vivienda Purépecha: Historia, habitabilidad, tecnología y confort de la vivienda purépecha. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Beals, R. L. (1944). Houses and house use of the sierra Tarascans. US Government Printing Office. Washington, D.C.
- Beals, R. L. (1992). Cherán: un pueblo de la sierra tarasca. El Colegio de Michoacán AC.
- Bedolla Arroyo, J. A., Alonso Guzmán, E. M., Martínez Molina, W., López Tinajero, J., y Lara Gómez, C. (2011). La troje michoacana, una herencia constructiva purhépecha. *CIC Digital*, 1–12.
- Bestraten, S., Hormías, E., y Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de La Construcción*, 63(523), 5–20. <https://doi.org/10.3989/ic.10.046>
- Blanco Montero, C., y Morales Pereira, P. (2010). FICHA TÉCNICA: SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE/TAPIAL. Guatemala.
- Brown, Tim (2008) *Design Thinking*. California. <http://www.designthinking.es/inicio/>
- Cabo Laguna, M. (2011). Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. Universidad Pública de Navarra.
- Díaz Arreola, E., Fuentes Valles, L., y Pérez Martínez, M. S. (2013). Manual de conservación de monumentos históricos. Chihuahua.
- Dickinson, D. (2020). La arquitectura vernácula en un mundo post-COVID-19. ArchDaily website: <https://www.archdaily.mx/mx/940162/la-arquitectura-vernacula-en-un-mundo-post-covid-19>
- Ettinger, C. R. (2010). La transformación de la vivienda vernácula en Michoacán: materialidad, espacio y representación. Consejo Nacional de ciencia y Tecnología.
- Flores Calvario, A., Elizondo Mata, M., y Licea Rodriguez, M. (2016). El baha-reqe: alternativa sostenible para vivienda en zonas rurales y suburbanas en ciudades medias. Un análisis bajo la óptica del método versus. 6to Congreso Nacional de Investigación En Cambio Climático.
- Forero R., R. A. (2007). Las fibras naturales en los materiales plásticos compuestos. *Tecnología del plástico*. <http://www.plastico.com/temas/Las-fibras-naturales-en-los-materiales-plasticos-compuestos+3057872>
- García Espinosa, S. (2010). Michoacán en transformación: arquitectura, turismo y migración. Consejo Nacional de ciencia y Tecnología.
- Garibay Orozco, C. (2012). Cambios de uso del suelo en la Meseta Purépecha (1976-2005). Instituto Nacional de Ecología.
- Giles Castillo, B., y Scarponi, J. (2013). Recomendaciones para las construcciones de adobe. Salta.
- González Delgado, Beatriz. Protección y mantenimiento de muros tradicionales. (2015). *Revocos exteriores*. E Struc. <https://e-struc.com/2015/12/03/rehabilitacion-y-mantenimiento-de-muros-tradicionales/>. Madrid, España.

REFERENCIAS

- Gómez, Celeste (2017) Sustentabilidad ambiental, sustentabilidad económica y sustentabilidad social: definiciones y concepto. Bioguía. <https://www.bioguia.com/>
- González Yagüe, B. (2018). Arquitectura para la comunidad: estudio y aplicación de la arquitectura vernácula del África Subsahariana. Universidad de Valladolid.
- Javier Silva, O. (2019). Conociendo las propiedades físicas del cemento: ¿Qué y cómo?. 360 en Concreto. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/category/cemento/propiedades-fisicas-del-cemento>
- L. Duran. (2011). La arena para trabajos de albañilería. <https://www.pisos.com/aldia/la-arena-para-trabajos-de-albañileria/221739/>
- Malkanthi, S. N., Balthazaar, N., y Perera, A. A. D. A. J. (2020). Lime stabilization for compressed stabilized earth blocks with reduced clay and silt. *Case Studies in Construction Materials*.
- Minke, G. (1994). *Manual de construcción en tierra*. Alemania: Fin de Siglo.
- Moromi Nakata, I. (2010). Adobe. Perú.
- Mostafa, M., y Uddin, N. (2016). Experimental analysis of Compressed Earth Block (CEB) with banana fibers resisting flexural and compression forces. *Case Studies in Construction Materials*, 5, 53–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2016.07.001>
- Novoa Carrillo, M. A. (2005). Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento. Universidad de Colima.
- Padilla Valdés, P. O. (2011). *La Vivienda Tradicional en la Sierra Purepecha*. (Tesis de Doctorado). El Colegio de Michoacán Centro de Estudios de las tradiciones. Zamora.
- Pérez Gil, J. (2016). ¿Qué es la arquitectura vernácula? Historia y concepto de un patrimonio cultural específico. Universidad de Valladolid. Valladolid, España.
- Pérez Valencia, I. (2017). Elevan durabilidad de materiales de construcción con nopal. *Ciencia Mx*. from <http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/materiales/12414-elevan-durabilidad-de-materiales-de-construccion-con-nopal>. México.
- Pons, Gabriel (2015). Características generales del adobe como material de construcción. El Salvador. Ecosur. <https://ecosur.org/index.php/es/ecomateriales/adobe/712-caracteristicas-generales-del-adobe-como-material-de-construccion>
- Quiroz Carranza, J. A., y Magaña Alejandro, M. A. (2015). Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales. *Madera y Bosques*, 171–183.
- Rapoport, A. (1972). *Vivienda y cultura*. Gustavo Gili.
- Rocha, M. (2015). Los BTC (Bloques de tierra comprimida) material por excelencia para la construcción. *Jornadas de Bioconstrucción y Rehabilitación Energética*.
- Romero Alonso, Julio y Sanfulgencio Tomé, Jorge. (2016). 7 materiales para una arquitectura sostenible. Canadá. Arrevol. <https://www.arrevol.com/blog/7-materiales-para-una-arquitectura-sostenible>.
- Roux Gutiérrez, R. S. (2002). Utilización de ladrillos de adobe estabilizados con cemento portland al 6% y reforzados con fibra de coco para muros de carga en Tampico.
- Ruiz Sibaja, A. (2015). Caracterización mecánica de piezas de adobe fabricado en la región de Tuxtla Gutiérrez. *Espacio y más*. https://www.espacioymasd.unach.mx/articulos/num7/Caracterizacion_mecanica_de_piezas_de_adobe_fabricado_en_la_region_de_Tuxtla_Gutierrez. México
- Sánchez Lara, R. M. (1980). *Arquitectura Vernácula*. Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico. México: INBA.
- SEMARNAT, & CONAFOR. (2013). *Inventario estatal forestal y de suelos*.
- Smartia Group, (2013) ¿Qué es Sustentabilidad?. México. Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad, A.C. <http://ccgss.org/>
- Sy Corvo, Helmut (2019) *Sustentabilidad Económica: Características y Estrategias*. España. Lifeder. <https://www.lifeder.com/sustentabilidad-economica/>
- Vallejo Choez, P., y Mena Mora, F. (2019). Mantenimiento de edificaciones vernáculas, sistema constructivo en tierra - adobe (estudio de caso La Tola - Pin-tag). *Herencia*, 32(1), 95–118.
- Zavala Arteaga, G. J. (2015). Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado. FEPADE.

