



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CONSERVACIÓN DE VIVIENDAS DE ADOBE  
PARA LA COMUNIDAD DE LIVILCAR

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

**CAMILA FRANCISCA SEPÚLVEDA BRAVO**

PROFESOR GUÍA:

RICARDO HERRERA MARDONES

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

THOMAS STURM MOREIRA

BEATRIZ YUSTE MIGUEL

SANTIAGO DE CHILE

2022

## **Resumen De La Memoria** para optar al título de Ingeniera Civil

**Por:** Camila Francisca Sepúlveda Bravo

**Fecha:** 2022

**Profesor Guía:** Ricardo Herrera Mardones

### **ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CONSERVACIÓN DE VIVIENDAS DE ADOBE PARA LA COMUNIDAD DE LIVILCAR**

Según estudios realizados posterior al terremoto del año 2010 las edificaciones de adobe representaron un 37,3% de las viviendas con daños mayores y 16,3% de las viviendas destruidas, únicamente por detrás del 28,1% de aquellas que se construyeron con material de desecho y/o reciclaje. Estas son el principal foco de preocupación en centros y cascos históricos luego de ocurridos sismos de intensidad elevada. La normativa nacional actual, enfocada en la construcción tradicional, hasta el año 2010 no presentaba criterios de diseño específicos para construcciones históricas o patrimoniales de adobe, y posterior a ello, presenta únicamente términos generales.

Es desde este escenario donde surge la necesidad de contar con herramientas que permitan analizar la seguridad de viviendas y construcciones de adobe y otorguen soluciones de refuerzo y restauración efectivas y seguras tanto con la misma vivienda como sus ocupantes.

En este contexto, con el apoyo de Fundación Altiplano, se desarrolla de un manual para autoconstrucción, auto restauración y conservación de viviendas de adobe, el cual está especialmente dirigido a la comunidad de Livilcar, localidad perteneciente a la Ruta de las Misiones, en la Región de Arica y Parinacota, y en donde la totalidad de sus viviendas está construida con adobe.

Para esto, en primer lugar, en conjunto con la comunidad se realiza un levantamiento de metodología constructiva y estado actual de las edificaciones y en base a una revisión bibliográfica internacional de técnicas y buenas prácticas para la autoconstrucción y auto restauración en adobe, se propone un manual.

El manual cuenta con una propuesta de refuerzo sísmico de mallas de driza. Este tipo de refuerzo consiste en un sistema de cuerdas, las cuales se van “*tejiendo*” a través del muro en forma vertical y horizontal, de tal forma de construir una red que unifique la respuesta de los muros de albañilería. Esta técnica fue seleccionada dentro de una gama de opciones, a través de un criterio técnico como social con directa participación de la comunidad. Este manual cuenta con modificaciones a la metodología constructiva general, dado que luego de determinar las propiedades mecánicas y suelo de la comunidad, se ajusta la dosificación de materiales, a fin de optimizar el desempeño mecánico de los bloques de adobe, según estudios previos.

## DEDICATORIA

---

A mis hermanas, en una vida de variables, que afortunada soy de tenerlas en constante, son mi motor para superarme día a día. Los sueños siempre se cumplen.

## AGRADECIMIENTOS

---

Me gustaría agradecer en primer lugar a la comunidad de Livilcar, por abrirme sus brazos y las puertas de sus hogares y confiar en mí para tan difícil tarea.

A Fundación Altiplano y el Programa de Pueblos Indígenas por la gestión y apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Gracias por el profesionalismo y el conocimiento compartido, sin duda el patrimonio y el trabajo para y con las comunidades es una tarea enriquecedora.

A los miembros de mi comisión. Al Profesor Ricardo, por confiar en mí y acompañarme en el desarrollo de este trabajo por cerca de un año; al Profesor Thomas, por siempre estar disponible para dudas y favores; y a Beatriz, por ser mi guía en un mundo desconocido para mí, inculcar el respeto y enseñarme a observar el valor donde yo solo visualizaba muros y vigas.

A mis padres, sin duda cada uno ha forjado algo en mí en diversas etapas y todo ha ayudado a formar lo que hoy soy. Infinitas gracias a mi mamá, sin su ejemplo de superación, su alegría y forma de ver la vida el camino hubiese sido imposible.

A mi Nene, quien me entregó un hogar en mis primeros años de camino universitario, sentó en mí la base de la responsabilidad y deseo de superación, gracias por ser tío, hermano, padre y amigo.

Extiendo mis agradecimientos a mis abuelos y hermanas, han creído en mí incluso cuando yo no lo hacía, espero cumplir todas sus expectativas, serán siempre mi refugio y lugar seguro.

A todos los amigos que me dio la vida universitaria, por las tardes y noches de estudio y fiesta, por las risas la complicidad y los almuerzos eternos, gracias por todo.

A Felipe, gracias por la contención, los cafés en las madrugadas, los abrazos y la paciencia en este proceso, sin duda la vida es mejor a tu lado.

## TABLA DE CONTENIDO

---

<b>1. Capítulo I: Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Filosofía Fundación Altiplano.....	2
<b>2. Capítulo II: Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes Generales de Livilcar.....	3
2.1.1. Antecedentes geográficos.....	3
2.1.2. Antecedentes históricos.....	3
2.1.3. Antecedentes demográficos.....	6
2.2. Antecedentes del valor patrimonial.....	8
2.3. Antecedentes de los daños.....	9
2.3.1. Clasificación de daños.....	9
2.3.2. Clasificación de causas.....	12
2.3.3. Clasificación de estados de conservación.....	12
2.3.4. Metodologías de ensayos.....	13
2.3.4.1. Ensayo de granulometría.....	13
2.3.4.2. Ensayos de plasticidad – Límite Líquido.....	15
2.3.4.3. Ensayo de compresión de bloques de adobe.....	16
2.4. Antecedentes de la propuesta.....	17
2.4.1. Marco legal.....	17

2.4.2.	Versiones anteriores .....	18
<b>3.</b>	<b>Capítulo III: Resultados .....</b>	<b>19</b>
3.1.	Identificación del bien inmueble de interés cultural .....	19
3.1.1.	Valor cultural .....	19
3.1.1.1.	Valor cultural tangible.....	19
3.1.1.2.	Valor cultural intangible.....	20
3.1.2.	Valor natural.....	22
3.2.	Definición del sistema constructivo .....	22
3.2.1.	Definición de la metodología constructiva .....	22
3.2.1.1.	Arquitectura.....	22
3.2.1.2.	Materialidad .....	24
3.2.2.	Detección de patologías .....	27
3.2.2.1.	Levantamiento de los daños .....	27
3.2.2.2.	Levantamiento de las causas.....	30
3.2.2.3.	Levantamiento del estado de conservación .....	32
3.3.	Caracterización del sistema constructivo .....	33
3.3.1.	Resultado ensayo de granulometrías.....	33
3.3.2.	Resultados ensayo límites de plasticidad.....	35
3.3.3.	Resultados densidad.....	36
3.3.4.	Resultado ensayo de compresión de bloques.....	37
3.4.	Análisis.....	38
3.4.1.	Análisis de patologías .....	39
3.4.2.	Análisis de propiedades físicas y mecánicas .....	42

3.4.2.1.	Análisis granulometría bloques de adobe .....	42
3.4.2.2.	Análisis límites de Atterberg en bloques de adobes.....	47
3.4.2.3.	Análisis compresión bloques de adobe.....	49
3.5.	Elaboración del manual.....	49
3.5.1.	Elección de técnicas de refuerzo sísmico .....	50
3.5.1.1.	Evaluación técnica .....	51
3.5.1.2.	Evaluación social .....	51
3.5.1.3.	Comparativa de técnicas.....	52
3.5.2.	Producto final .....	54
<b>4.</b>	<b>Capítulo V: Conclusiones .....</b>	<b>56</b>
<b>5.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo A.....</b>	<b>.....</b>	<b>60</b>
<b>Anexo B.....</b>	<b>.....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo C.....</b>	<b>.....</b>	<b>66</b>
<b>Anexo D.....</b>	<b>.....</b>	<b>68</b>
<b>Anexo E.....</b>	<b>.....</b>	<b>71</b>

---

## LISTADO DE TABLAS

---

<i>Tabla 2.1-1: Hidalgo Jorge, N. Castro y S. González (2004) La Revisita de Codpa, Altos de Arica 1772-1773, efectuada por el Corregidor Demetrio Egan. Chungara 36:103-204.</i> .....	6
Tabla 3.2-2: Distribución daños por categoría en la localidad de Livilcar. ....	28
<i>Tabla 3.3-3: Resultados granulometrías desarrolladas en terreno. Prueba de la botella.</i> .....	34
<i>Tabla 3.3-4: Resultados granulometrías desarrolladas en laboratorio. Muestra rivera Río San José.</i> .....	34
<i>Tabla 3.3-5: Resultados granulometrías desarrolladas en laboratorio. Muestra Tierra de Chacra</i> .....	34
<i>Tabla 3.3-6: Comparativa de resultados de las granulometrías desarrolladas en laboratorio y en terreno.</i> .....	35
<i>Tabla 3.3-7: Resultados Límites de Atterberg. Muestra Tierra de Chacra Livilcar.</i> .....	35
<i>Tabla 3.3-8: Límite líquido, Límite plástico e Índice de plasticidad. Muestra Tierra de Chacra - Livilcar.</i> .....	36
<i>Tabla 3.3-9: Resultados densidad muestras de tierra de chacra. Livilcar.</i> .....	36
<i>Tabla 3.3-10: Resultados resistencia compresión a la unidad <math>f_p</math> para probetas recicladas. Livilcar.</i> .....	38
<i>Tabla 3.4-11: Análisis de dispersión de granulometrías respecto a “curva idealizada”.</i> ..	44
<i>Tabla 3.4-12: Distribución granulométrica y masas iniciales para la determinación de extracción de masas.</i> .....	45
<i>Tabla 3.4-13: Distribución granulométrica y masas post extracción para la determinación de extracción de masas.</i> .....	46
<i>Tabla 3.4-14: Límites mínimos y máximos de distribución granulométrica (Guillén, C 2021)</i> .....	46
<i>Tabla 3.4-15: Distribución granulométrica final y comparación de límites Guillén</i> .....	47
<i>Tabla 3.5-16: Resultados ejes de priorización evaluación técnica de la comunidad de Livilcar en orden descendente</i> .....	51



<i>Tabla 3.5-17: Resultados ejes de priorización evaluación social de la comunidad de Livilcar en orden descendente.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 3.5-18: Escala de evaluación para técnicas de refuerzo sísmico en viviendas de adobe. ....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 3.5-19: Evaluación comparativa técnicas de refuerzo sísmico para viviendas de adobe. ....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla A-19: Clasificación y descripción de causas origen de daños en estructuras de tierra cruda. Fuente: Fundación Altiplano.....</i>	<i>60</i>

## LISTADO DE FIGURAS

---

<i>Figura 2.1-1: Ubicación Livilcar. Google. (s.f.). [Livilcar]. ....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2.1-2: Distribución Livilcar por años. Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Keller (1946); Servicio Nacional de Estadísticas y Censo (1907-1952-1970-1992-2017); Ruz et al. (2015); Hidalgo (1986) e Hidalgo et al. (2004). ....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2.2-3: Clasificación patrimonio UNESCO. Elaboración propia. ....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2.3-4: Elaboración propia. Clasificación de daños Fundación Altiplano. ....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2.3-5: Elaboración propia. Esquema prueba granulometría de campo. ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3.1-6: Imagen satelital Livilcar.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3.2-7: Elaboración propia. Plano de planta vivienda de tres ambientes. ....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3.2-8: Elaboración propia. Plano de planta vivienda de dos ambientes. ....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3.2-9: Vivienda típica Livilcar.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.2-10: Elaboración propia. Comparativa disminución de volumen bloques antiguos versus modernos. ....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.2-11: Elaboración propia. A la izquierda distribución de bloques de adobe en muros modernos. A la derecha distribución de bloques de adobe en muros antiguos... </i>	<i>26</i>
<i>Figura 3.2-12: A la izquierda la vivienda C2-1 con techo de paja y barro. A la derecha la vivienda C3-5 modificada con techo de acero galvanizado.....</i>	<i>27</i>

<i>Figura 3.2-13:</i> Elaboración propia. Codificación de muros para el levantamiento de información de daños, causas y estados de conservación en Livilcar. ....	27
<i>Figura 3.2-14:</i> Elaboración propia. Distribución de daños por tipo en viviendas de adobe en la localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.....	29
<i>Figura 3.2-15:</i> Distribución de los daños en plano de planta localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.....	30
<i>Figura 3.2-16:</i> Elaboración propia. Distribución de causas por categorización en Livilcar. Datos diciembre 2021. ....	30
<i>Figura 3.2-17:</i> <i>Viviendas Livilcar con daños antropogénicos</i> .....	31
<i>Figura 3.2-18:</i> Elaboración propia. Distribución de causas origen en viviendas de adobe en la localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.....	32
<i>Figura 3.2-19:</i> Distribución del estado de conservación de las viviendas en plano de planta localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021. ....	33
<i>Figura 3.3-20:</i> Regresión lineal de humedades en función del número de golpes. Ensayo Cuchara Casagrande. Muestra de Tierra de Chacra - Livilcar. ....	36
<i>Figura 3.3-21:</i> Probeta cúbica adobe Livilcar ensayada bajo compresión. ....	37
<i>Figura 3.3-22:</i> Curva tensión deformación de la compresión de la unidad de albañilería de adobe. Livilcar. ....	38
<i>Figura 3.4-23:</i> Distribución de causas origen según daños detectados en viviendas localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021. ....	39
<i>Figura 3.4-24:</i> Distribución de causas por clasificación y daños generados Localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021. ....	40
<i>Figura 3.4-25:</i> Distribución de daños por causa Presencia de Humedad. Localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021. ....	41
<i>Figura 3.4-26:</i> Distribución de daños por humedades en muros. Livilcar.....	42
<i>Figura 3.4-27:</i> Extraído de Guillén, C. (2021). Distribución de granulometría óptima para la elaboración de bloques de adobe.....	43
<i>Figura 3.4-28:</i> Elaboración propia. Comparativa ensayos granulométricos muestras Rivera Río San José, Tierra de Chacra y Curva Idealizada (Guillén, C). ....	44

## 1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

---

La palabra *patrimonio* surge desde el latín *patrimonium*, que significa ‘*bienes heredados de los padres*’. El patrimonio, en todas sus variantes, es un regalo, un bien que nos heredan nuestros padres, madres, abuelos y abuelas. Son recetas, son caminos, son fiestas, iglesias y casas. Regalos que tardaron generaciones en perfeccionarse, y que hoy, es nuestra responsabilidad mantener y preservar.

El riesgo de la pérdida de ese conocimiento ancestral es alto, ya sea por el abismo de la modernidad, la emigración a lugares con mayores comodidades o simplemente el paso del tiempo. El patrimonio necesita de un acuerdo para su cuidado, y dicho acuerdo no se alcanza mientras no exista el conocimiento para valorar su significado. Esto es un desafío pendiente.

Con el apoyo de Fundación Altiplano en conjunto con la Universidad de Chile, se desarrolla un manual de conservación de viviendas de adobe para la comunidad de Livilcar, el cual busca recopilar, documentar y conservar técnicas de construcción en tierra. Este manual, realizado especialmente para la comunidad de Livilcar, se ampara en la metodología de trabajo “*Valor-Daño- Propuesta*” creada por Fundación Altiplano. La metodología inicia recogiendo el valor patrimonial de la comunidad, sus tradiciones y métodos constructivos, para luego evaluar los daños y finalmente entregar una propuesta consciente que rectifique los daños sin alterar el valor.

Este manual pretende ser una guía para la comunidad, una herramienta la cual permita a los habitantes de Livilcar construir nuevos hogares responsables y seguros para con ellos mismos, como también, cuidar y reparar aquellos que ya existen, porque a través de esto se cuida el regalo de sus abuelos, se cuida y preservar el patrimonio.

### 1.1. Motivación

Según estudios realizados posterior al terremoto del año 2010 las edificaciones de adobe representaron un 37,3% de las viviendas con daños mayores y 16,3% de las viviendas destruidas, únicamente por detrás del 28,1% de aquellas que se construyeron con material de desecho y/o reciclaje.<sup>1</sup> (Fajnyber. E, 2012).

Las construcciones de adobe, en Chile, son el principal foco de preocupación en centros y cascos históricos luego de ocurridos sismos de intensidad elevada. La normativa nacional actual, enfocada en la construcción tradicional, hasta el año 2010 no presentaba criterios de diseño específicos para construcciones históricas o patrimoniales de adobe, y posterior a ello, presenta únicamente términos generales.

El vacío de este marco legal ha concluido en dos escenarios, el primero, abandono o falta de mantención de las estructuras por ausencia de estudios apropiados, y el segundo, la construcción bajo adaptaciones de las estructuras a los criterios de la normativa sísmica actual mediante la introducción de elementos de hormigón armado o de acero estructural,

como diafragma rígido o el empleo de muros esbeltos<sup>2</sup> (D'Ayala & D.Benzoni, 2012), afectando fuertemente el valor patrimonial de estas construcciones.

Es desde este escenario donde surge la necesidad de contar con herramientas que permitan analizar la seguridad de viviendas y construcciones de adobe y otorguen soluciones de refuerzo y restauración efectivas y seguras tanto con la misma vivienda como sus ocupantes. Todo esto bajo un clima de respeto, entendiendo que las construcciones, en culturas como las de Livilcar, más que un lugar de descanso, representan años de historia, valor y herencia de sus ancestros.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Desarrollo de un manual para auto restauración, autoconstrucción y conservación de viviendas de adobe en la comunidad de Livilcar.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Revisión bibliográfica de técnicas y buenas prácticas para la autoconstrucción y auto restauración en adobe.
2. Levantamiento de metodología constructiva y estado actual de las edificaciones en la comunidad de Livilcar.
3. Determinación de propiedades mecánicas de los materiales constructivos y suelo de la comunidad de Livilcar.
4. Evaluación comparativa y selección de técnicas de autoconstrucción y auto restauración de acuerdo con las principales patologías y propiedades mecánicas.

## **1.3. Filosofía Fundación Altiplano**

El desarrollo de esta tesis se realiza con el apoyo de Fundación Altiplano. Fundación Altiplano es una organización sin fines de lucro que promueve la conservación sostenible del patrimonio en comunidades andinas y rurales.

La organización presenta una filosofía de trabajo definida en un plan de acción de tres ejes principales: “*Valor – Daño – Propuesta*”. Así es como, en primer lugar, se debe rescatar el valor patrimonial de los elementos a intervenir; para luego evaluar los daños y el estado de conservación de estos, y finalmente, presentar una propuesta de intervención de restauración, procurando proteger y conservar el valor detectado, en base a las técnicas adecuadas a los daños levantados.

## 2. CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

---

### 2.1. Antecedentes Generales de Livilcar

#### 2.1.1. Antecedentes geográficos

La localidad de Livilcar se ubica al interior del Valle de Azapa, pre cordillera chilena, en la Región VX de Arica y Parinacota; la localidad se ubica en las coordenadas 18°30'06" Latitud S y 69°42'33" Longitud W y según el Instituto Nacional de Estadísticas, cuenta con 2,14 hectáreas de terreno habitable.

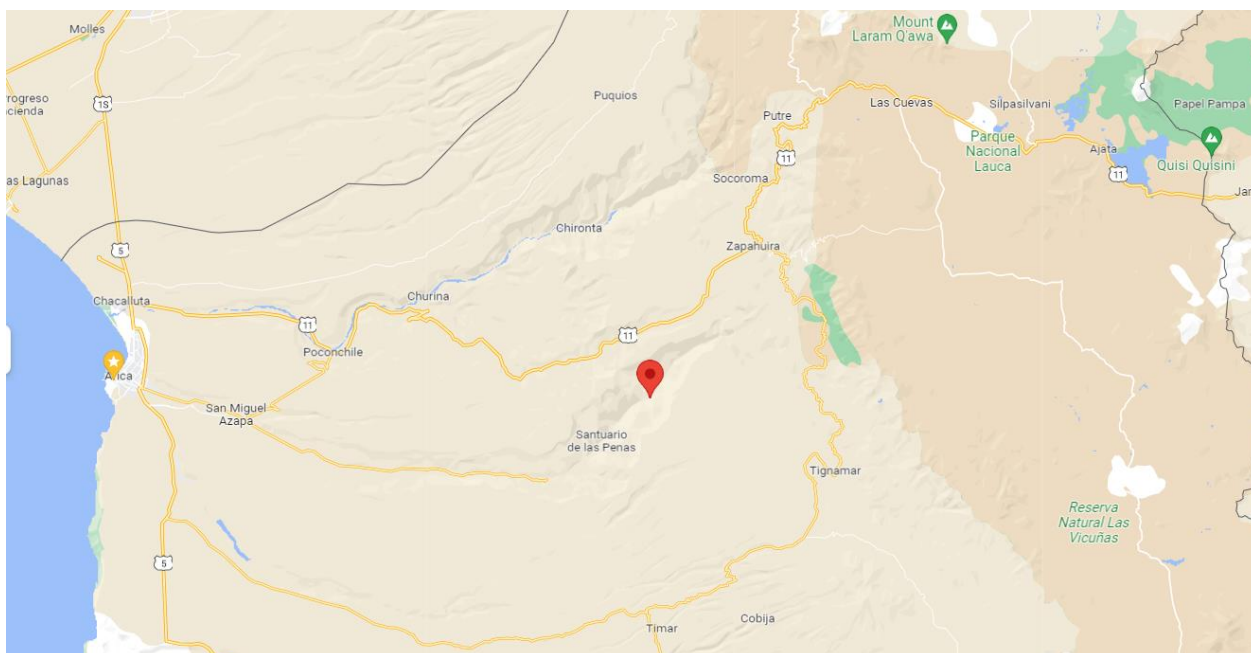


Figura 2.1-1: Ubicación Livilcar. Google. (s.f.). [Livilcar].

Cuenta con un clima desértico marginal de altura (BWH), distinguiéndose en el año dos grandes estaciones: una húmeda, que va desde fines de noviembre a inicios de abril, con precipitaciones que originan la bajada de los ríos que riegan los valles costeros; y una seca, que va desde mayo a octubre y que además de ser seca es helada, con temperaturas bajo cero en las noches.

Livilcar se emplaza en medio de una quebrada formada por el afluente del Río San José, parte de la Cuenca del Ticnámbar. El caudal del río no supera los 100 l/s<sup>3</sup> (Keller, 1946) y es utilizado para el riego, su principal actividad económica.

#### 2.1.2. Antecedentes históricos

La localidad de Livilcar, y sus construcciones, guardan su origen en Francisco Toledo, Virrey del Perú durante la época colonial, entre los años 1569 y 1581. Toledo, tras el afán

de ordenar y administrar los territorios conquistados encarga reducir los poblados indígenas a asentamientos mayores en los valles medios, para facilitar el control y la organización de los tributos y encomiendas.

Los registros más antiguos que se tienen sobre la comunidad se rescatan de bitácoras y diarios de visitas pastorales realizadas por funcionarios del virreinato y clérigos a fin de mantener el control de los tributos a la corona.

Jorge Hidalgo, en sus bitácoras, propone a Livilcar como base efectiva del poder de la familia Cañipa. Hoy en día la familia Cañipa continúa siendo dueña de una parte importante de tierras entre Humagata y Livilcar. Las memorias que lo exponen se detallan a continuación.

*“...como se verá a continuación, Belén fue el centro opositor a los Caciques Cañipa. Por motivos geográficos (la ubicación de Codpa en el extremo meridional de la sierra de Arica) la base efectiva del poder de los Cañipa se encontraba en el bloque de pueblos de Sierra cercanos a su sede (Pachica, Esquiña, Timar, Tignamar, Saxamar) y en los pueblos de la quebrada alta de Azapa (Umagata y **Livilcar**) donde se habían establecido originalmente”.*<sup>4</sup> (Chacama et al, 1992).

El mismo Hidalgo, expone a través de un documento del siglo XVII la organización política del pueblo y las localidades adyacentes. En sus memorias se puede determinar la existencia de un alcalde de Livilcar, Diego Cañipa, situando a la localidad como lugar y centro político, y visualizando la figura del alcalde como una persona con atribuciones políticas y judiciales a fin de mantener el orden, pero además un rol moral y religioso, cuidando “*que no hagan idolatrías*”, a fin de imponer la religión católica esperable para la época colonización católica.

*“...Los pueblos eran regidos por dos clases distintas de autoridades: los alcaldes – que presuntamente eran autoridades electas- y los principales e Hilacatas. Tales cargos hereditarios normalmente se asociaban a formaciones segmentarias como Ayllus y parcialidades, las que al parecer eran inexistentes en estos pueblos. ... En 1752 el alcalde de Livilcar pidió la terminación de la Mita de la hacienda de San Juan Bautista de Azapa, representando no solo a su pueblo sino también a los demás pueblos que estaban sujetos a la Mita (Pachica, Timar, Belén, Putre y Pachama). En el año anterior el alcalde de Timar fue enviado para devolver los mitayos a sus pueblos para que fuesen empadronados (...)”.*<sup>5</sup> (Chacama et al., 1992).

*“... En 1727 un Diego Cañipa fue nombrado alcalde Mayor de Livilcar, Tignamar, Saxamar, y Umagata, donde debía hacerse cargo de la buena administración de la real justicia”, cuidando de que los indios y demás moradores de dichos parajes (no) tengan borracheras, Chaques (Taquies) ni hagan idolatrías ni cometan otros pecados públicos”.*<sup>6</sup> (Chacama et al., 1992).

Más adelante, finalizando siglo XVIII, surge la rebelión de la población indígena Tupac Amaru, motivada por las presiones del Imperio por tratar de rescatar tributación. Todos los pueblos y comunidades indígenas de Los Andes, desde Quito a San Pedro de Atacama se rebelaron, atacando contra las autoridades civiles, militares y eclesiásticas de la corona. En Codpa, su cacique y alcalde de Livilcar, Diego Cañipa, se declaró fiel al rey llevando a su comunidad a responder de un modo extremadamente violento.

Cañipa, de quien aún permanece su nombre en una de las campanas de bronce de la comunidad, fue ejecutado en Codpa por mantener su fidelidad a la corona española. Es reconocido por su frase "Mayor es mi lealtad", la cual actualmente figura grabada en el Cerro La Cruz de Arica.

*"(...) En Codpa los rebeldes encontraron la resuelta oposición del cacique de los altos Diego Felipe Cañipa, quien fue degollado el 23 de febrero de 1781, por negarse a tomar parte en la rebelión. Otras autoridades cercanas a Cañipa en los pueblos de Livilcar y Socoroma corrieron la misma suerte."*<sup>7</sup> (Chacama et al., 1992).

Con el establecimiento de repúblicas, luego de la ola independentista que surgió en América Latina, Livilcar quedó adscrito a la nueva República del Perú, pero su vínculo cultural seguirá siendo con la población Alto Perú, la cual, post movimiento independentista pasa a ser la nueva República de Bolivia. La población se transformó de "indios" a ciudadanos y campesinos, con obligaciones tributarias; esto, los incentiva a formar circuitos comerciales donde su principal cliente eran las industrias salitreras.

En pleno boom del salitre en la zona norte de Chile y sur de Perú, la comunidad de Livilcar al igual que muchas otras localidades agricultoras, se enfocan en la producción de pastos para el ganado, maíz, papa y ají para los obreros de las salitreras.

En 1884, con el término de la Guerra del Pacífico, Bolivia pierde su salida al mar y el territorio comprendido entre la Región de Arica y Parinacota y Antofagasta, pasa a formar parte de la República de Chile, entre estos territorios, la comunidad de Livilcar. Bajo esta nueva administración la comunidad experimenta profundos cambios, quizás el más importante, pasar de ser peruanos a ser chilenos, de aquí surge el primer gran éxodo de la comunidad, varios integrantes de esta, emigran a territorios al norte, buscando preservar la nacionalidad con la que se identificaban.

De ahí en adelante la vida en la quebrada se sigue articulando de forma pacífica en torno a la agricultura. La localidad era un punto importante por ser conexión entre Azapa y el pueblo de Belén. El sector se veía beneficiado por la bonanza climática reinante. Son tierras cálidas y secas bordeadas por el San José que alimentaba sus cultivos. Papas, cebollas, zapallos y maíz entre otros eran regadas por esta agua, que desde el gobierno de don Jorge Alessandri, se vieron incrementadas por la incorporación del recurso proveniente del Lauca.<sup>8</sup> (Martínez y Graña, 2002).

En el año 1950 una importante crecida del río San José arrasó con zonas de cultivo y cortó el acceso al pueblo, la pérdida de cultivos y la dificultad de acceso derivó en el

segundo gran éxodo de la comunidad, obligó a un importante número de pobladores a desplazarse a centros urbanos más asequibles como Azapa y Arica.

Durante el transcurso de los años posteriores Livilcar poco a poco se fue despoblando. Niños y jóvenes, el futuro del pueblo, necesitaban los elementos mínimos para iniciar y llevar a buen término su proceso educativo formal, y en Livilcar no era posible.<sup>9</sup> (Martínez y Graña, 2002).

La subida catastrófica del río se volvió a repetir entre 1973-1974, y con ello la última gran migración, cuando una nueva crecida estival del San José arrasó con los terrenos de cultivados llevándose a su paso animales, plantaciones y algunas casas. Esto obligó a la ya escasa comunidad que aún residía en Livilcar a buscar mejores opciones asentándose temporalmente en los sectores de Sobraya y Charcoyo. Actualmente la comunidad cuenta con un número inferior a 10 habitantes permanentes, quienes se dedican únicamente a trabajar la tierra. El poblado en el año no presenta el esplendor del pasado, únicamente se llena de vida y fiesta en fechas de celebraciones importantes, preservando su memoria e historia.

### 2.1.3. Antecedentes demográficos

La localidad de Livilcar ha sufrido un constante éxodo de sus residentes. Los primeros censos de población son entregados por memorias recopiladas el oficial real Joaquín de Cárdenas en sus visitas de inspección y control a través del Sumario de la revisita de 1756<sup>10</sup>. (Villalobos, 1981).

*Tabla 2.1-1: Hidalgo Jorge, N. Castro y S. González (2004) La Revisita de Codpa, Altos de Arica 1772-1773, efectuada por el Corregidor Demetrio Egan. Chungara 36:103-204.*



Tabla 1: Número de hombres y mujeres de los pueblos de los Altos de Arica o Cacicazgo de Codpa agrupados por valles, sierra y altiplano, 1750-1772.  
*Number of men and women of the los Altos de Arica and Cacicazgo of Codpa, which are grouped into valley, sierra, and highland, 1750-1772.*

Pueblos	1750*			1772		
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Umagata	35	35	70	58	55	113
Livilcar	57	73	130	89	96	185
Sora	37	53	90	56	61	117
Total Valles	129	161	290	203	212	415
Codpa	158	219	377	214	273	487
Pachica	80	70	150	113	105	218
Esquiña	66	88	154	135	140	275
Timar	52	85	137	65	100	165
Tignamar	69	99	168	70	88	158
Saxamar	48	57	105	43	60	103
Pachama	52	70	122	81	77	158
Belén	161	246	407	207	262	469
Socoroma	91	140	231	156	204	360
Putre	98	144	242	133	175	308
Total Sierra	875	1.218	2.093	1.217	1.484	2.701
Guallatire	23	27	50	45	52	97
Parinacota	64	80	144	77	89	166
Choquelimpie	38	47	85	20	20	40
Caquena	56	70	126	61	42	103
Total Altiplano	181	224	405	203	203	406
Total Codpa	1.185	1.603	2.788	1.623	1.899	3.522

\* Fuente: Hidalgo 1986: 158.

En el sumario se puede identificar la población en Livilcar durante los años de auge, pre-movimiento independentista, se observa el crecimiento de población entre los años 1750, con 130 habitantes, al año 1772 con un total de 185 personas, siempre predominado por mujeres.

Posterior a 1884 se da a lugar al primer éxodo, debido a la victoria de Chile en la Guerra del Pacífico y el cambio de administración y nacionalización de las tierras, la población descendió. Lo anterior se visualiza en la Figura 2.1-2, donde se denota una caída abrupta de la población entre los años 1772 y 1866.

Del mismo gráfico se logra visualizar el segundo y tercer éxodo de población en los años 1952 y 1992, respectivamente. Ambas salidas abruptas de población guardan su origen en las crecidas del Río San José en los años 1950 y 1973, donde los aluviones producidos cortaron caminos y accesos a la localidad, además de arrasar con los cultivos existentes.

El último censo nacional, realizado el año 2017 dejó en constancia el desplazamiento definitivo de los habitantes de Livilcar. En la actualidad, se sabe de un habitar permanente de a lo más 10 personas quienes se dedican a cultivar la tierra.

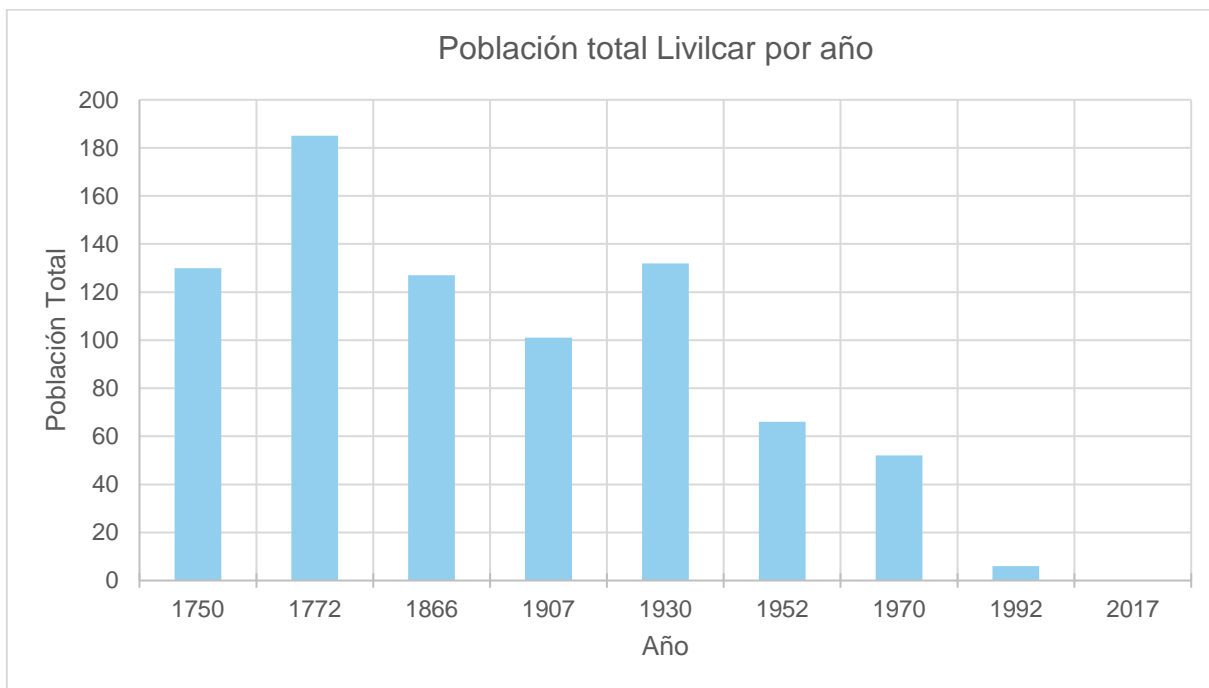


Figura 2.1-2: Distribución Livilcar por años. Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Keller (1946); Servicio Nacional de Estadísticas y Censo (1907-1952-1970-1992-2017); Ruz et al. (2015); Hidalgo (1986) e Hidalgo et al. (2004).

## 2.2. Antecedentes del valor patrimonial

Según la UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, existen diversas clases de patrimonio, las cuales se clasifican y dividen dependiendo del origen del mismo con la finalidad de facilitar su estudio. Principalmente se pueden determinar dos, las cuales, además, son reconocidas por la República de Chile, a través del Decreto 259 del Ministerio de Relaciones Exteriores, donde se ratifica la *Carta y Acuerdo de París (1972)*.

El primer tipo de patrimonio es el *cultural*; este engloba todo aquello que tiene algún grado de intervención humana. Se conforma de dos subclases, el patrimonio cultural *tangible*, compuesto de bienes muebles e inmuebles, e *intangibles*, aquello que no se puede tocar. El segundo tipo de patrimonio es el *natural*; el cual abarca todo aquello que no es creado, modificado ni alterado por la acción humana.

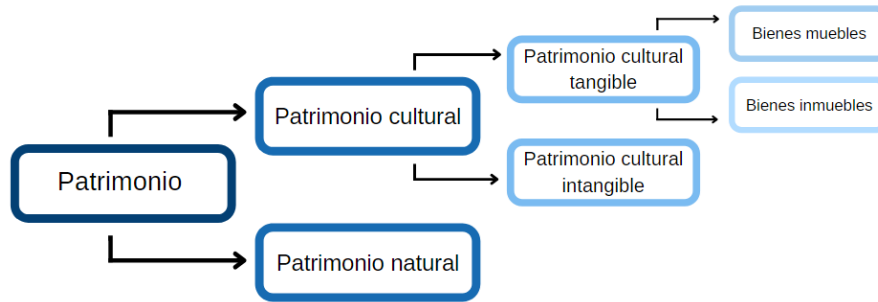


Figura 2.2-3: Clasificación patrimonio UNESCO. Elaboración propia.

El valor patrimonial es un concepto ambiguo, está relacionado con la percepción que se tenga sobre un objeto y la historia que guarda en él. Los valores patrimoniales de una comunidad son reliquias de su historia, guardan en ellos el paso del tiempo y el traspaso generacional. Además de su iglesia, la localidad de Livilcar guarda un sinfín de tesoros patrimoniales con un altísimo valor, que abarcan desde técnicas constructivas y edificaciones hasta tradiciones y fiestas.

### 2.3. Antecedentes de los daños

Para determinar el estado de conservación de una construcción se debe realizar, previamente y de forma rigurosa, un levantamiento detallado de sus daños y de las causas y agentes de riesgo que los originan.

Es importante contar con una clasificación clara de los daños en este tipo de viviendas, esto permite ordenar la información levantada y actuar efectivamente ante casos graves y de emergencia.

A continuación, se detallará la clasificación de daños, causas y estado de conservación de una construcción en adobe utilizada por Fundación Altiplano y publicada en su manual de conservación de viviendas de adobe.

#### 2.3.1. Clasificación de daños

Los daños pueden clasificarse a través de dos ejes de medición: El primero, según afecten en mayor o menor grado la estabilidad estructural del inmueble; y el segundo, según afecte la seguridad de las personas que lo transitan. Así es como se generan **cuatro niveles de intensidad**.



Figura 2.3-4: Elaboración propia. Clasificación de daños Fundación Altiplano.

A continuación, se detallan los diferentes tipos de daños presentes en cada categoría.

- **Daños leves**

- Fisuras: Son aberturas longitudinales que afectan levemente a las superficies y terminaciones, pero no afectan todo el espesor de los elementos estructurales.
- Suciedad: Corresponde a la capa superficial delgada que se forma sobre el elemento constructivo por la acumulación de tierra, grasa y/u hollín o por la acumulación de basura alrededor de la estructura.

- **Daños Moderados**

- Desprendimiento de revestimientos: Es la separación de los revoques, enlucidos, pinturas de cal o pigmentos de los paramentos. Cuanto más profunda sea la pérdida mayor será la exposición del muro frente a otros agentes de riesgo.
- Erosión superficial: Es la descomposición o desgaste de elementos constructivos, menor a un tercio de su espesor; cuando se presenta de forma independiente, no presenta riesgo para la estabilidad del elemento.
- Grietas no pasantes: Son las aberturas que se generan en muros y elementos constructivos. Se consideran daños moderados cuando estas grietas no atraviesan el muro, siendo visibles únicamente desde un lado de los muros.

- Sedimentación: Es la pérdida del nivel original del piso por la acumulación constante de tierra.

- **Daños graves**

- Desaplome: Es la pérdida de verticalidad de muros cuando esta es inferior a un  $10^\circ$ .<sup>11</sup>
- Deformación superficial: Es la pérdida de la forma original de un elemento no estructural como tabiquerías, carpinterías o cubiertas.
- Desplazamiento: Es el cambio de la posición original de un elemento estructural, se da principalmente en techos y muros.
- Erosión crítica: Descomposición o desgaste de un elemento estructural como viga, pilar o muro, mayor a un tercio de su espesor, con riesgo para la estabilidad de la construcción.
- Pérdida de atributo de valor: Es cuando se pierde el valor de una construcción patrimonial debido a intervenciones inadecuadas sobre la materialidad, el sistema constructivo o el estilo. Los ejemplos más comunes son la pérdida de atributos de valor cultural estético al introducir nuevas materialidades como las planchas metálicas de zinc-alum en las cubiertas, o las nuevas construcciones anexas de bloquetas y mortero de cemento.
- Grietas pasantes: Son las aberturas que se generan en muros y elementos estructurales. Se consideran daños graves cuando estas grietas atraviesan el muro, siendo visibles tanto desde el interior como desde el exterior de la estructura.

- **Daños de emergencia**

- Colapso: Es el derrumbe parcial o total de muros, techumbre u otros componentes constructivos.
- Desaplome: Es la pérdida de la verticalidad de un pilar o muro cuando la inclinación es mayor a los  $10^\circ$  <sup>12</sup> (Torres Guille, C & Jorquera. N, 2018).
- Deformación crítica: Es la pérdida de la forma original de un elemento estructural como viga, forjado, pilar o muro, con riesgo de colapso. Cuando la deformación se produce en la mitad de un elemento horizontal como una viga o forjado, se denomina *flexión*. Cuando la deformación se produce en un elemento vertical como un pilar o muro, se denomina *pandeo*.
- Asentamiento en la cimentación: Es la pérdida del nivel original de la fundación o muro, por asentamiento diferencial y/o desplazamiento del terreno.

### 2.3.2. Clasificación de causas

Todos los daños son originados por alguna razón, estas razones se denominan causas y se pueden clasificar en cuatro grandes grupos, según quién o qué las origina. La nomenclatura y descripción de cada causa se encuentra en detalle en el Anexo A.

- **Agentes naturales:** Son aquellas causas que tienen su origen en fenómenos naturales, meteorológicos y climáticos extremos. Se pueden distinguir dentro de estas causas los sismos y los fenómenos climáticos como incendios por sequías, inundaciones, temporales o aluviones.
- **Agentes erosivos inertes:** Son aquellas causas que provocan el desgaste de materiales y tienen su origen en agentes no vivos. Dentro de esta clase de causas se puede destacar la humedad, la presencia de sales y agentes climáticos, como el viento, la lluvia o la constante exposición al Sol.
- **Agentes erosivos vivos:** Son aquellas causas que provocan el desgaste de materiales y tienen su origen en agentes vivos. Dentro de esta clase de causas se puede encontrar los hongos, los xilófagos o termitas, la presencia de animales o la presencia de arbustos y maleza.
- **Agentes antrópicos:** Finalmente, las causas antrópicas corresponden a aquellas en donde la acción humana es la responsable de los daños causados. Aquí se puede destacar las fallas en el diseño, en la construcción, la elección de materiales deficientes, intervenciones inadecuadas, falta de mantenimiento o vandalismo.

### 2.3.3. Clasificación de estados de conservación

El estado de conservación de una estructura se obtiene luego de analizar los daños que afectan a la misma y las causas que originaron estos daños. Así es como, se puede clasificar una estructura en alguna de las cuatro siguientes categorías.

- **Estado de conservación bueno:** Son edificaciones que presentan sólo daños leves. Cuando una construcción se encuentra en este estado de conservación requiere monitoreo, vigilancia y mantenimiento periódico.
- **Estado de conservación regular:** Son edificaciones con al menos un daño moderado. Si una estructura se encuentra en este estado de conservación, además del monitoreo, vigilancia y mantenimiento periódico, requiere de una actuación de conservación preventiva para reparar el daño moderado que la afecta.
- **Estado de conservación malo:** Son edificaciones con al menos un daño grave. Si una estructura se encuentra en este estado, además del monitoreo, vigilancia, mantenimiento periódico y la conservación preventiva, se requiere de una

restauración, la cual será parcial o completa, dependiendo de la extensión de los daños.

- **Estado de conservación de emergencia:** Son edificaciones con al menos un daño de emergencia. Si una estructura se encuentra en este estado de conservación se deben tomar las mismas medidas de un estado de conservación malo, pero se requiere actuar de manera urgente, ya que los daños están poniendo en riesgo tanto la estabilidad de la construcción como de las personas que lo transitan.

#### 2.3.4. Metodologías de ensayos

Para determinar correctamente el estado de conservación de una vivienda de adobe se deben conocer las propiedades mecánicas y físicas de su materialidad. A continuación, se detalla la metodología de los ensayos a realizar durante el desarrollo de la presente investigación, además para cada ensayo se realiza su símil en terreno, determinado por el Manual Básico de Restauración y Conservación de Construcciones Patrimoniales de Terra y Piedra de Arica y Parinacota de Fundación Altiplano (Fundación Altiplano, 2012) a fin de verificar el grado de confiabilidad de estos para su redacción en el manual en desarrollo.

##### 2.3.4.1. *Ensayo de granulometría*

Se realizan ensayos de granulometrías a fin de obtener la distribución y clasificación de dos muestras de suelo en la localidad de Livilcar: la primera correspondiente a tierra de chacra, y la segunda a suelo cercano a la rivera del Río San José.

##### 2.3.4.1.1. *Metodología en terreno*

Esta prueba permite distinguir entre gravas, arenas, arcillas y limos. Para ello se utiliza una botella de  $\frac{1}{2}$  litro de capacidad, de algún color que permita visualizar el contenido en su interior. Un cuarto de la botella se llena con el suelo que se quiere identificar y las  $\frac{3}{4}$  partes restantes con agua. Se agita, se mezcla todo al interior de la botella y se deja reposar en un lugar plano. Se observará que transcurrido el tiempo la tierra se irá depositando en el fondo de la botella.

Se debe medir la altura que alcanzan las partículas desde el fondo de la botella cuando ha transcurrido un minuto, que se denominará *Capa 1*; 5 minutos, que será la *Capa 2*, y finalmente, 5 horas, la cual será la *Capa 3*.

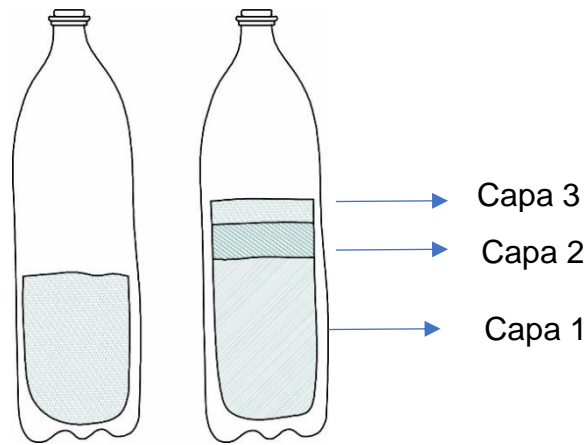


Figura 2.3-5: Elaboración propia. Esquema prueba granulometría de campo.

Las partículas que decantan inmediatamente corresponden a arenas o gravas, las que decantan a los 5 minutos a arcillas y las que caen a las 5 horas son limos. Al conocer cuánto material se ha depositado en esas tres instancias se puede obtener la distribución granulométrica del suelo.

#### 2.3.4.1.2. Metodología en laboratorio

Para llevar a cabo un ensayo granulométrico en laboratorio se realiza el siguiente procedimiento a partir de la NCh 165.2009.<sup>13</sup>

- Se toma una muestra de suelo que sea representativa de la zona a analizar.
- Se pesa la muestra de suelo, con bolones y sin ellos.
- Se pasa la muestra seca de suelo por la malla 3/8" (9.5 mm) y se separa el material que pasa esta malla con el fin de determinar posteriormente el porcentaje de suelo fino en la muestra.
- Se hace pasar el material que queda retenido en la malla 3/8" (9.5 mm) por todas aquellas mallas de tamaño de apertura mayor, y se pesan las porciones de material que queda retenido en cada una de ellas.
- Se mezcla y homogeniza el material que pasa la malla 3/8" (9.5 mm) y se toma una muestra representativa del material.
- La muestra representativa se hace pasar por la malla #200 (0.074 mm), mientras se lava con agua corriente, con el fin de eliminar los finos que puedan quedar sobre la malla. Una vez que el agua sale transparente, tanto el suelo que queda retenido como el que pasa se secan y se pesan.
- Finalmente, la porción retenida se hace pasar por las mallas #4 a #200 (4.75 a 0.074 mm) y se pesa lo que queda retenido en cada una.



- La curva de distribución granulométrica se construye graficando el porcentaje de material que pasa por la malla  $i$ ,  $P_i$ , como función de la apertura  $D_i$  de la malla. Los resultados obtenidos deben ser graficados en escala semi-logarítmica.
- A partir de la curva de distribución granulométrica, se pueden obtener los diámetros característicos  $D_{10}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{60}$  y calcular los coeficientes de uniformidad  $C_u$  y curvatura  $C_c$ .
- Finalmente, para clasificar el suelo se utilizan las tablas de la norma ASTM D2487.

#### 2.3.4.2. *Ensayos de plasticidad – Límite Líquido*

Se realizan ensayo de plasticidad sobre la muestra con la granulometría más cercana al óptimo, a fin de obtener los límites líquidos y plásticos del suelo y mejorar el comportamiento de este en función de su humedad.

##### 2.3.4.2.1. *Metodología en terreno*

Para determinar el contenido de humedad idónea en terreno para la construcción de adobes se debe mezclar la tierra seleccionada con agua, hasta formar un barro manejable.

Se toma un puñado del barro formado y con las manos se, se debe formar un rollo de barro hasta que este alcance los 2 cm de diámetro. Ante esto se pueden tener los siguientes resultados:

- Resultado 1: Si el rollo mide entre 5 y 15 cm, la tierra escogida es buena para hacer adobes.
- Resultado 2: Si el rollo se corta antes de los 5 cm, la tierra escogida posee mucha arena, en ese caso es recomendable añadir más tierra de chacra a la muestra y repetir el ensayo.
- Resultados 3: Si el rollo supera los 15 cm, la mezcla de tierra tiene mucha arcilla, por ende, es recomendable añadir tierra desde la orilla del rio y repetir el ensayo.

##### 2.3.4.2.2. *Metodología en laboratorio*

#### • **Límite Líquido**

- Se toma una muestra de suelo que sea representativa de la zona a analizar.
- Se agrega agua a la muestra de suelo hasta obtener una mezcla semi-líquida y homogénea.
- Se depositan alrededor de 60 [gr] de mezcla en la cápsula de la máquina de Casagrande y, cuidando que no se produzcan burbujas de aire, se nivela con la espátula.

- Con el acanalador se procede a realizar una división de la mezcla en el centro. Para el caso de las arcillas este procedimiento se realiza una vez, mientras que en suelos con mayor presencia de limos se puede repetir una, o dos veces más.
- Se gira la perilla a una frecuencia que oscile entre 1.9 y 2.1 golpes por segundo, hasta que el surco se cierre en al menos 13 [mm] de longitud.
- Se anota el número de golpes en caso de ser menor que 35. Si el número de golpes resulta ser mayor a 35 golpes, se debe ajustar la humedad de la muestra.
- Para cada ensayo finalizado, se toma una masa  $m = 5$  [gr] de suelo de la zona donde el surco se cierra, se pesa inmediatamente.
- El resto de suelo se devuelve con lo que quedó en el recipiente y se mezcla para secar la muestra, dejándola homogénea.
- Se toma una nueva porción, y se repiten todos los pasos anteriores cinco veces, consiguiendo que la ranura se cierre en un número de golpes entre 10 y 35.
- Para asegurar un mejor ajuste, tomar humedades en laboratorio dos veces para un número de golpes mayor a 25 y dos veces para un número menor, como mínimo.

- **Límite Plástico**

- Se toma una porción del material que queda del ensayo del límite líquido.
- Se arma una bolita de aproximadamente 1 [cm<sup>3</sup>] y se amasa sobre vidrio con la palma de la mano, hasta formar un bastoncito de 3 [mm] de diámetro.
- Si la bolita no se quiebra en fragmentos de 0.5 a 1 [cm] de largo, repetir el procedimiento; de lo contrario, pesar inmediatamente los fragmentos que componen el bastoncito.
- Realizar dos o tres veces más el procedimiento con más porciones de la muestra sobrante del ensayo del límite líquido. Promediar los resultados.

#### 2.3.4.3. *Ensayo de compresión de bloques de adobe*

Se realizan ensayos de compresión sobre muestras de adobes extraídos desde la localidad. Actualmente para la construcción de las nuevas viviendas se reutilizan bloques de viviendas antiguas y es una parte de estos bloques los que son trasladados a Santiago para ensayo con muestras representativas.

##### 2.3.4.3.1. *Metodología en terreno*

Para verificar en terreno que los bloques son capaces de resistir las fuerzas de compresión necesarias se deben posicionar tres adobes, apoyando uno sobre los otros dos, posteriormente se debe situar un peso igual o superior a 80 kg, el cual puede ser una persona u objeto de masa conocida. Un bloque apropiado para la construcción no se debe fisurar ni deformar durante el ensayo.

#### 2.3.4.3.2. Metodología en laboratorio

A falta de normativa nacional para medir la resistencia de materiales de tierra cruda, se realiza bajo las recomendaciones de la Norma E.080 - Diseño y construcción con tierra reforzada del Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento de Perú<sup>14</sup>.

##### ➤ Metodología

- Se construyen las probetas a ensayar. Estas deben ser cúbicas y tener dimensiones de 0,1 m de arista. Las probetas deben construirse reflejando las condiciones y calidad de los materiales y mano de obra que se tienen efectivamente en la construcción. En este aspecto, se debe tener especial consideración el contenido de humedad de las unidades utilizadas.
- Las probetas deben mantenerse en terreno por un plazo no inferior a 14 días, en condiciones similares al elemento que representan, hasta su despacho al laboratorio. Luego, el curado debe realizarse manteniéndolos descubiertos hasta el día del ensayo pasado 28 días.
- El día del ensayo, se debe limpiar la superficie de las placas de carga y las superficies del refrentado de las probetas.
- Posteriormente, se debe colocar el refrentado inferior sobre la placa de carga inferior y asentar la placa de carga superior en el refrentado superior.
- Las cargas se deben aplicar en forma continua, sin choques, a una velocidad uniforme.
- Se debe registrar la carga de agrietamiento en [N]. El ensayo se debe repetir 6 veces, la resistencia final obtenida será el promedio de los 4 mejores ensayos siempre y cuando estos superen la resistencia última de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup> según recomendaciones de la Norma Peruana.

## 2.4. Antecedentes de la propuesta

### 2.4.1. Marco legal

La elaboración del manual de conservación propuesto, se enmarca en la normativa nacional referente a construcción en tierra, albañilería y patrimonio, destacándose las siguientes ediciones normativas:

- NCh.3332.of2013 – Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del Proyecto Estructural
- NCh.165.of2009 – Áridos para morteros y hormigones – Tamizado y determinación de la granulometría
- NCh1571/1.of79 – Mecánica de suelos – Límites de consistencia – Parte 1: Determinación del límite líquido

- NCh1751/2.of79 – Mecánica de suelos – Límites de consistencia – Parte 2: Determinación del límite plástico
- NCh2123.of1997 – Modificada en 2003 – Albañilería confinada – Requisitos de diseño y cálculo
- Norma E.80of2017 – Diseño y Construcción con Tierra Reforzada – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú

#### 2.4.2. Versiones anteriores

Existen diversos manuales que han presidido y son fuente del presente manual de conservación de construcción en tierra, entre ellos se destaca el trabajo del Centro Tierra de la Universidad Católica del Perú y el trabajo realizado por Fundación Altiplano con las siguientes ediciones:

- Universidad Católica del Perú - Casas sismo resistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas.
- Fundación Altiplano - Manual Básico de Restauración y Conservación de Construcciones Patrimoniales de Terra y Piedra de Arica y Parinacota (1.<sup>a</sup> ed.).

### 3. CAPÍTULO III: RESULTADOS

---

El orden lógico de presentación de resultados sigue una metodología de caracterización de sistemas constructivos en tierra cruda propuesto Juan Carlos Rivera en su investigación “*El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales*”<sup>15</sup> (Torres, R., & Carlos, J., 2012).

Rivera propone caracterizar un sistema constructivo de tierra a través de los siguientes tres grandes ejes, los cuales siguen el mismo orden lógico de los resultados a continuación expuestos,

1. **Identificación de bien inmueble de interés cultural:** Se debe realizar una localización y datación de los bienes, destacando su ubicación, intervenciones e investigación documental existente, destacando el valor patrimonial que pueda residir en él.
2. **Definición del sistema constructivo:** Se deben definir los elementos estructurales básicos, materialidad y dimensionamientos. Además, se deben definir las patologías existentes en las construcciones.
3. **Caracterización del sistema constructivo:** Finalmente, se debe caracterizar el bien inmueble física y mecánicamente a través de ensayos que permitan conocer las condiciones de la estructura.

Finalmente, luego de la caracterización de bien inmueble, a partir de la información obtenida, se puede proponer una serie de buenas prácticas que permitan construir, restaurar y mantener dichas viviendas. El presente capítulo culmina con el proceso de elaboración del Manual de Conservación de viviendas de adobe para la comunidad de Livilcar.

#### 3.1. Identificación del bien inmueble de interés cultural

A partir de la investigación documental y bajo la clasificación de la UNESCO para bienes de interés patrimonial, ambos expuestos en el capítulo de Antecedentes, se describe el valor patrimonial de la comunidad de Livilcar.

##### 3.1.1. Valor cultural

El patrimonio o valor cultural, es todo aquello valioso que posee algún grado de intervención del hombre; son cosas tangibles, como construcciones, objetos o libros; o intangibles, como técnicas constructivas, leyendas, fiestas o recetas.

###### 3.1.1.1. Valor cultural tangible

- **Iglesia San Bartolomé de Livilcar:** Esta iglesia es considerada parte del conjunto de iglesias denominado “Las Iglesias del Altiplano” las cuales el Consejo de Monumentos Naturales ha reconocido patrimonio nacional según el Decreto N° 451 el año 2012. Además, la iglesia forma parte de la lista tentativa de Bienes Culturales a ser

postuladas a la Lista de Patrimonio Mundial de la Unesco definida en el año 1998, debido a sus valores culturales, históricos, arquitectónicos y artísticos. La construcción data de 1728, año en que fue terminada, por su inscripción en piedra en su fachada, posee una fina portada de piedra tallada, con columnas salomónicas con ornamentación vegetal y animal alusivas a especies que se podían encontrar en la zona. En los muros de la iglesia se conservan restos de la pintura mural original con motivos ornamentales de flores, frutas, aves y figuras geométricas, estos trazos fueron tapados parcialmente por intervenciones inadecuadas.

- **Retablo Iglesia San Bartolomé de Livilcar:** La iglesia posee un extraordinario retablo de Altar Mayor, original del siglo XVIII, de madera tallada, compuesto de dos cuerpos y tres calles, cinco hornacinas y un manifestador, todo bañado en pan de oro.
- **Casco antiguo de Livilcar:** Las primeras construcciones habitacionales se estiman para principios del siglo XVIII, luego de la conformación de Livilcar como asentamiento bajo el mandato de Francisco Toledo. Las edificaciones están completamente elaboradas de adobe, y hoy en día, aun en ruinas se logra apreciar el vestigio de los años sobre ellas.
- **Camino tropero:** Los caminos troperos son rutas pre-incas creadas por comunidades indígenas para el traslado y comercialización de productos desde el altiplano hacia la costa y viceversa a lo largo de prácticamente todo América Latina. Los mismos caminos, durante el período inca fueron denominados *Qhapaq Ñan*; posteriormente, bajo la colonia española se conocieron como *caminos reales* y fueron utilizados para el traslado y control de las comunidades indígenas. Desde el año 2014 el Camino del Inca fue nombrado Patrimonio Mundial por la UNESCO, la ruta atraviesa 6 países: Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Chile. En Arica se encuentran 4 tramos y el tercero de ellos es la ruta que conecta la desembocadura del río San José con la pre cordillera, en la zona que va desde Chapiquiña a Belén, está asociado a asentamientos prehispánicos, recursos hídricos y tierras agrícolas, pues a lo largo de su recorrido es posible encontrar los pueblos de San Miguel, Umagata y Livilcar. A lo largo del camino se encuentran aguas dulces, lo que permitió el cultivo de calabazas, ají, hojas de coca, etc.<sup>16</sup> (Choque, C. 2017).

### 3.1.1.2. Valor cultural intangible

- **Técnica constructiva:** En Livilcar podemos apreciar dos tipologías de construcción: Las antiguas construcciones y las más modernas. Las antiguas construcciones están ubicadas en el extremo este de la comunidad, en su casco histórico. Son viviendas principalmente de un ambiente y se destacan por su construcción con bloques de adobe de gran tamaño, aún es posible visualizar parte de estas edificaciones que datan del siglo XVIII lo que responde a una excelente técnica de construcción de adobes, sin embargo, la técnica constructiva del adobe se perdió debido a las diversas migraciones de la localidad y los habitantes han debido reinventar la receta.



Figura 3.1-6: Imagen satelital Livilcar.

- **Fiesta San Bartolomé de Livilcar:** Se celebra cada 23 y 24 de agosto y actualmente representa la mayor festividad de la comunidad, si bien ha tenido ligeros cambios durante los últimos años, la estructura de la fiesta ha permanecido casi inalterable.
- **Fiesta de la Virgen de las Peñas:** Es una de las festividades religiosas más importante y reconocida a nivel nacional, se conmemora el primer fin de semana de octubre y el día 8 de diciembre de cada año. La leyenda detalla lo siguiente:

*“En 1642 un arriero se encontró en las cercanías de Livilcar, localidad por donde bajaban los cargamentos de plata desde Potosí hacia el puerto de Arica, con una pastorcita que estaba siendo atacada por una serpiente. El arriero la quiso socorrer, pero un rayo cayó del cielo matando a la niña y al reptil. Entre sollozos, el arriero invocó a la Virgen, quien se apareció en una piedra de la montaña. El relato señala el origen de la peregrinación a la Virgen de las Peñas, una de las fiestas religiosas más importantes del norte de Chile. Esta romería, que se celebra el primer domingo de octubre, congrega a más de cincuenta mil peregrinos de Chile, Perú y Bolivia en una tradición que mezcla devoción religiosa, música, danza y espíritu de sacrificio. Los feligreses deben recorrer más de quince kms por un camino de piedras, riachuelos, cuestas y quebradas, hasta llegar al Santuario de la Virgen de las Peñas. Allí, al ritmo de bandas de bronce, bailan los morenos, canarios, gitanos, kullacas, entre otras expresiones folclóricas, quienes esperan horas para saludar a la Virgen que se encuentra tallada en una roca al interior del templo. Esta fiesta vincula la cosmovisión andina (especialmente la creencia en el poder de los cerros), la tradición católica, la historia colonial y el folclore religioso del norte de Chile”* <sup>17</sup> (Rojas, D., & Cabezón, I. P., 2012).

### 3.1.2. Valor natural

El patrimonio o valor natural, son todas aquellas riquezas que ha formado la naturaleza y no han sido intervenidas por la acción humana; ejemplos de esto son parques nacionales, flora milenaria, fauna y ríos o cuerpos de agua. Livilcar cuenta con una serie de atractivos naturales de alto valor, a continuación, se describen algunos de los más relevantes.

- **Río San José:** El Río San José, tiene una longitud total de 80.882 m y tiene un caudal medio anual de 1,1 m<sup>3</sup>/s. Surge de la unión de dos ríos, río Seco y río Tignamar. El río abastece a toda la comunidad del agua suficiente para sus regadíos y los permite desarrollar su principal actividad económica: la agricultura.
- **Flora:** La comunidad se ve enriquecida por una variedad de flora, particularmente en especies de cactus. Entre ellas se destaca: el cactus cojín, (*Opuntia berteri*), el que crece formando cojines densos y sueltos; los cardones (*Echinopsis atacamensis*), antiguamente muy explotados para la obtención de madera, para vigas de techos, puertas y ventanas; la puskaya o espina (*Opuntia echinacea*), que crece en forma de cojín y con abundantes ramificaciones; el chastudo o viejito (*Oreocereus leucotrichus*), un cactus columnar, de crecimiento arbustivo, con espinas amarillas, marrones o anaranjadas y pelos sedosos de color blanquecino; y por último, los cactus candelabros (*Browningia candelabrias*), los cuales se puede apreciar a lo largo de la cuesta de descenso hacia el pueblo, dado que crecen únicamente sobre los 2000 metros sobre el nivel del mar.

## 3.2. Definición del sistema constructivo

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cuanto al sistema constructivo de Livilcar, divididos en dos grandes ejes; el primero, una definición de la metodología constructiva existente, abordando la materialidad y arquitectura de viviendas tipo en la comunidad, el segundo, abordando las principales patologías observadas. Estos datos fueron recabados tras un trabajo en terreno realizado entre los días 3 y 5 de diciembre del 2021.

### 3.2.1. Definición de la metodología constructiva

#### 3.2.1.1. *Arquitectura*

Las tipologías de viviendas en localidades rurales responden principalmente al uso que se les da y esto dependerá directamente del oficio de sus ocupantes. Es así como, las viviendas de la localidad de Livilcar presentan una arquitectura definida la cual gira en torno a la principal actividad de la zona: la agricultura.

Las casas de localidades agricultoras se caracterizan por ser pequeñas, sus habitantes ocupan la mayor cantidad del tiempo afuera de esta, en las chacras, cultivando la tierra



desde muy temprano a muy altas horas de la noche, es por esto, que la vivienda queda relegada únicamente a un rol de refugio nocturno, su principal función es ser un espacio de descanso y abrigo, por ende, el foco se encuentra en las habitaciones por sobre los espacios comunes.

El rol de la vivienda como espacio de descanso se ha visto potenciado desde la despoblación de la localidad. Dada la falta de mantención, muchas viviendas han quedado inutilizadas, y los habitantes de Livilcar, que se trasladan a la comunidad en ocasiones especiales, han convertido los espacios comunes de las restantes en nuevas habitaciones, destinando el comedor central de la comunidad al único espacio de encuentro. Según datos levantados Livilcar cuenta con dos tipologías de viviendas predominantes.

La tipología de construcción que es más frecuente es aquella de tres ambientes, uno destinado al uso común y el compartir de los habitantes, y los dos restantes como habitaciones privadas. Actualmente los habitantes de Livilcar han evolucionado a ocupar la totalidad de la vivienda como espacio de descanso, destinando el comedor central de la comunidad para el convivir.

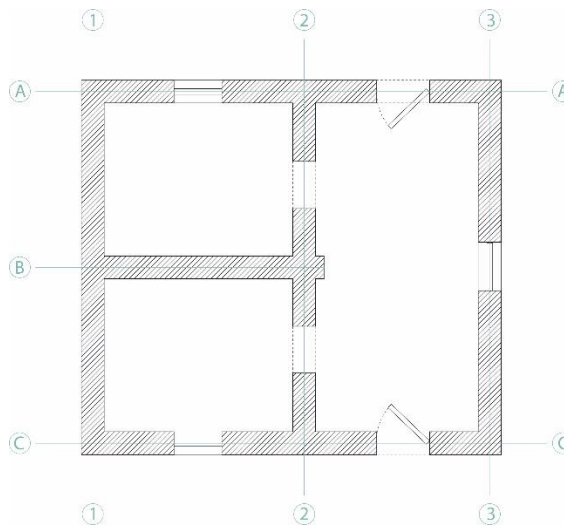


Figura 3.2-7: Elaboración propia. Plano de planta vivienda de tres ambientes.

La segunda tipología de construcción es una de dos ambientes, donde en principio, se contaba con una habitación privada y un espacio común de distención. Al igual que en el caso de las viviendas de 3 ambientes, el espacio ha mutado a ser ocupado completamente para el uso habitacional.

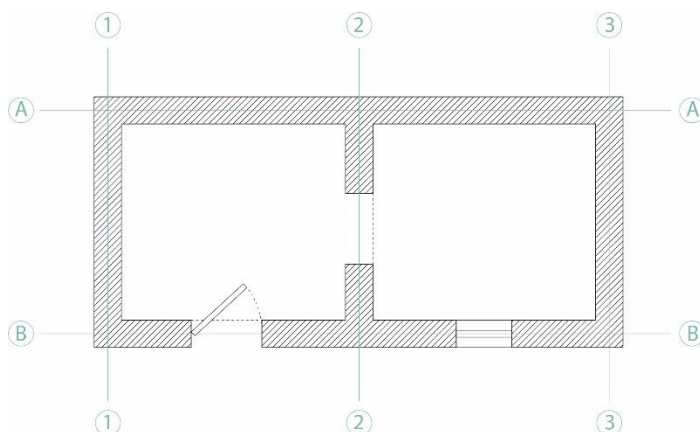


Figura 3.2-8. Elaboración propia. Plano de planta vivienda de dos ambientes.

### 3.2.1.2. *Materialidad*

La localidad de Livilcar se encuentra, casi exclusivamente construida a partir de muros de adobe, todas las viviendas, locales comunitarios, en incluso su iglesia que data del s XVIII están erguidas en base a este material.

El adobe es un bloque, moldeado en forma de ladrillo, compuesto por una mezcla de suelos de diferentes granulometrías, agua, paja y, en el caso de la comunidad de Livilcar, baba de tuna, la cual se elabora al dejar en remojo trozos de planta de tuna en agua por tres días. Las viviendas y edificaciones construidas a partir del adobe son del tipo albañilería y utilizan morteros barro para su unión.

Al interior de la localidad, se pueden distinguir dos focos principales de construcción: el casco histórico, con construcciones en ruinas que fueron utilizadas pre-emigración a las ciudades cercanas en el siglo pasado; y un sector de construcciones nuevas, que se han ido edificación en los últimos años por familias que quieren volver a la localidad.



Figura 3.2-9: Vivienda típica Livilcar.

Durante los constantes éxodos de la comunidad, la técnica constructiva de la producción de adobe se perdió, por ende, ambos focos de edificación presentan diferencias visibles en cuanto al tamaño de sus bloques de adobe, siendo los del sector nuevo mucho más pequeños que los presentes en el casco histórico. Esta razón, sumados a una mala receta de los morteros y a intervenciones inadecuadas ha llevado que el sector nuevo de la comunidad presente grandes daños pese a su corta vida útil.

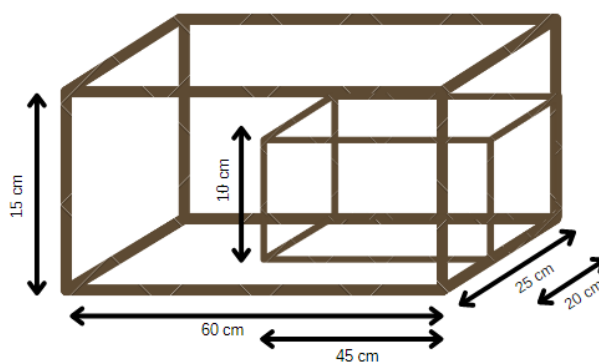


Figura 3.2-10: Elaboración propia. Comparativa disminución de volumen bloques antiguos versus modernos.

En concreto, los bloques de adobe antiguo presentan una dimensión de 25x15x60 cm, en cambio los bloques modernos 20x10x45 cm, lo que indica una pérdida del 60% de su volumen total, y un 60% del ancho de muros, debido a que, sumado a la variación de las dimensiones de los bloques, las construcciones modernas alteran el sentido de los bloques en los muros, ocupando la dimensión más larga del bloque paralela a la dirección del muro, disminuyendo su rigidez en el eje débil del muro.

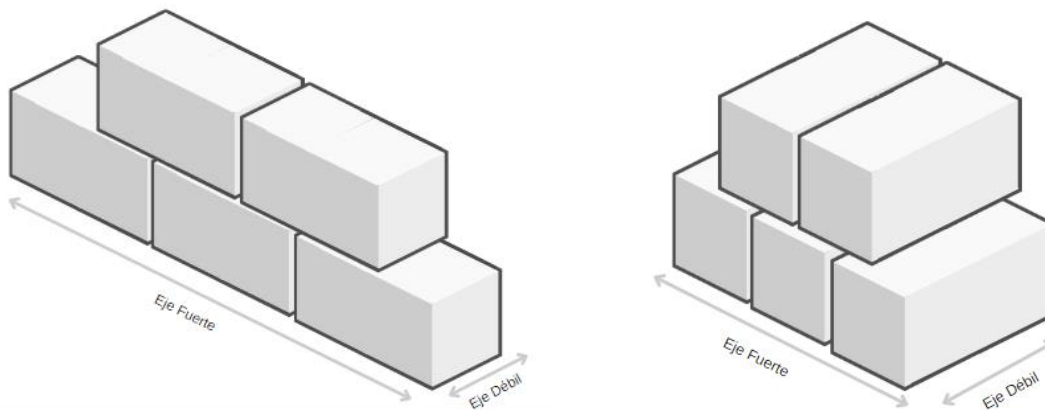


Figura 3.2-11: Elaboración propia. A la izquierda distribución de bloques de adobe en muros modernos. A la derecha distribución de bloques de adobe en muros antiguos.

En cuanto a las techumbres de las viviendas, Livilcar es una localidad que se ve constantemente afectada por las lluvias, esto se ve claramente reflejado en sus techumbres, las cuales, al igual que en el caso de los muros de adobe, en ellas se pueden identificar dos materiales de construcción característicos de dos épocas distintas.

El primer caso son techumbres construidas a base de un entramado de caña brava, barro, y paja, en estas, el techo se sostiene sobre un enrejado construido de cañas bravas, posteriormente llevan capas de barro y finalmente una capa de paja o *esteras de totora*<sup>1</sup> que impermeabilizan las viviendas. Aunque las viviendas que poseen esta técnica no son dominantes en la comunidad, si es posible verificar algunas que preservan la cultura.

Por otro lado, y debido a las constantes lluvias, algunas familias han decidido colocar techos de acero galvanizado sobre sus viviendas. Esto con el objetivo de poseer una mayor protección ante lluvias y vientos.

---

<sup>1</sup> Esteras de totora: Entramado o tejido de totora seca, una planta acuática que crece en las riberas de ríos y lagunas.



Figura 3.2-12: A la izquierda la vivienda C2-1 con techo de paja y barro. A la derecha la vivienda C3-5 modificada con techo de acero galvanizado.

### 3.2.2. Detección de patologías

Para cuantificar el nivel de daños, sus causas y finalmente el estado de conservación de la localidad de Livilcar, se realiza una inspección visual de los daños detectables y sus causas. La Iglesia San Bartolomé de Livilcar ha quedado excluida de este análisis por tratarse de un caso más complejo fuera del análisis de este manual.

Para simplificar el control de la información a levantar se propone la siguiente mostrada en la Figura 3.2-13, de esta manera se unifica la codificación de muros permitiendo trabajar fácilmente con los datos recogidos.

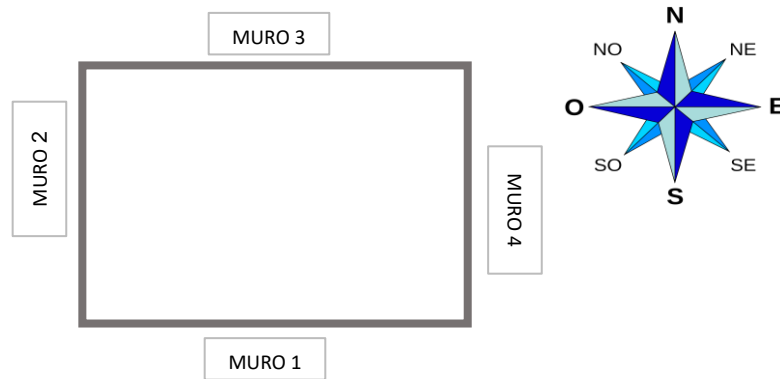


Figura 3.2-13: Elaboración propia. Codificación de muros para el levantamiento de información de daños, causas y estados de conservación en Livilcar.

#### 3.2.2.1. Levantamiento de los daños

Finalmente, se analizan un total de 33 viviendas, correspondiente únicamente a edificaciones del sector nuevo de la localidad. El casco histórico por otro lado cuenta con 31 viviendas, todas en ruinas, por lo que se determinan inmediatamente estado de emergencia por los muros colapsados.

En las 33 viviendas analizadas se contabilizan un total de 254 daños visibles. La distribución de estos daños se presenta en la Tabla 3.2-2; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde aproximadamente un 40% de los daños observados corresponden a daños moderados.

*Tabla 3.2-2: Distribución daños por categoría en la localidad de Livilcar.*

<b>Categorización del daño</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Daños de emergencia	13	5%
Daños graves	87	34%
Daños moderados	99	39%
Daños leves	55	22%

Si se visualizan en más detalle los datos se obtiene la distribución de los daños específicos que afectan a las viviendas. En este caso, se visualiza que el daño más común en la localidad corresponde a la erosión superficial de los revoques de muros, problema que se repite 65 veces en la localidad. A la erosión superficial de muros, lo siguen las fisuras en los mismos y la pérdida de atributo de valor, observados 43 y 39 veces, respectivamente. Las pérdidas de atributo de valor corresponden modificaciones en la estructura, sea por reparaciones o vandalismos, que disminuyen el valor patrimonial de la misma, y, por ende, a su vez de la localidad, ejemplos de estos, son muros con grafitis, rayados o intervenciones de materiales no adecuados como acero, hormigón o acero galvanizado.

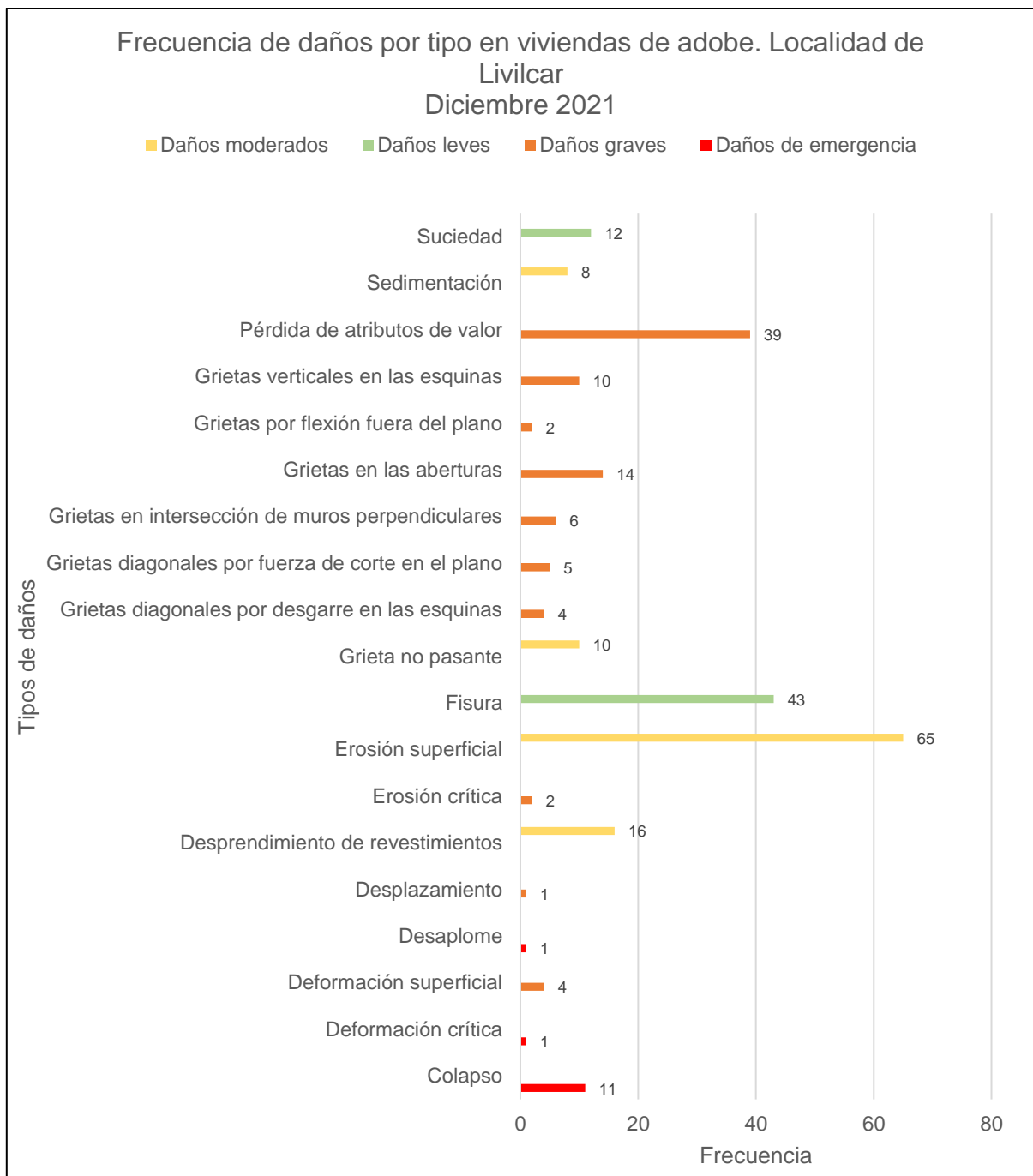


Figura 3.2-14: Elaboración propia. Distribución de daños por tipo en viviendas de adobe en la localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.

Por último, al analizar los daños observados en planta se obtiene la distribución mostrada en la Figura 3.2-15.

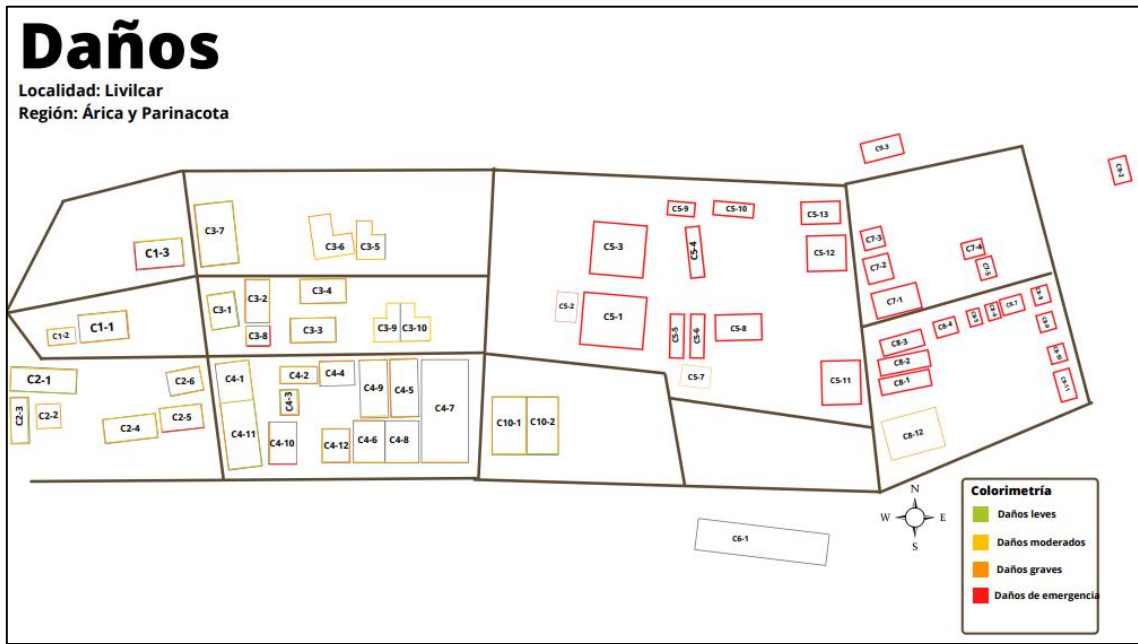


Figura 3.2-15: Distribución de los daños en plano de planta localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.

### 3.2.2.2. Levantamiento de las causas

Al revisar las causas aparentes de los daños levantados, se obtiene lo expuesto en la Figura 3.2-16; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** La nomenclatura y descripción de cada causa se encuentra en detalle en el Anexo A.

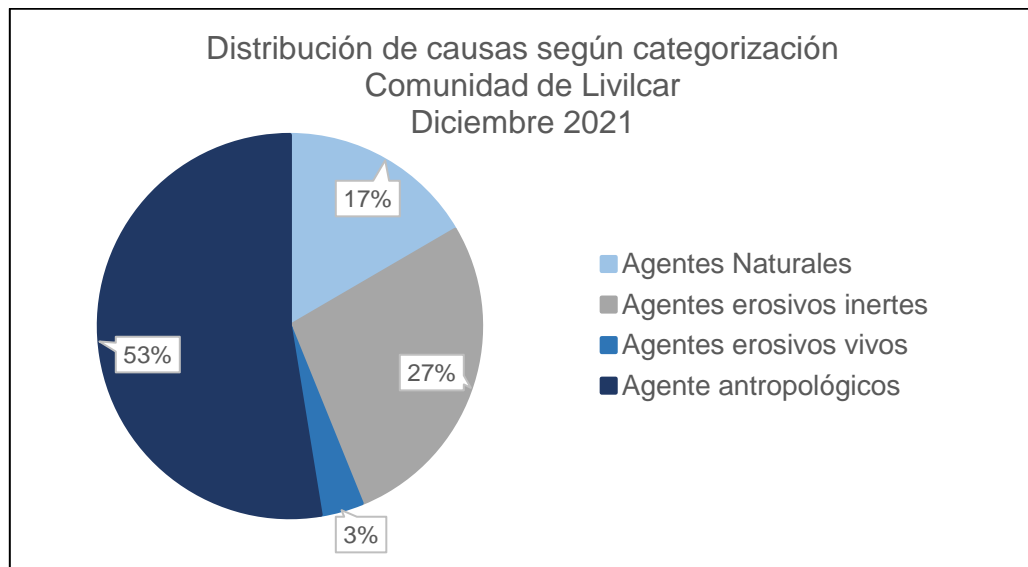


Figura 3.2-16: Elaboración propia. Distribución de causas por categorización en Livilcar. Datos diciembre 2021.



Así entonces, se obtiene que la principal causa origen de los daños presentados en las viviendas de la localidad corresponde a causas de origen antropogénicos, ejemplos de estas acciones son, fallas en el diseño de las viviendas, errores en el proceso de construcción, elección de materiales deficientes, intervenciones inadecuadas, falta de mantenimiento o simplemente vandalismo.



*Figura 3.2-17: Viviendas Livilcar con daños antropogénicos.*

Al analizar más en detalle la tipología de estas causas se desprende que la causa origen predominante de la mayoría de las viviendas de Livilcar es la presencia de humedad, como un agente erosivo inerte, seguida por las intervenciones inadecuadas causa de agente antropogénico.

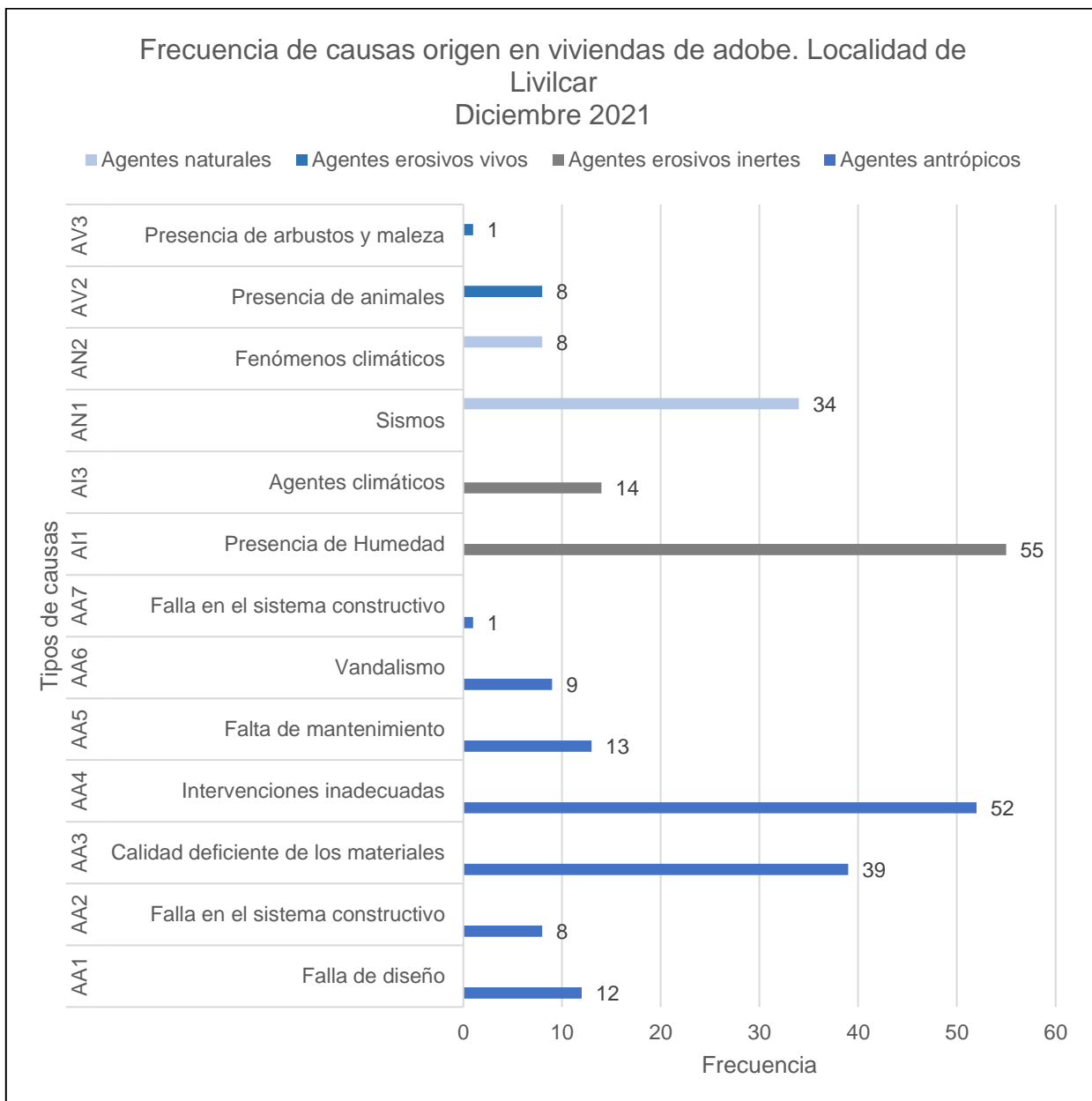


Figura 3.2-18: Elaboración propia. Distribución de causas origen en viviendas de adobe en la localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.

### 3.2.2.3. Levantamiento del estado de conservación

Luego de determinar los daños y las causas origen se puede establecer el estado de conservación definido por Fundación Altiplano para cada vivienda de la localidad.

Del total de 33 viviendas analizadas, se determinó que 25 de ellas se encuentran en un *estado de conservación malo*, con al menos un daño grave en alguno de sus elementos estructurales, y las 8 restantes, se encuentran en un *estado de conservación de*

emergencia, presentando al menos un daño de emergencia en sus elementos estructurales.

Finalmente, al plasmar el estado de conservación de cada vivienda analizada en planta, se obtiene la Figura 3.2-19.

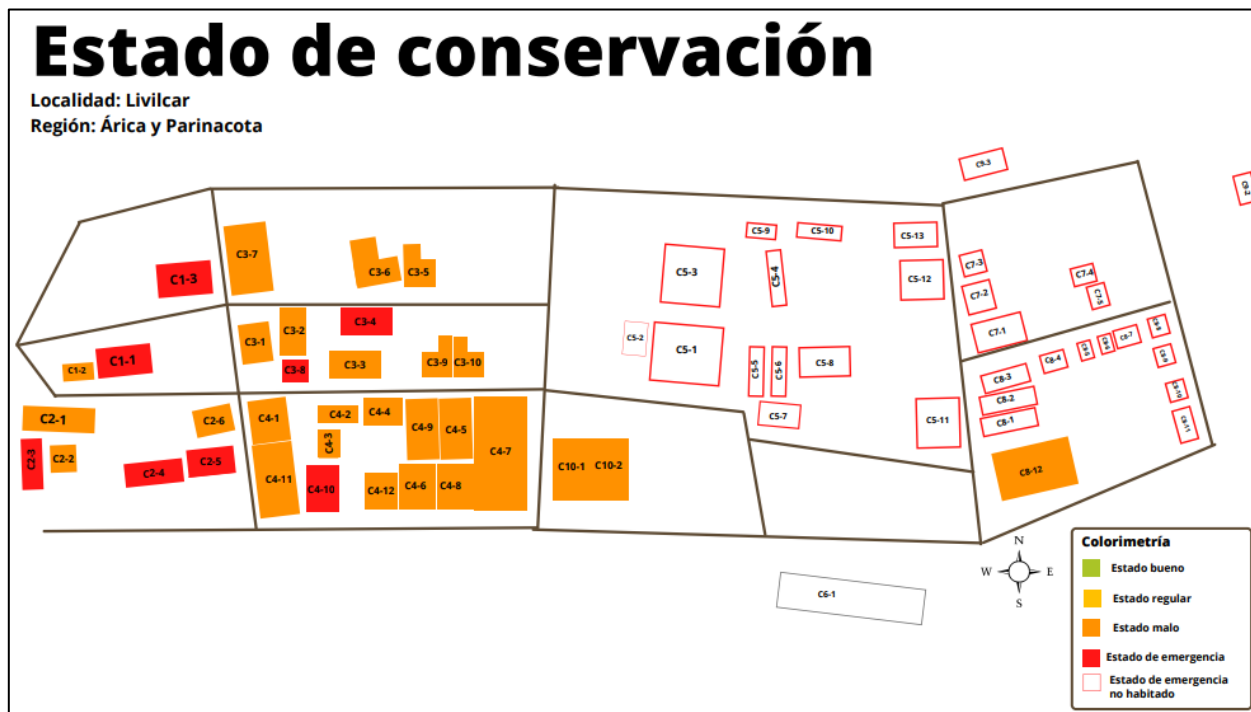


Figura 3.2-19: Distribución del estado de conservación de las viviendas en plano de planta localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.

### 3.3. Caracterización del sistema constructivo

Es de vital importancia comprender la técnica constructiva de la localidad antes de proponer soluciones a sus daños, esto ya que es común que la técnica varíe de comunidad en comunidad debido a que es traspasada por generaciones y no cuenta con una normativa que la restrinja. Es por ello que, a partir de muestras de suelo y bloques de adobe tomados desde la visita a terreno, se realizan una serie de ensayos a fin de determinar las propiedades actuales tanto de los bloques de adobe ya construidos como de la tierra que se ocupa para su fabricación. Además, durante el proceso de construcción de los bloques de adobe los constructores y maestros locales realizan una serie de ensayos en terreno a fin de certificar la calidad de los materiales y de los bloques construidos. Estos ensayos son replicados durante la visita a terreno y comparados con los obtenidos en laboratorio a fin de evaluar la sensibilidad de los mismos.

#### 3.3.1. Resultado ensayo de granulometrías

A continuación, se detallan los principales resultados de las granulometrías realizadas en terreno y en laboratorio para dos muestras de suelo: desde las chacras y desde la rivera del Río San José. En el Anexo B se logran verificar las tablas de resultados detalladas. Para partir, se exponen los resultados de las granulometrías desarrolladas en terreno a través de la Tabla 3.3-3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En ella se puede verificar la distribución porcentual de las alturas medidas a lo largo de la experiencia. Por otro lado, en las Tabla 3.3-4 y Tabla 3.3-5 se exponen los resultados de las granulometrías realizadas en laboratorio.

Tabla 3.3-3: Resultados granulometrías desarrolladas en terreno. Prueba de la botella.

Capa	Grano	Tierra Chacra	Rio San José
Capa 1	Arena	67%	80%
Capa 2	Limo	23%	11%
Capa 3	Arcilla	10%	9%

Tabla 3.3-4: Resultados granulometrías desarrolladas en laboratorio. Muestra rivera Río San José.

Tamiz	Diámetro (mm)	Pesos [g]	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Pasa
4	4.75	63.27	63.27	12.79%	87.21%
8	2.36	71.92	135.19	27.32%	72.68%
10	2	20.71	155.9	31.50%	68.50%
16	1.19	55.76	211.66	42.77%	57.23%
30	0.6	62.07	273.73	55.32%	44.68%
40	0.425	30.59	304.32	61.50%	38.50%
50	0.3	28.02	332.34	67.16%	32.84%
100	0.15	56.09	388.43	78.49%	21.51%
200	0.075	54.06	442.49	89.42%	10.58%
Lavado	0.001	52.36	494.85	100.00%	0.00%

Tabla 3.3-5: Resultados granulometrías desarrolladas en laboratorio. Muestra Tierra de Chacra

Tamiz	Diámetro (mm)	Pesos [g]	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Pasa
4	4.75	0	0	0.00%	100.00%
8	2.36	1.35	1.35	0.45%	99.55%
10	2	0.57	1.92	0.64%	99.36%
16	1.19	2.01	3.93	1.32%	98.68%
30	0.6	9.6	13.53	4.54%	95.46%
40	0.425	25.59	39.12	13.13%	86.87%
50	0.3	68.42	107.54	36.09%	63.91%
100	0.15	113.13	220.67	74.05%	25.95%
200	0.075	56.79	277.46	93.11%	6.89%

Tamiz	Diámetro (mm)	Pesos [g]	Peso acumulado [g]	% Retenido	% Pasa
Lavado	0.001	20.53	297.99	100.00%	0.00%

A partir de esto se puede comparar los resultados obtenidos de ambas experiencias a través de la distribución de los diferentes tipos de granos. A partir de estas distribuciones por tamaño de grano se obtiene el error asociado entre las experiencias, resultando en finalmente en un  $\pm 15\%$  de la distribución, lo cual es un valor bastante certero y permite concluir que la experiencia desarrollada en terreno, aunque no es exacta, se acerca lo suficiente a la realidad para ser considerada útil al momento de obtener la distribución granulométrica para la elaboración de adobes.

Tabla 3.3-6: Comparativa de resultados de las granulometrías desarrolladas en laboratorio y en terreno.

	Laboratorio		Terreno		Error	
	Chacra	Rio	Chacra	Rio	Chacra	Rio
<b>Gravas</b>	0%	13%	-	-	0%	0%
<b>Arena</b>	74%	66%	67%	80%	-7%	15%
<b>Limos</b>	19%	11%	23%	11%	4%	0%
<b>Arcilla</b>	7%	11%	10%	9%	3%	-2%
					15%	

### 3.3.2. Resultados ensayo límites de plasticidad

Los ensayos realizados a partir de las muestras de Tierra de Chacra de la comunidad se resumen a continuación en la Tabla 3.3-7. El detalle de lo obtenido en laboratorio es posible visualizarlo en el Anexo C.

Tabla 3.3-7: Resultados Límites de Atterberg. Muestra Tierra de Chacra Livilcar.

	Límite Líquido					Límite Plástico	
	56	42	4	3	24	54	84
N° Capsula	56	42	4	3	24	54	84
N° Golpes	16	22	19	24	26	-	-
Peso cápsula [g]	11.47	11.99	12.2	11.84	11.94	11.76	11.53
Peso suelo húmedo + cápsula [g]	30.13	27.69	26.62	29.39	27.48	14.62	14.26
Peso suelo húmedo [g]	18.66	15.7	14.42	17.55	15.54	2.86	2.73
Peso suelo seco + cápsula [g]	24.7	23.2	22.48	24.38	23.09	14.02	13.63
Peso suelo seco [g]	13.23	11.21	10.28	12.54	11.15	2.26	2.1
Peso agua [g]	5.43	4.49	4.14	5.01	4.39	0.6	0.63
Humedad [%]	41%	40%	40%	40%	39%	27%	30%

Para la obtención del límite líquido de la muestra se realiza una regresión lineal sobre las humedades obtenidas, con el fin de determinar el contenido de humedad óptimo para que la muestra se cierre en 25 golpes exactos.

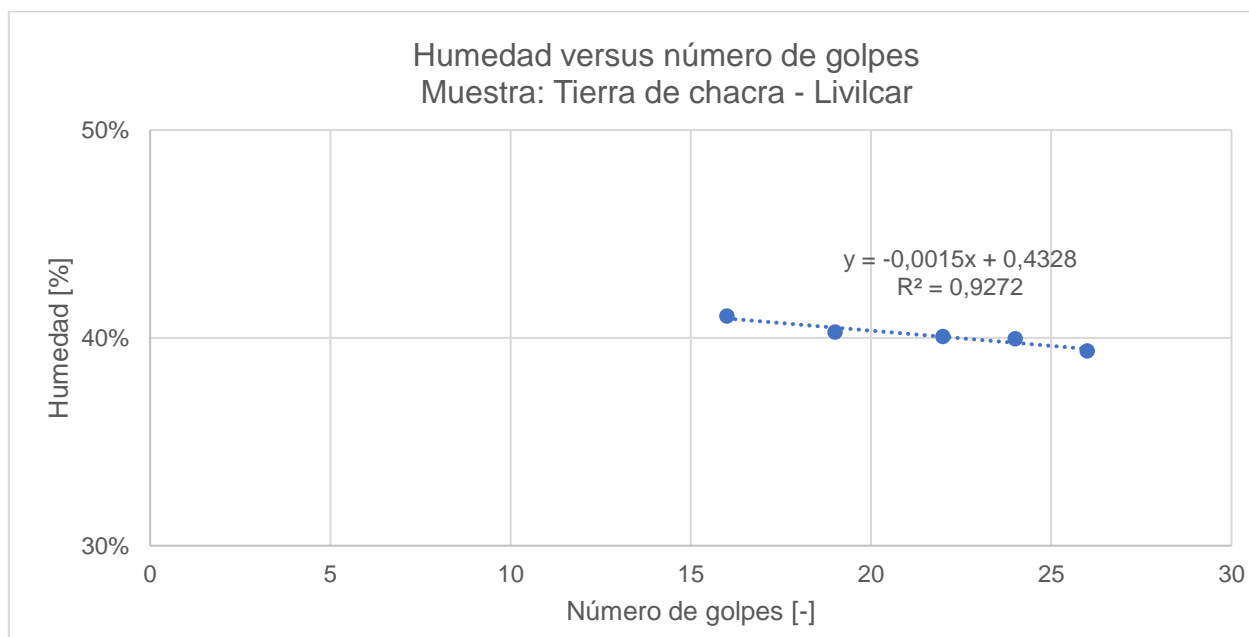


Figura 3.3-20: Regresión lineal de humedades en función del número de golpes. Ensayo Cuchara Casagrande. Muestra de Tierra de Chacra - Livilcar.

A partir de los resultados anteriores se calculan los límites líquido y plástico e índice de plasticidad a partir de la metodología expuesta, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 3.3-8: Límite líquido, Límite plástico e Índice de plasticidad. Muestra Tierra de Chacra - Livilcar.

Límite líquido	40%
Límite plástico	28%
Índice de plasticidad	11%

### 3.3.3. Resultados densidad

Se calcula en terreno la densidad de las muestras de tierra de chacra, a partir de un volumen conocido se obtiene la masa de tres muestras. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 3.3-9: Resultados densidad muestras de tierra de chacra. Livilcar.

Ensayo	Peso [kgf]	Volumen [Lt]	Densidad [kg/lit]	Densidad [kgf/m3]
Ensayo 1	0,507	0,420	1,208	1207,15
Ensayo 2	0,462	0,420	1,100	1100

Ensayo 3	0,505	0,420	1,201	1,202
Densidad promedio			1,170	1169,9

### 3.3.4. Resultado ensayo de compresión de bloques

Se realizan ensayos de compresión en probetas de adobe siguiendo la metodología descrita anteriormente. El resultado de estos ensayos es comparado, a falta de normativa nacional pertinente, con lo especificado en la Normativa Peruana E.080 - Diseño y construcción con tierra reforzada del Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento de Perú. Para esto se tallan probetas cúbicas de 10 cm de aristas y se ensayan en la máquina universal del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.



Figura 3.3-21: Probeta cúbica adobe Livilcar ensayada bajo compresión.

A continuación, se presenta los resultados de la curva tensión-deformación para las probetas ensayadas.

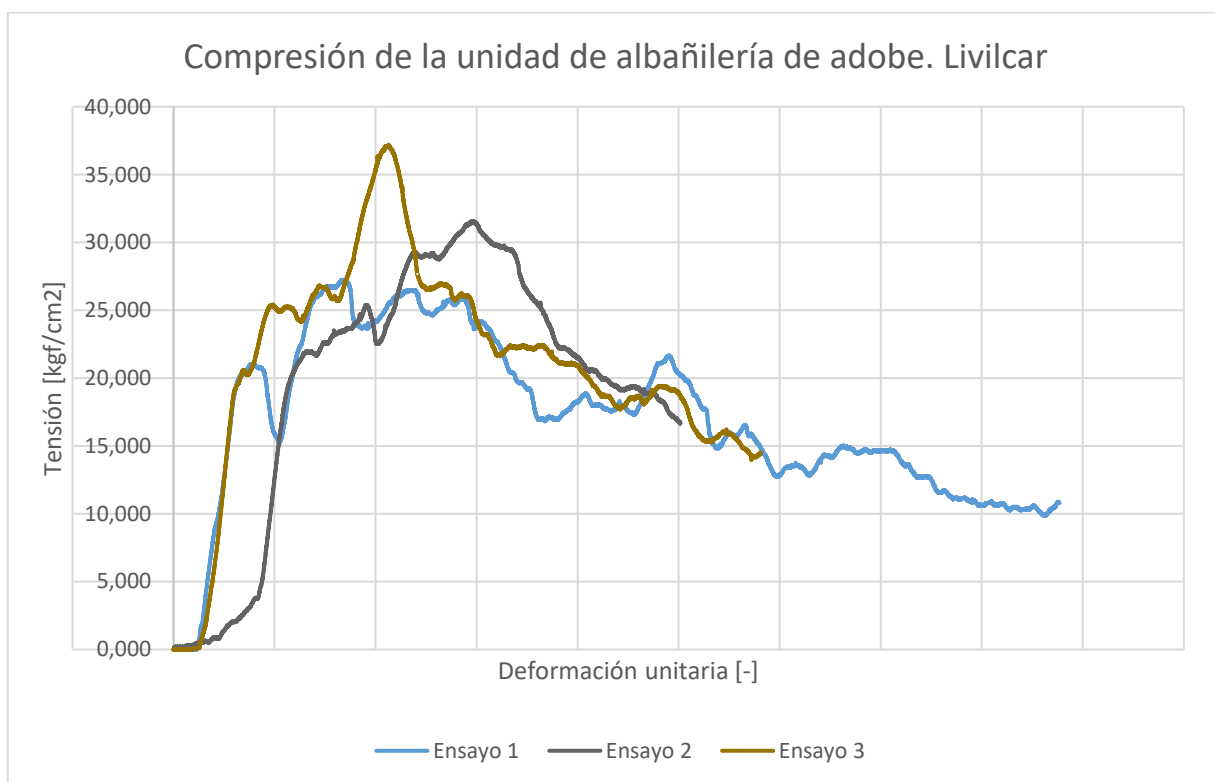


Figura 3.3-22: Curva tensión deformación de la compresión de la unidad de albañilería de adobe. Livilcar.

El criterio para detener cada ensayo fue una degradación de al menos un 50% de su resistencia debido al largo tiempo que llevo cada uno.

A partir de estos resultados se obtiene el parámetro  $f_p$  correspondiente a la resistencia a la compresión de la unidad.

Tabla 3.3-10: Resultados resistencia compresión a la unidad  $f_p$  para probetas recicladas. Livilcar.

Ensayo	Resistencia compresión a la unidad $f_p$ [kgf/cm2]
Ensayo 1	10.79
Ensayo 2	14.41
Ensayo 3	16.75

### 3.4. Análisis



### 3.4.1. Análisis de patologías

Al trabajar la base de datos levantada se pueden obtener correlaciones entre los daños observados y sus causas, y así, comprender con mayor profundidad si el origen es determinado por factores externos tales como la ubicación de las viviendas. Para lo anterior, el primer paso es determinar la distribución de causas en cada clasificación de daños.

En la Figura 3.4-23 se observa que los agentes antropogénicos causan la mayor cantidad de daños globalmente en la localidad de Livilcar, en especial generando daños graves o leves; seguidos por los agentes erosivos vivos, que causan principalmente daños moderados.

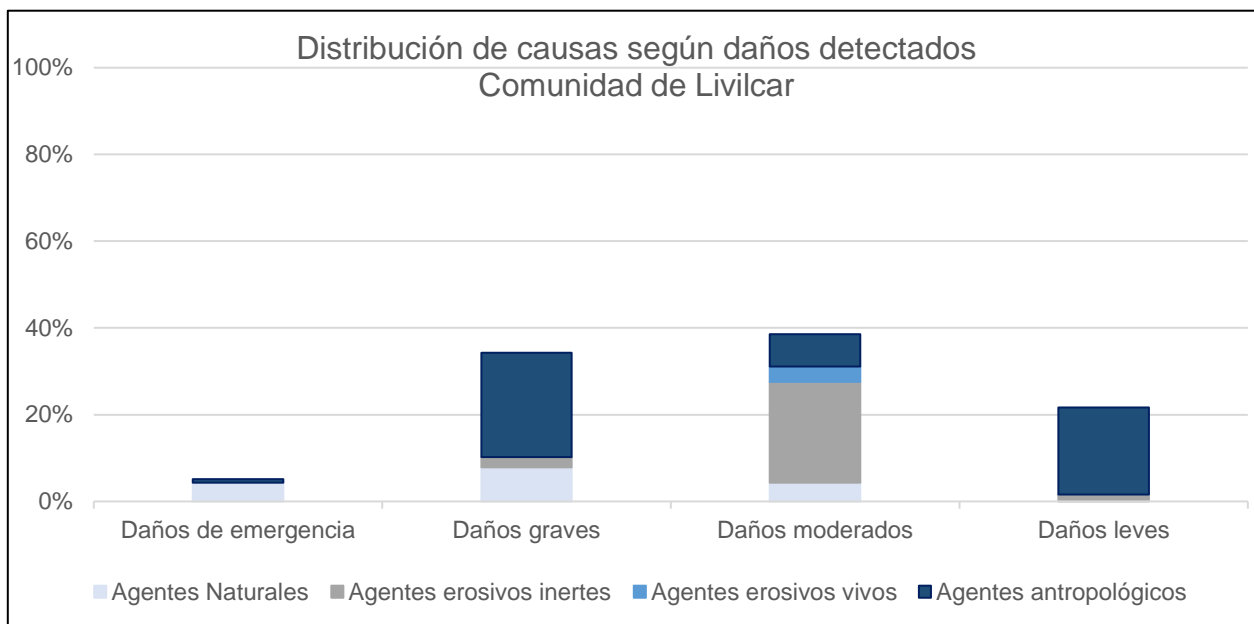
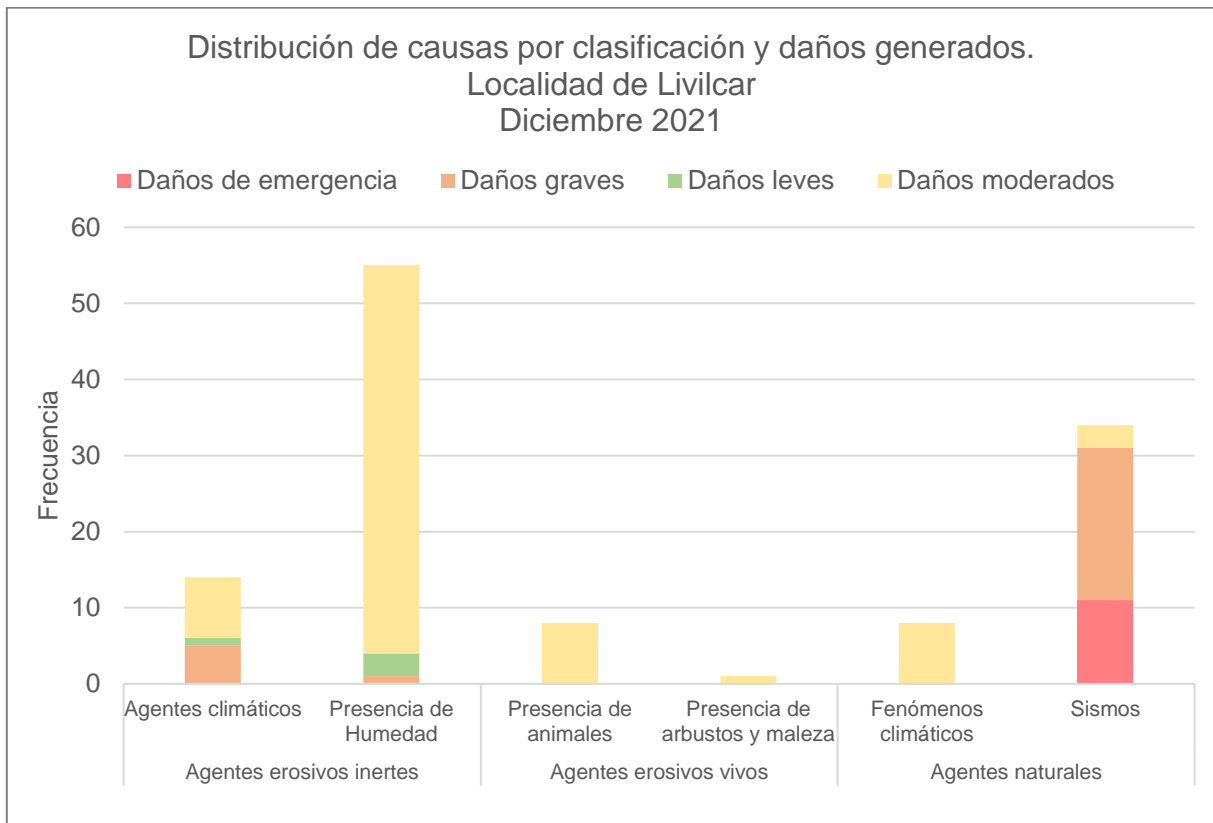


Figura 3.4-23: Distribución de causas origen según daños detectados en viviendas localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.

En cuanto a los agentes naturales, estos son los responsables de una parte menor de los daños graves y moderados y de la mayoría de daños de emergencia.

Para continuar, se excluyen del análisis las causas generadas por agentes antropogénicos, dado que los daños que causan resultan ser arbitrarios y no se pueden asociar a otros factores externos como la ubicación de las viviendas.

Por consiguiente, al analizar más en detalle la distribución de los agentes erosivos a través de la Figura 3.4-24 se obtiene que la *presencia de humedad* en las viviendas es el mayor agente erosivo inerte en la localidad y es el culpable de la mayoría de daños moderados.



*Figura 3.4-24:* Distribución de causas por clasificación y daños generados Localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.

Por consecuencia, esta causa será analizada en mayor detalle. En el se puede apreciar la distribución de daños causados por la presencia de humedad y la ocurrencia de sismos respectivamente

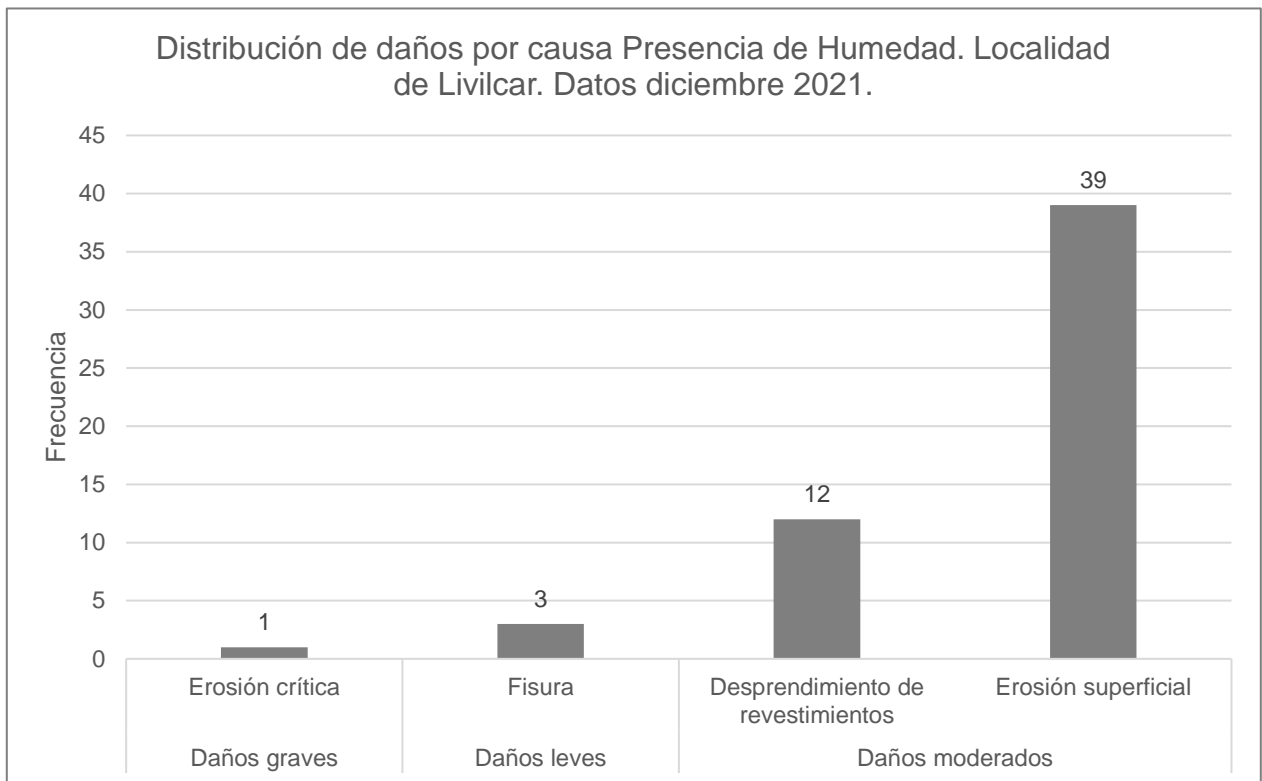


Figura 3.4-25: Distribución de daños por causa Presencia de Humedad. Localidad de Livilcar. Datos diciembre 2021.

Del se observa que la presencia de humedad es la causante principal de la erosión superficial en los muros de las viviendas. Para visualizar si estos resultados tienen alguna correlación con la ubicación de las viviendas se genera el siguiente plano en planta.

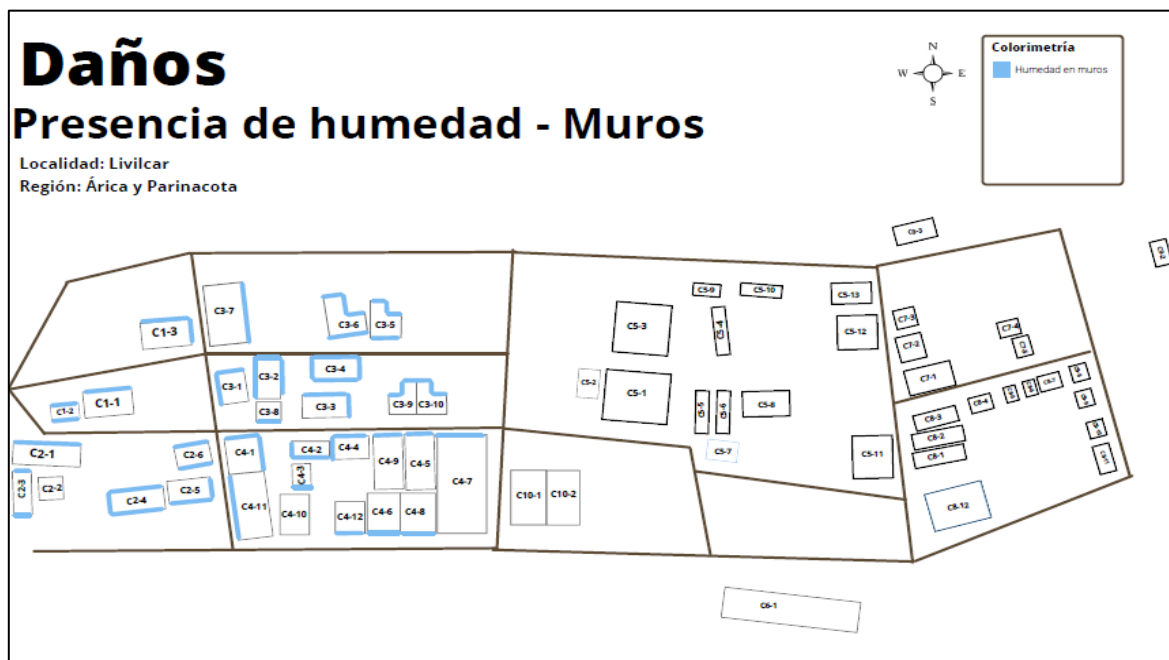


Figura 3.4-26: Distribución de daños por humedades en muros. Livilcar

Al analizar la Figura 3.4-26 se verifica que efectivamente la ubicación de las viviendas influye directamente con algunos daños, como lo es la presencia de humedad, donde los inmuebles de sector este de la localidad poseen una probabilidad mayor de tenerla. Esto se justifica por los periódicos deslizamientos de tierra y lluvia a través de las calles principales, las cuales poseen una pendiente que convierte a las viviendas en foco de acumulación de tierras y posterior padecimiento de humedades.

### 3.4.2. Análisis de propiedades físicas y mecánicas

En base a los resultados obtenidos de la calidad de los materiales y técnica constructiva, se toman ciertas consideraciones que enfocan y personalizan el manual especialmente hacia la localidad de Livilcar, y, por ende, deben volver a ser estudiados en caso de aplicar su uso en una localidad distinta a esta.

#### 3.4.2.1. Análisis granulométría bloques de adobe

Los resultados obtenidos de las granulometrías realizadas permiten concluir si la distribución granulométrica se encuentra en un estado óptimo para la construcción de bloques de adobe. Para esto se comparan los resultados obtenidos con una *curva idealizada*. Esta curva es tomada desde un estudio, realizado por César Guillén (et al), sobre la optimización del proceso de elaboración de bloques de tierra comprimida a partir del control de la granulometría de las muestras<sup>18</sup> (Guillén et al., 2021).

Este estudio determinó la granulometría óptima para potenciar las propiedades de los bloques de adobe en función de su resistencia y agrietamiento. Las conclusiones del

estudio muestran la siguiente curva de granulometría óptima. La curva presenta un rango de desviación aceptable dado lo difícil del proceso de control y estabilización granulométrica.

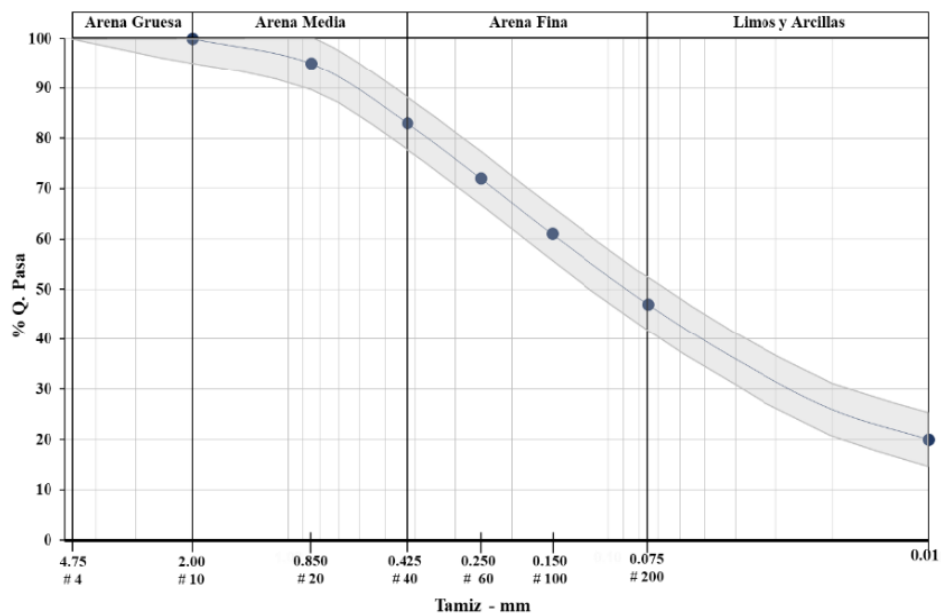


Figura 3.4-27: Extraído de Guillén, C. (2021). Distribución de granulometría óptima para la elaboración de bloques de adobe.

Con estos resultados como base, es posible comparar lo obtenido para las muestras de la localidad de Livilcar. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 3.4-28.

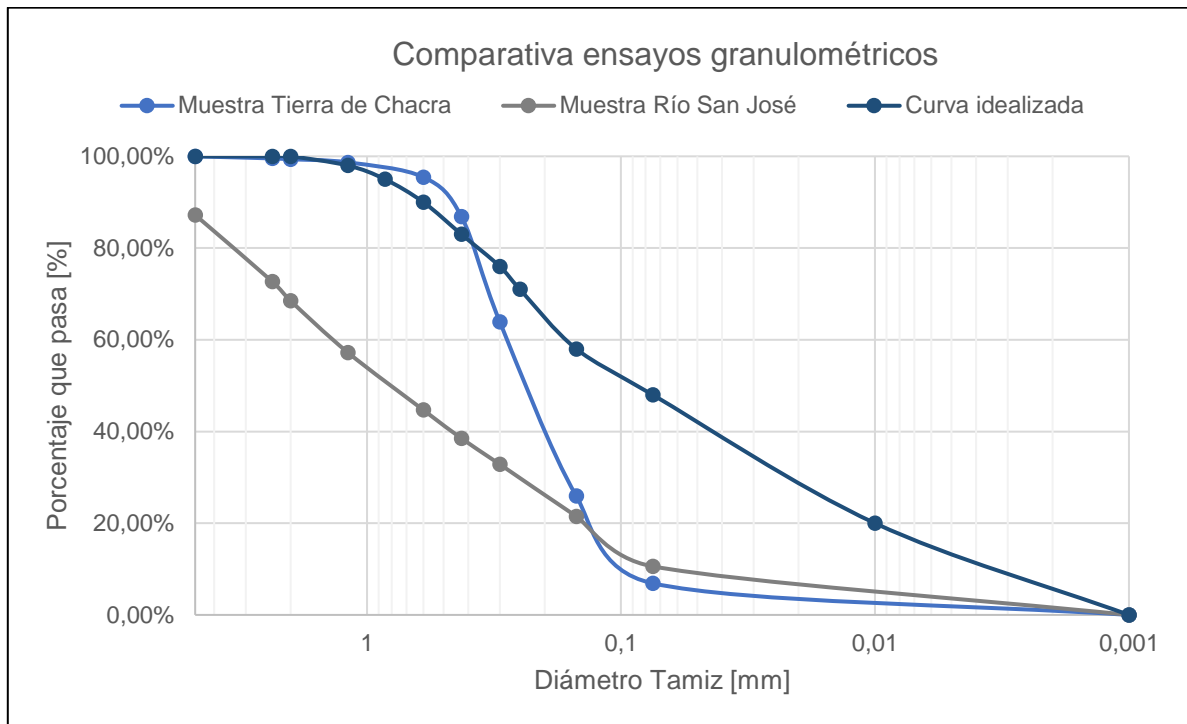


Figura 3.4-28: Elaboración propia. Comparativa ensayos granulométricos muestras Rivera Río San José, Tierra de Chacra y Curva Idealizada (Guillén, C).

Desde la Figura 3.4-28 y la Tabla 3.4-11 se concluye que, si bien ninguna curva se ajusta exactamente al óptimo buscado, de ambas muestras analizadas la extraída desde la tierra de chacra es la que presenta una menor dispersión de acuerdo a lo esperado. Además, mejorar la granulometría de esta muestra es más sencillo constructivamente, dado ambas muestras presentan un déficit de finos, pero la muestra obtenida desde la chacra si cumple con los gruesos requeridos, por ende, se puede controlar la distribución granulométrica únicamente tamizando el material para separar un porcentaje de arenas de la muestra y así mejorar la distribución granulométrica.

Tabla 3.4-11: Análisis de dispersión de granulometrías respecto a “curva idealizada”.

Tamiz	Diámetro [mm]	% Pasa Rio	% Pasa Chacra	% Pasa Ideal	Δ Chacra	Δ Rio
4	4.75	87%	100%	100%	0%	13%
8	2.36	73%	100%	100%	0%	27%
10	2	68%	99%	98%	-1%	30%
16	1.19	57%	99%	95%	-4%	38%
20	0.85	-	-	90%	-	-
30	0.6	45%	95%	83%	-12%	38%
40	0.425	39%	87%	76%	-11%	37%
50	0.3	33%	64%	71%	7%	38%
60	0.25	-	-	58%	-	-
100	0.15	22%	26%	48%	22%	26%
200	0.075	11%	7%	20%	13%	9%
Lavado	0.001	0%	0%	0%	20%	0%
					1.434%	34.127%

En conclusión, para mejorar la distribución granulométrica de la muestra seleccionada se debe tamizar el material, separando arenas de arcillas, a través de un tamiz de malla #200.

Para encontrar el porcentaje que se debe tamizar de muestra, se realiza el siguiente procedimiento matemático.

Se tiene una muestra inicial de 10 kg de áridos. A partir de la granulometría obtenida en laboratorio, se desprende que se poseen las siguientes masas por tipo de grano.

Tabla 3.4-12: Distribución granulométrica y masas iniciales para la determinación de extracción de masas.

Tipo de grano	% Distribución granulométrica	Masa de la muestra [kg]
Grava	0%	0
Arena	74%	7.41
Limo	19%	1.91
Arcilla	7%	0.69

Al separar el material sobre un tamiz construido de malla 200, sobre el tamiz quedarán retenidas únicamente las arenas ya que no existe presencia de gravas. Por ende, únicamente la masa de arenas cambiará. La masa de arenas extraída se denominará x. Con esto se tendrá una nueva distribución de masas de la muestra.

Tabla 3.4-13: Distribución granulométrica y masas post extracción para la determinación de extracción de masas.

Tipo de grano	% Distribución granulométrica	Masa de la muestra [kg]
Grava	0%	0
Arena	$\frac{7.41 - x}{10 - x}$	7.41-x
Limo	$\frac{1.91}{10 - x}$	1.91
Arcilla	$\frac{0.69}{10 - x}$	0.69

A continuación, se compara con los límites impuestos en el estudio de Guillén, obteniendo las siguientes restricciones,

Tabla 3.4-14: Límites mínimos y máximos de distribución granulométrica (Guillén, C 2021)

Tipo de grano	% DG Mínimo	% DG Medio	% DG Máximo
Grava	0%	0%	0%
Arena	47%	52%	57%
Limo	23%	28%	32%
Arcilla	15%	20%	25%

A partir de esto se iguala el porcentaje de distribución granulométrica buscado al máximo permitido por Guillén, de tal forma de minimizar el trabajo en terreno. Así se obtiene,

$$\frac{7.41 - x}{10 - x} = 0.57$$

$$7.41 - x = 0.57(10 - x)$$

$$7.41 - x = 5.7 - 0.57x$$

$$7.41 - 5.7 = x - 0.57x$$



$$1.71 = 0.43x$$

$$4 \text{ kg} = x$$

Es decir, de construir con tierra de chacra de la localidad de Livilcar, para una muestra de 10 kg, se deben extraer 4 kg de arenas a través de tamizaje para obtener una mejor distribución granulométrica, es decir, antes de procesar el material para la construcción de bloques de adobe se debe siempre extraer un 40% del mismo en arenas. A partir de esto se comprueba el resto de los componentes, obteniendo los resultados expuestos en la Tabla 3.4-15.

Tabla 3.4-15: Distribución granulométrica final y comparación de límites Guillén.

Tipo de grano	% DG Mínimo	% DG Obtenido	% DG Máximo
Grava	0%	0%	0%
Arena	47%	57%	57%
Limo	23%	32%	32%
Arcilla	15%	11%	25%

Si bien, el porcentaje de arcillas no alcanza el mínimo requerido, el porcentaje tanto de limos como de arenas si cumplen con lo estipulado, por ende, es una aproximación aceptable considerando que es un trabajo en terreno con alta limitación de materiales.

#### 3.4.2.2. Análisis límites de Atterberg en bloques de adobes

Según Barrios, en su investigación “Comportamiento de los suelos para la confección de adobes”<sup>19</sup> (Barros et al., 2012) se concluye que la humedad óptima de un suelo para la construcción de adobes determinado por su resistencia a la flexotracción y compresión se obtiene para mezclas que presenten una humedad igual al límite líquido más un tercio del índice de plasticidad.

Según lo analizado en las muestras obtenidas desde la *tierra de chacra* de la localidad, se obtiene que la humedad óptima será,

$$w_{\text{ópt}} = LL + \frac{1}{3} * IP$$

$$w_{\text{ópt}} = 40\% + \frac{1}{3} * 11\%$$

$$w_{\text{ópt}} = 40\% + 3,6\% = 43,6\%$$

De esta forma se deduce la cantidad de agua óptima a utilizar en el procedimiento de confección de barro de adobe.

La dosificación estándar para la fabricación de barro de adobe, extraída desde el *Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas*<sup>20</sup> (Blondet, M., & Vargas, J., 2015) de Blondet y Vargas (2015), es igual a 5 baldes de barro. El objetivo es determinar, a partir de la humedad óptima, la dosificación de suelo seco y agua de forma independiente para obtener el mismo volumen de barro.

Dado que la receta para la confección de barro se mide en volumen, es necesario obtener la razón de volúmenes de agua por cada medida de suelo seco para el adobe en función de esta humedad óptima. En primer lugar, se determina el volumen de suelo seco ( $V_{ss}$ ) para un litro de agua.

$$w_{opt} = \frac{M_{agua}}{M_{ss}} * 100\%$$

$$M_{ss} = \frac{M_{agua}}{w_{opt}} * 100\% = \frac{1 \text{ kg agua}}{43,6\%} * 100\% = 2,31 \text{ kg}$$

Luego, en función de la densidad del suelo seco obtenida en terreno, extraído desde la Tabla 3.3-9, se calcula el volumen de suelo seco para un litro de agua.

$$V_{ss} = \frac{M_{ss}}{d_{ss}} = \frac{2,31 \text{ kg}}{1,17 \text{ kg/lit}} = 1,97 \text{ lit}$$

Una vez determinadas el volumen y masa de suelo seco para la humedad óptima se obtiene la densidad del barro de acuerdo al cálculo de densidad de mezclas heterogéneas.

$$d_{barro} = \frac{(M_{ss} + M_{agua})}{(V_{ss} + V_{agua})}$$

$$d_{barro} = \frac{(2,04 \text{ kg} + 1 \text{ kg})}{(1,75 \text{ lit} + 1 \text{ lit})} = 1,11 \frac{\text{kg}}{\text{lit}}$$

El volumen esperado es de 5 baldes de barro, o sea, 50 litros. En función de la densidad de barro recién calculada se obtiene la masa total de barro por cada balde de 10 litros.

$$M_{balde barro} = V_{balde barro} * d_{barro} = 11,1 \text{ kg}$$

A partir de la masa de cada balde de barro se determina la masa de agua y de suelo seco necesarios a través del siguiente razonamiento,

$$M_{balde barro} = M_{agua} + M_{ss} \tag{1}$$

Además,

$$M_{ss} = \frac{M_{agua}}{w_{\acute{o}pt}} \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1) se obtiene la expresi3n que permite determinar la masa de suelo seco por cada balde de barro.

$$M_{balde\ barro} = M_{agua} + \frac{M_{agua}}{w_{\acute{o}pt}} = 11,1\ kg$$

$$M_{agua} + \frac{M_{agua}}{0,436} = 11,1\ kg$$

$$1,436 * M_{agua} = 11,1\ kg * 0,436$$

$$M_{agua} = 3,36\ kg$$

Y, por ende, la masa de suelo seco ser3

$$M_{ss} = M_{balde\ barro} - M_{agua} = 11,1\ kg - 3,36\ kg = 7,77\ kg$$

De esta forma se obtienen los vol3menes totales para 5 baldes de suelo seco y agua, los cuales se redondean en unidades enteras manteniendo las proporciones volum3tricas para facilitar el proceso constructivo y no perder la humedad 3ptima esperada.

$$V_{ss} = \frac{M_{ss}}{d_{ss}} = \frac{7,77\ kg * 5\ baldes}{1,17\ kg/lt} = 33,19\ lt \rightarrow 4\ baldes\ de\ suelo\ seco$$

$$V_{agua} = \frac{V_{agua}}{d_{agua}} = \frac{3,36\ kg * 5\ baldes}{1\ kg/lt} = 16,81\ lt \rightarrow 2\ baldes\ de\ agua$$

#### 3.4.2.3. An3lisis compresi3n bloques de adobe

Se verificar3n los resultados obtenidos frente a la normativa vigente. Dado que el ensayo fue realizado menos veces que lo determinado por la normativa peruana, se considera todos para la obtenci3n de resultados, sin eliminar el 20% de peores resultados.

De esta forma se obtiene,

$$fp = 13,978\ kgf/cm^2$$

El anterior resultado es mayor al m3nimo establecido por la normativa E.80 para unidades de adobe  $f_{pmin} = 10,2\ kgf/cm^2$ , y por ende cumple lo esperado.

### 3.5. Elaboraci3n del manual

### 3.5.1. Elección de técnicas de refuerzo sísmico

En la experiencia internacional existen diversas propuestas en cuanto a metodologías de refuerzo sísmico para estructuras de adobe, las técnicas a evaluar para desarrollar en el manual, debido a las limitantes de transporte, mano de obra y optimización de costos, son dos: refuerzo de muros de adobe con mallas de driza o refuerzo de muros de adobe con geomalla.

- Las drizas son las cuerdas utilizadas para izar banderas o velas. Este tipo de refuerzo consiste en un sistema de estas cuerdas, las cuales se van “tejiendo” a través del muro en forma vertical y horizontal, de tal forma de construir una red que unifique la respuesta de los muros de albañilería.
- Por otro lado, las geomallas son materiales geosintéticos, su geometría es similar a la de costillas conectadas, formando espacios cuadrados reducidos, son ocupadas principalmente en el mejoramiento de suelos. La técnica de refuerzo en adobe consiste en envolver los muros en todo su perímetro, permitiendo que estos actúen en conjunto ante sismos.

Los ejes de evaluación son los descritos a continuación,

- **Costos:** Se evalúa el costo de las soluciones propuestas, considerando todos los costos asociados a la adquisición de productos, construcción y mantención, otorgando una mayor valoración a aquellas técnicas de refuerzo que consideren una menor inversión
- **Transporte:** Se evalúa la factibilidad del método considerando las dificultades de acceso a la localidad, otorgando una mayor valoración a aquellas técnicas que posean una logística de menor complicación.
- **Mano de obra:** Se evalúa el grado de certificación necesaria para implementar los distintos métodos de refuerzo, otorgando una mayor valoración a aquellas técnicas que sean más fáciles de implementar por los vecinos y vecinas de la localidad.
- **Medio ambiente:** Se evalúa el impacto medio ambiental de las técnicas de refuerzo, considerando generación de escombros y años de vida útil, otorgando una mayor valoración a aquellas técnicas de que impacten en menor medida al ecosistema local.
- **Patrimonio y arquitectura:** Se evalúa el impacto de las técnicas de refuerzo en el patrimonio y arquitectura local, considerando impacto visual, compatibilidad de materiales y pérdida del valor, otorgando una mayor valoración a aquellas técnicas que impacten en menor medida el patrimonio y arquitectura local.
- **Desempeño sísmico:** Se evalúa el desempeño estructural de las técnicas de refuerzo sísmico en base a resultados obtenidos desde la bibliografía internacional, otorgando una mayor valoración a aquellas técnicas que presenten un mayor factor de seguridad.

Para evaluar ambas técnicas se realiza una matriz de priorización de acuerdo a los ejes ya descritos, para eso se consideran dos líneas de evaluación. La primera una evaluación técnica donde se atribuya puntaje de priorización los diversos ejes desde el punto de vista de la ingeniería civil.

La segunda línea corresponde a la evaluación social de la propia comunidad, dado que son los vecinos y vecinas de Livilcar quienes finalmente se verán beneficiados por el manual en desarrollo es pertinente solicitar su opinión en cuanto a qué ejes les parecen más primordiales al momento de escoger una técnica de construcción y/o refuerzo.

Finalmente, ambos porcentajes de priorización, técnico como social, se ponderarán en partes iguales y ante esto se someterá a evaluación ambas técnicas de refuerzo.

### 3.5.1.1. *Evaluación técnica*

Desde la ingeniería civil el objetivo de restaurar y/o construir una vivienda será prepararla para resistir las cargas a las que esta se pueda ver enfrentada, es por esto, que el porcentaje de priorización más alto es para el desempeño sísmico con un 40%.

Posterior a ello tanto Costos, como Transporte y Mano de obra se le otorga un 15% de valorización en partes iguales dado que son factores directamente relacionados con la viabilidad constructiva.

Finalmente, al ser factores indirectos de la vivienda Patrimonio y Arquitectura y Medio Ambiente son los con un menor porcentaje de priorización, posicionando Patrimonio y Arquitectura con un 10% por sobre Medio Ambiente debido al potencial valor patrimonial de la comunidad y sus viviendas.

Tabla 3.5-16: Resultados ejes de priorización evaluación técnica de la comunidad de Livilcar en orden descendente

Eje de evaluación	Porcentaje de priorización
Desempeño sísmico	40,00%
Costos	15,00%
Transporte	15,00%
Mano de obra	15,00%
Patrimonio y Arquitectura	10,00%
Medio ambiente	5,00%

### 3.5.1.2. *Evaluación social*

A través de una encuesta realizada en el transcurso de esta investigación, se consulta a la comunidad de Livilcar sobre su priorización en cuanto al construir y/o reforzar viviendas

de adobe. La muestra total es de 13 personas. A continuación, se muestran los resultados obtenidos. La encuesta completa se encuentra en el Anexo D.

Tabla 3.5-17: Resultados ejes de priorización evaluación social de la comunidad de Livilcar en orden descendente.

Eje de evaluación	Porcentaje de priorización
Mano de obra	19,78%
Transporte	18,32%
Costos	17,22%
Patrimonio y arquitectura	16,48%
Desempeño sísmico	14,29%
Medio ambiente	13,92%

### 3.5.1.3. Comparativa de técnicas

Ya con los porcentajes de priorización técnicos y social se obtiene la valoración para ambas técnicas, de acuerdo a la escala mostrada en la Tabla 3.5-18.

Tabla 3.5-18: Escala de evaluación para técnicas de refuerzo sísmico en viviendas de adobe.

Eje de evaluación	Puntaje	Descripción
Costos	1	Alto costo constructivo
	2	Costo medio
	3	Bajo costo constructivo
Transporte	1	Dificultad alta para traslado de materiales
	2	Dificultad media para traslado de materiales
	3	Facilidad para traslado de materiales
Facilidad constructiva	1	Mano de obra altamente calificada
	2	Mano de obra calificada
	3	Sin mano de obra calificada
Medio ambiente	1	Alta cantidad de escombros
	2	Cantidad media de escombros
	3	Sin escombros
Patrimonio y arquitectura	1	Altera altamente el valor patrimonial
	2	Altera levemente el valor patrimonial

Eje de evaluación	Puntaje	Descripción
	3	No altera el patrimonio
Desempeño sísmico	1	Bajo rendimiento sísmico
	2	Rendimiento sísmico medio
	3	Alto rendimiento sísmico

En la Tabla 3.5-19 se desarrolla la evaluación comparativa de ambas técnicas de refuerzo, las puntuaciones de Costos, Mano de obra y Desempeño sísmico han sido extraídos el informe *Earthquake-resistant Construction of adobe buildings: a tutorial*<sup>21</sup> (Blondet et.al, 2011).

Tabla 3.5-19: Evaluación comparativa técnicas de refuerzo sísmico para viviendas de adobe.

Eje	Técnica	Social	Total	Malla de Driza	Geomalla
Costos	15%	17%	16%	3	2
Transporte	15%	18%	17%	3	1
Mano de obra	15%	20%	17%	2	3
Medio ambiente	5%	14%	9%	1	1
Patrimonio y Arquitectura	10%	16%	13%	2	1
Resistencia sísmica	40%	14%	27%	3	3
Puntaje ponderado				2,50 puntos	2,05 puntos

Finalmente, la técnica de refuerzo con mallas de driza obtiene una puntuación mayor ante la geomalla, por ende, será la desarrollada en el manual de conservación a elaborar. Cabe destacar que el uso de cualquier otra técnica es en la práctica altamente complicado para la comunidad de Livilcar debido a su difícil acceso, lo cual no impide que se puedan evaluar técnicas distintas para otras localidades.

### 3.5.2. Producto final

Se desarrolla un Manual de Conservación de viviendas de adobe para la comunidad de Livilcar. El manual consta de tres grandes capítulos y sigue la lógica de trabajo de Fundación Altiplano,

- Valor: Se recoge todo el valor patrimonial de la comunidad de Livilcar, sus tradiciones, viviendas, tesoros naturales e historia. En este sentido se desarrolló una jornada Taller dirigida por Beatriz Yuste, arquitecta de Fundación Altiplano a fin de indagar en el patrimonio de la localidad de la boca de los mismos habitantes. La jornada se llevó a cabo el día 21 de abril de 2022.
- Daño: Se expone la clasificación de daño y estado de conservación de las viviendas de adobe desarrollada por Fundación Altiplano a fin de que los vecinos y vecinas de la localidad puedan autodiagnosticar sus viviendas y gestionar de manera óptima los refuerzos y reparaciones necesarias para un habitar seguro. En este mismo contexto se desarrolló una segunda jornada Taller, dirigida por Thomas Sturm, profesor de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, con el objetivo de conocer en profundidad las preocupaciones e inquietudes de la comunidad en cuanto al daño de sus viviendas.
- Propuesta: Finalmente se presenta una propuesta de auto-construcción, auto-restauración y mantenimiento preventivo de viviendas de adobe. Todas las técnicas han sido enfocadas especialmente para la comunidad de Livilcar,



considerando cubicaciones y dosificaciones desarrolladas en función de los ensayos de suelo de la localidad, abordado en el Capítulo III: Resultados de este informe, tales como distribución de los bloques de adobe, dosificación y mejoramiento de suelos y dosificación para la elaboración de barro de adobe.

El extenso de este documento se encuentra en el Anexo E.

#### 4. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

---

En relación a los objetivos planteados inicialmente, y en virtud de los resultados expuestos en el apartado anterior, se logra concluir que estos fueron completados en su totalidad, dando respuestas a cada uno de los objetivos específicos del trabajo y de paso completando el objetivo general como es la elaboración de un manual de conservación de adobes.

En cuanto al ámbito técnico se destaca lo siguiente,

- Luego de visitar en terreno se constata del estado de conservación de emergencia que posee la localidad de Livilcar debido a dos principales causas, la primera una despoblación de la localidad que conllevó un prolongado período de falta de mantenimiento en las viviendas; y la segunda, fallas constructivas recurrentes al no contar con un procedimiento establecido en la construcción con adobe.
- Existen diversos manuales previos en cuanto a la construcción, restauración y mantención de viviendas de adobe. Todos ellos son altamente valiosos y constituyen la base del presente trabajo, donde además de añadir y destacar el valor patrimonial de la localidad de Livilcar, se han modificado las recetas entregadas en post de una optimización de las propiedades mecánicas del material.
- Se han analizado dos posibles canteras de suelo para la elaboración de barros de adobe: La ribera del Río San José y la Tierra de Chacra. De ambas, y respaldando el conocimiento ancestral de los maestros de la localidad, la Tierra de Chacra ha sido quien se acerca a los estándares óptimos.
- Se debe realizar un mejoramiento de la Tierra de Chacra, tamizando y eliminando un cuarto de su volumen a fin de reducir el porcentaje de arenas y así alcanzar la granulometría óptima para la elaboración de barros de adobe.
- Se determina a través de los límites de plasticidad de la muestra de Tierra de Chacra que la humedad óptima para la elaboración de barros de adobe es de un 43,6% y que según las densidades del mismo suelo eso se ve traducido en 4 baldes de suelo seco y 2 baldes de agua para la elaboración de una tandeadada de bloques.
- Se ensaya la compresión de la unidad de albañilería de bloques de adobe reciclados en Livilcar, estos son constantemente utilizados en nuevas construcciones y por ende forman parte vital del proceso constructivo, se determina que poseen una resistencia a la compresión de la unidad igual a  $13,978 \text{ kgf/cm}^2$ , lo cual es mayor a  $10.2 \text{ kgf/cm}^2$  mínimo establecido por la normativa peruana.

Al finalizar la elaboración de este manual aún quedan muchos desafíos pendientes y deudas para con el patrimonio de construcciones de tierra en Chile. El adobe, y las construcciones que se edifican a partir de este método, han llevado por años la carga y estigma social que las posiciona como construcciones relegadas para la clase social baja

de nuestro país, ignorando el gran valor patrimonial que estas poseen, la cantidad de historia que circula a través de ellas y opacando las potenciales soluciones constructivas y ambientales que este material puede generar.

Esta connotación social ha derivado a que actualmente nuestro país presenta un gran vacío normativo en construcciones de tierra, especialmente adobe, muy por detrás de otros países de la misma región. Si bien se entiende esto como una forma de desincentivo, debido a su potencial peligro ante sismos, la solución no está en ignorar y pasar por alto, sino, en proponer soluciones.

Lo anterior, sumado a la burocracia actual que existe cuando se quiere construir en adobe, ha llevado a los vecinos y vecinas de Livilcar a perder el encanto por tan valiosa metodología constructiva. Hoy en día, ven como una enorme carga el construir y mantener su patrimonio, por sobre el privilegio y orgullo que debería ser.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

---

1. Keller, C. (1946). El Departamento de Arica. Censo Económico Nacional Vol. 1, Ministerio de Economía y Comercio, Santiago.
2. Chacama, J., Espinoza, G., Arévalo, P. (1992). Arquitectura religiosa de la sierra y puna de la primera región de Chile, Documento de Trabajo N°6, p. 521-522.
3. Martínez, X., Graña, F. (2002). Hijos de Livilcar: Registro de las memorias de un pueblo. Congreso Virtual de Arqueología y Antropología, 3er.
4. Hidalgo Lehuedé, J. (1986) Indian Society in Arica, Tarapaca and Atacama, 1750-1793 and its Response to the Rebellion of Tupac-Amaru. Tesis Doctoral, Universidad de Londres, Londres.
5. Hidalgo Jorge, N. Castro y S. González 2004 La Revisita de Codpa, Altos de Arica 1772-1773, efectuada por el Corregidor Demetrio Egan. Chungara 36:103-204.
6. Ruz, R.; Díaz, A.; Galdames, L. (2015) Gente de las Alturas Población Andina de la Pre cordillera y Altiplano de Arica. El Censo de 1866. Arica-Chile: Ediciones Universidad de Tarapacá.
7. Rojas, D., & Cabezón, I. P. (2012). Chile: travesías culturales. Fondo de Cultura Económica.
8. Choque, C. (2017). Caminos reales y troperos. Las redes viales coloniales y las comunidades andinas en los altos de Arica (siglos XVI al XVIII). Revista Chilena de Antropología 36: 412-429 doi: 10.5354/0719-1472.2017.47683
9. Guillén Guillén, C. A., Muciño Vélez, A., Guerrero Baca, L. F., & Cruz Farrera, F. J. (2021). Optimización del proceso de elaboración de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) mediante el control granulométrico de las partículas del Suelo. *Nova Scientia*, 13(27). <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2891>
10. Fundación Altiplano & Corporación Nacional de Desarrollo Indígena. (2012). Manual Básico de Restauración y Conservación de Construcciones Patrimoniales de Terra y Piedra de Arica y Parinacota (1.ª ed.).
11. Barbat, A., Oller, S., & Pujades, L. (2020). Conceptos de vulnerabilidad y ductilidad en el proyecto sismorresistente de edificios. Asociación Española de Ingeniería Estructural, 62–63.
12. D'Ayala, D. and Benzoni, G. (2012). Historic and traditional structures during the 2010 Chile Earthquake: Observations, codes, and conservation strategies. *Earthquake Spectra* 28, No. S1, S425-S451
13. Fajnzylber, E. (2012) Viviendas de adobe en Chile: Simulando el impacto de futuros terremotos.
14. Torres Gilles, C., & Jorquera Silva, N. (2018). Técnicas de refuerzo sísmico para la recuperación estructural del patrimonio arquitectónico chileno construido en adobe. *Informes de la Construcción*, 70(550), 252. <https://doi.org/10.3989/ic.16.128>

15. Blondet, M.; Villa García, G.; Brezev, S.; et al. (2011). Earthquake-Resistant Construction of Adobe Building: A Tutorial. Earthquake Engineering Research Institute. The World Housing Encyclopedia (WHE). U.S.A. [http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe\\_Tutorial.pdf](http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial.pdf)
16. Barrios, G., Álvarez, L., Arcos, H., & Marchant, E. (Eds.). (2012). *Comportamiento de los suelos para la confección de adobes: Vol. 37(377):43-49*. Informes de la construcción.
17. Blondet, M; Villa, G; Brzev, S; & Rubiños, Á. (2011). Earthquake-resistant Construction of adobe buildings: a tutorial.
18. Blondet, M., & Vargas, J. (2015). Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas.

## ANEXO A

Tabla A-20: Clasificación y descripción de causas origen de daños en estructuras de tierra cruda. Fuente: Fundación Altiplano

ID	Tipo de causa	Fenómeno	Descripción
AG 1	Agentes naturales	Sismos	Los sismos pueden provocar colapsos, desplomes, grietas, desprendimiento de revestimiento y fisuras por la deformación de muros y techumbres. En las construcciones patrimoniales de tierra y piedra es frecuente que los daños evidenciados por sismos sean consecuencia de problemas preexistentes como erosiones, intervenciones inadecuadas y fallas del diseño constructivo.
AG 2	Agentes naturales	Fenómenos climáticos	Los incendios, inundaciones o temporales de viento tienen un efecto perjudicial en las construcciones de tierra y piedra, con posible debilitamiento de la estructura, e incluso colapso de los elementos constructivos.
AI1	Agentes erosivos inertes	Presencia de humedad	La humedad afecta seriamente a las construcciones patrimoniales, en especial a las de tierra. Una excesiva humedad en la base de los muros puede ocasionar el debilitamiento estructural por la pérdida de cohesión de la tierra. La humedad que afecta a las bases de las construcciones de tierra proviene principalmente de la capilaridad del agua que asciende desde el subsuelo hasta los muros y puntualmente de otros accidentes como roturas o desbordamiento de canales. Los muros de tierra necesitan un intercambio permanente de humedad con el ambiente, algunos materiales como el cemento o las pinturas sintéticas no permiten este intercambio, y por lo tanto el daño causado por la humedad contenida en el muro será mayor.
AI2	Agentes erosivos inertes	Presencia de sales	Presencia de sales altamente perjudiciales que en reacción con la humedad se disuelven, y al cristalizar producen erosión y pérdida de propiedades físicas y químicas en elementos

			constructivos de tierra como los adobes, morteros y terminaciones de barro.
AI3	Agentes erosivos inertes	Agentes climáticos	Partículas transportadas por el viento y la lluvia que provocan erosión mecánica en los revestimientos de los muros y aceleran el envejecimiento de las techumbres de madera y cubiertas de paja. El material erosionado se transporta por el viento junto a las construcciones provocando sedimentación en la base de los muros.
AI4	Agentes erosivos vivos	Presencia de hongos y musgos	En zonas húmedas es frecuente la aparición de distintos tipos de hongos y musgos que crecen en la piedra, la madera y la tierra causando erosión y debilitando su resistencia.
AV1	Agentes erosivos vivos	Presencia de xilófagos	Es común la presencia de xilófagos (insectos que se alimentan de madera) en construcciones patrimoniales de madera. Su acción erosiva debilita la estructura del inmueble llegando incluso a provocar colapsos.
AV2	Agentes erosivos vivos	Presencia de animales	Se detectan erosiones producidas por la acción de aves, murciélagos y roedores, que llegan a cavar agujeros en los muros de tierra y piedra hasta debilitarlos y exponerlos a daños graves.
AV3	Agentes erosivos vivos	Presencia de arbustos y maleza	Es común por la presencia de humedad y la falta de mantenimiento, que crezcan arbustos y maleza cerca de la base de los muros, sus raíces pueden provocar erosiones graves en los elementos estructurales.
AA1	Agentes antrópicos	Falla de diseño	Son aquellos errores cometidos en el diseño de una construcción patrimonial de tierra o piedra por la falta de conocimiento de las limitaciones estructurales y de las recomendaciones de diseño arquitectónico. Los errores más recurrentes son: diseño de muros con esbeltez (relación altura-espesor) por debajo de los valores recomendados; apertura y disposición de aberturas en muros que debilitan la estructura general de la construcción; ausencia de refuerzos verticales en muros de longitud

			excesiva; conexión deficientes entre la estructura de techumbre y los muros; pendiente deficiente en la cubierta para una óptima evacuación de aguas lluvias, e inadecuado diseño del sistema de drenaje y de evacuación pluvial.
AA2	Agentes antrópicos	Falla en el sistema constructivo	Se producen por una deficiente calidad y profundidad de los cimientos; por la construcción sobre terrenos de relleno; por la incorrecta disposición de las hiladas de adobe; por la deficiente conexión entre los muros y la estructura de techumbre y por la irregularidad en el tamaño de los adobes y el espesor de los morteros.
AA3	Agentes antrópicos	Calidad deficiente de los materiales	Es importante verificar la calidad y el estado de conservación de los materiales a utilizar en la actuación patrimonial, ya sea tierra, piedra, madera o paja brava.
AA4	Agentes antrópicos	Intervenciones inadecuadas	Intervenciones que afectan a los atributos patrimoniales de la construcción mediante la introducción de materiales y sistemas constructivos ajenos al original. El efecto de este tipo de intervenciones afecta tanto al valor patrimonial como al comportamiento mecánico del inmueble. Las intervenciones más comunes son el refuerzo estructural con sistemas de pilares y vigas de hormigón, estucos ricos en cemento y estucos de yeso, pinturas sintéticas sobre pinturas murales, instalación de pavimentos cerámicos y reemplazo de las cubiertas tradicionales de paja brava por cubiertas de planchas metálicas de zinc-alum.





MT: 500 gr.  
495.65.



LAB. DE SÓLIDOS, MEDIOS PARTICULADOS  
Y SISTEMAS ESTRUCTURALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D421-58 y ASTM D422-63)

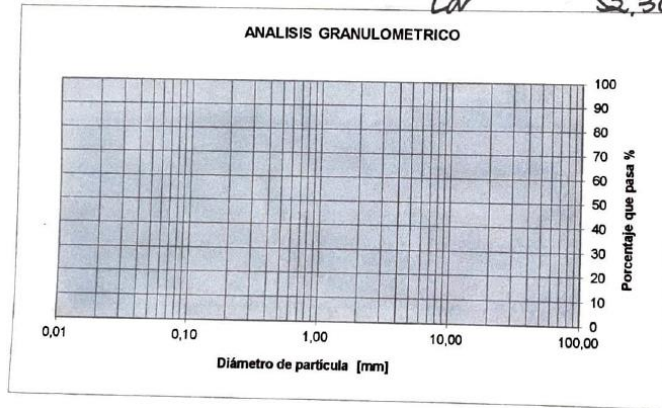
Muestra: Cnacra. Grupo: Camila Sepúlveda  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Nombre de: \_\_\_\_\_  
 Curso: Tercer Conservación Adobes Alumnos: \_\_\_\_\_

Material	Diámetro [mm]	Pesos [g]
SOBRE 3"	75,0	
SOBRE 3/8"	9,5	
BAJO 3/8"	9,5	
TOTAL		

Diámetro Característico	Valor [mm]
D <sub>10</sub>	
D <sub>30</sub>	
D <sub>60</sub>	

Coefficiente	Valor
C <sub>u</sub>	
C <sub>c</sub>	

Tamiz N°	Diámetro [mm]	Pesos [g]	% Retenido	% que Pasa
2 1/2"	63,0			
2"	50,0			
1 1/2"	37,5			
1"	25,0			
3/4"	19,0			
1/2"	12,5			
3/8"	9,5			
4	4,75	63.27		
8	2,36	71.92		
10	2,00	70.71		
16 200	0,600	55.76		
30 200	0,425	62.07		
40 200	0,300	70.59		
60 200	0,150	28.02		
100 200	0,075	56.9		
200 Lavado		52.30		



OBSERVACIONES:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

MT: 300.03 gr



LAB. DE SÓLIDOS, MEDIOS PARTICULADOS Y SISTEMAS ESTRUCTURALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D421-58 y ASTM D422-63)

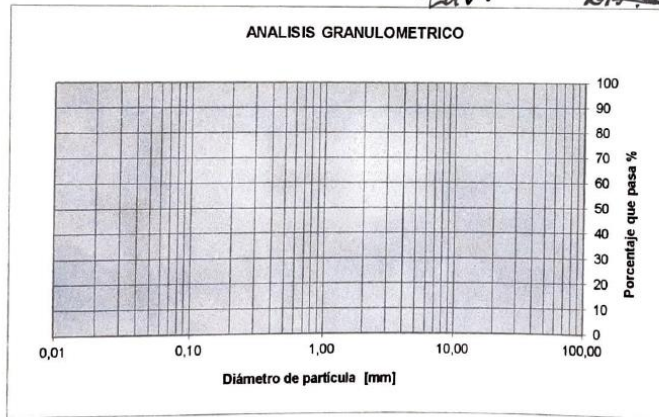
Muestra : Pio I Grupo : Camila Sepúlveda  
 Fecha : \_\_\_\_\_ Nombre de alumnos : \_\_\_\_\_  
 Curso : Tercer conser. adobes.

Material	Diámetro [mm]	Pesos [g]
SOBRE 3"	75,0	
SOBRE 3/8"	9,5	
BAJO 3/8"	9,5	
TOTAL		

Diámetro Característico	Valor [mm]
D <sub>10</sub>	
D <sub>30</sub>	
D <sub>60</sub>	

Coficiente	Valor
C <sub>u</sub>	
C <sub>c</sub>	

Tamiz Nº	Diámetro [mm]	Pesos [g]	% Retenido	% que Pasa
2 1/2"	63,0			
2"	50,0			
1 1/2"	37,5			
1"	25,0			
3/4"	19,0			
1/2"	12,5			
3/8"	9,5			
4	4,75	0		
8	2,36	1.35		
10	2,00	0.57		
14 <del>10</del>	0,600	2.01		
20 <del>10</del>	0,425	9.6		
40 <del>10</del>	0,300	25.59		
50 <del>100</del>	0,150	68.42		
100 <del>200</del>	0,075	113.13		
200 Lavado		56.79		
200 Lavado		20.53		



OBSERVACIONES :

---



---



---



---



---



---

Recip 1: 94.45 (C)  
 Recip 2: 138.72 (G)

## ANEXO C

---



**INDICE DE PLASTICIDAD** (ASTM D423-66 y ASTM D424-59)

Muestra : Tierra Chacra - Livilcar

Fecha : 1-06-2022

Curso : memoria - Adobel

Grupo : \_\_\_\_\_

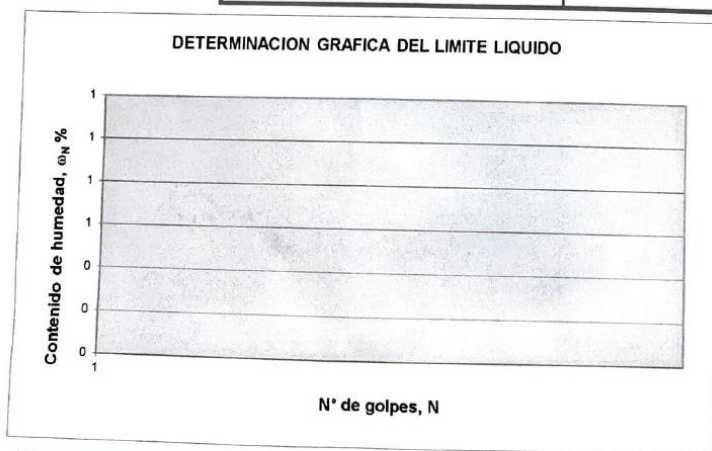
Nombre de

alumnos: Cauila Sepilveda

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Puntos	150	25	54	13	24
N° de Cápsula	56	43	4	3	24
N° de golpes, N	16	22	19	24	26
Peso suelo húmedo + Cápsula [g]	30.13	27.69	26.62	29.39	27.48
Peso suelo seco + Cápsula [g]	24.20	23.20	22.48	24.38	23.00
Peso Cápsula [g]	11.47	11.99	12.2	11.84	11.94
Peso suelo seco [g]					
Peso agua [g]					
Contenido de humedad, $\omega$ %					
Limite Liquido, L.L. %					

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO		
N° de Puntos	1	2
N° de Cápsula	54	84
Peso suelo húmedo + Cápsula [g]	14.62	14.26
Peso suelo seco + Cápsula [g]	14.02	13.63
Peso Cápsula [g]	11.76	11.50
Peso suelo seco [g]+D40		
Peso agua [g]		
Contenido de humedad, $\omega$ %		
Limite Plástico, L.P. %		

Suelo bajo Tamiz N° 40  
Diametro 0,425 mm  
(D40)



N° golpes N	Log (N)	$\omega_N$ %

TABLA RESUMEN	
Limite Liquido, L.L.	
Limite Plástico, L.P.	
Indice de Plasticidad, I.P.	

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_



## Prioridades en cuanto al construir en adobe

En el marco de la tesis "Elaboración de un manual de conservación de viviendas de adobe para la Comunidad de Livilcar" de la alumna Camila Sepúlveda, estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, se desea conocer la percepción de los vecinos y vecinas de la localidad a la hora de construir una vivienda de adobe.

En el siguiente formulario se le solicitará su opinión en diferentes factores que influyen en la construcción de una vivienda de adobe.

Las respuestas de esta encuesta son completamente anónimas y únicamente serán utilizadas para fines académicos en el desarrollo de la tesis mencionada.

\*Obligatorio

1. ¿Cuál es su rango etario? \*

Marca solo un óvalo.

- 18-25 años
- 25-40 años
- 40-60 años
- 60 año o más

2. ¿Cuál es su sexo? \*

Marca solo un óvalo.

- Femenino
- Masculino
- Prefiero no responder

3. ¿Con qué frecuencia visita Livilcar? \*

Marca solo un óvalo.

- Resido permanentemente en Livilcar
- Cada fin de semana
- Una vez al mes
- Esporádicamente cada 2 ó 3 meses
- Esporádicamente cada 4 a 6 meses
- Una vez al año
- Nunca

4. ¿Cuál es el principal motivo de ir a Livilcar?

Marca solo un óvalo.

- El cuidado de los cultivos
- Religiosos
- Familiares
- Otro: \_\_\_\_\_

Factores  
prioritarios

Cuando se construye una vivienda existen una serie de factores externos que afectan al proceso constructivo, el objetivo de esta encuesta es determinar cuales son los más relevantes para la comunidad a fin de proponer soluciones que satisfagan sus necesidades.

5. Favor clasifique los siguientes factores en una escala del 1 al 6. Donde 1 es el menos importante y 6 es el más importante \* a la hora de construir una vivienda en Livilcar.

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	6
<b>Costos</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Traslado de materiales</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Facilidad constructiva</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Medio ambiente</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Patrimonio y arquitectura</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Resistencia sísmica</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Existe algún otro factor que usted considere importante y que no fue mencionado en la pregunta anterior ¿Cuál y por qué?

---



---



---



---



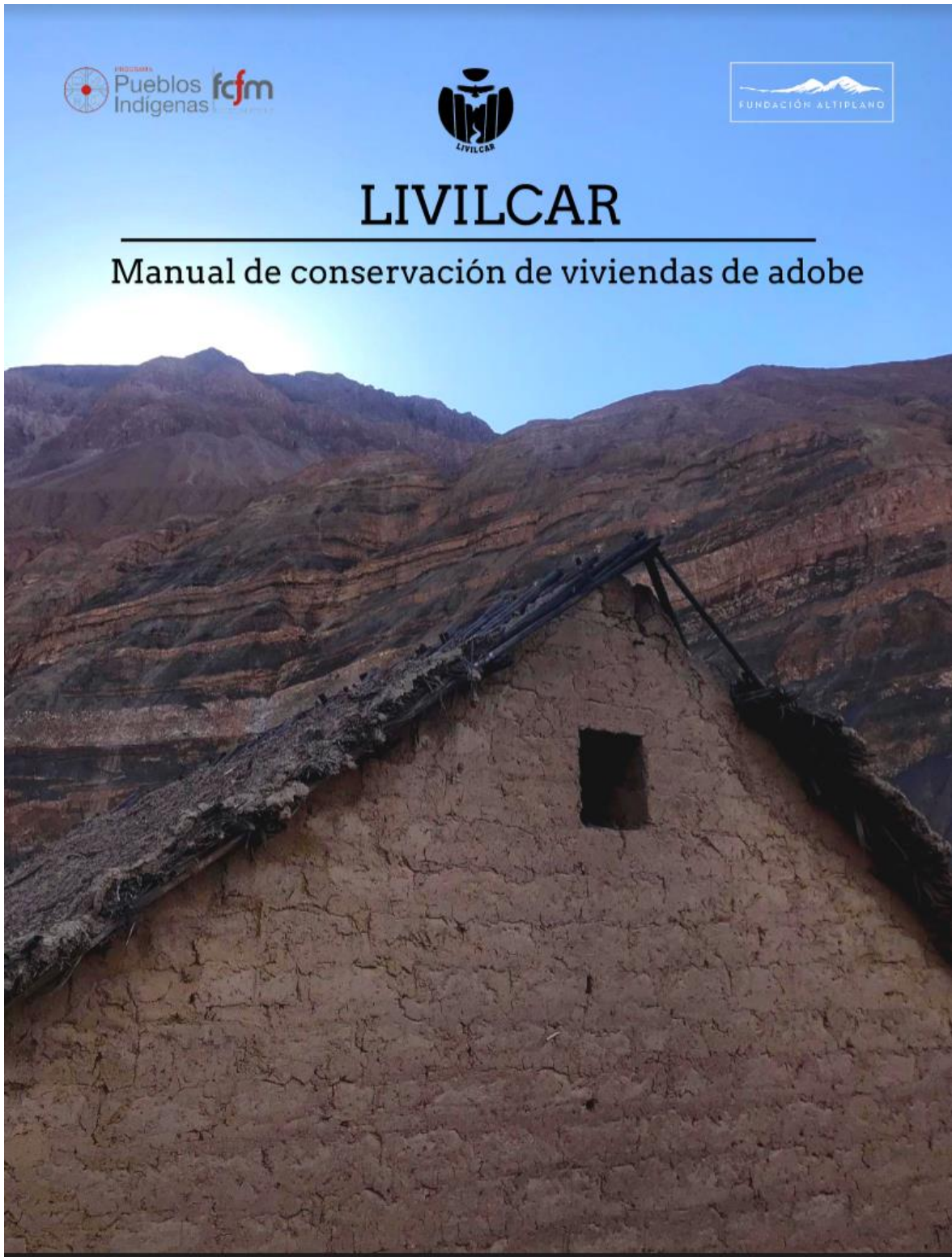
---

Sección sin título

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios







## **MANUAL DE CONSERVACIÓN DE VIVIENDAS DE ADOBE DE LA COMUNIDAD DE LIVILCAR.**

2022

TRABAJO REALIZADO CON EL FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA PUEBLOS INDÍGENAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE.

### **TEXTOS**

CAMILA SEPÚLVEDA BRAVO

### **ILUSTRACIÓN**

JULIA BUSTAMANTE

### **FOTOGRAFÍA**

CAMILA SEPÚLVEDA BRAVO

FUNDACIÓN ALTIPLANO







*Se me vino a la mente todos los recuerdos que tenemos de nuestros abuelos, nuestros ancestros, que nos contaban las riquezas de construir con lo que está a tu alrededor y lo que realmente simbolizaba [...] Genera bastante comunidad el construir el adobe, no es una construcción personal, el hecho de construirlo hacia una comunidad, sobre todo en Livilcar, te da este sentido de vivir la experiencia acompañado de un otro, de compartir, de disfrutar, de apreciar el proceso del adobe. El estar con los pies embarrados todo fue una muy linda experiencia.*

*Y pensar que algunos descendientes podemos quizás optar y poder construir una idea de eso, y seguir con la idea del pueblo, la verdad que la mayor riqueza es eso: estar en comunidad, ensuciándonos, riendonos, pasándola bien, y recordando lo que nos enseñaron nuestros ancestros y abuelos.*

*La comunidad va a estar viva siempre cuando uno reviva estas creencias y estos pequeños rituales.*

**Marina García Parra**  
**Miembro de la comunidad de Livilcar**



# CONTENIDOS

<b>Introducción</b> .....	2	Ficha 1: Asentamientos de muros .....	62
<b>Valor Patrimonial</b> .....	4	Ficha 2: Asentamientos de pisos .....	63
Valor Natural .....	5	Ficha 3: Grietas menores a 2 cm de espesor ....	65
Valor Cultural .....	6	Ficha 4: Grietas mayores a 2 cm de espesor ....	66
<b>Daños, causas y estados de conservación ..</b>	10	Ficha 5: Grietas diagonales .....	67
Daños .....	11	Ficha 6: Grietas en intersección de muros .....	68
Causas .....	16	Ficha 7: Grietas en la mitad de muros .....	69
Estados de conservación .....	17	Ficha 8: Grietas horizontales bajas .....	70
<b>Propuesta</b> .....	20	Ficha 9: Grietas en apoyos de vigas .....	71
Fabricación de adobes .....	21	Ficha 10: Colapso parcial de muros .....	72
Autoconstrucción de viviendas .....	31	Ficha 11: Grietas horizontales en tímpanos altos ..	73
Paso 1: Elección de la vivienda .....	34	Ficha 12: Desaplome de muros .....	74
Paso 2: Construcción de cimientos .....	35	Ficha 13: Humedad en parte baja de muros .....	75
Paso 3: Construcción de sobrecimientos .....	39	Ficha 14: Reparación de revoques .....	76
Paso 4: Construcción de muros .....	41	Ficha 15: Revoques con material incompatible .....	77
Paso 5: Construcción del techo .....	42	Ficha 16: Curvatura en vigas de madera .....	79
Paso 6: Terminaciones .....	43	Ficha 17: Colapso parcial del techo .....	80
Viviendas sismo-resistentes .....	45	Ficha 18: Descuadre de puertas o ventanas .....	81
Conservación de viviendas .....	57	<b>Conclusión</b> .....	84
Auto restauración de viviendas .....	59	<b>Bibliografía</b> .....	86
		<b>Anexos</b> .....	88







# INTRODUCCIÓN

La palabra *patrimonio* surge desde el latín *patrimonium*, que significa '**bienes heredados de los padres**'. El patrimonio, en todas sus variantes, es un regalo, un bien que nos heredan nuestros padres, madres, abuelos y abuelas.

Son recetas, son caminos, son fiestas, iglesias y casas. Regalos que tardaron generaciones en formarse y perfeccionarse, y que hoy, es nuestra responsabilidad mantener y preservar.

El riesgo de la pérdida de ese conocimiento ancestral es alto, ya sea por el abismo de la modernidad, la emigración a lugares con mayores comodidades o simplemente el paso del tiempo. El patrimonio necesita de un acuerdo para su cuidado, y dicho acuerdo no se alcanza mientras no exista el conocimiento para valorar su significado. Esto es un desafío pendiente.

Con el apoyo de Fundación Altiplano en conjunto con la Universidad de Chile, se desarrolla el presente Manual de conservación de viviendas de adobe para la comunidad de Livilcar, el cual busca recopilar, documentar y conservar técnicas de construcción en tierra para las nuevas generaciones que buscan resguardar su historia.

Este manual, realizado especialmente para la

comunidad de Livilcar, se ampara en la metodología de trabajo "**Valor-Daño- Propuesta**" creada por Fundación Altiplano. La metodología inicia recogiendo el valor patrimonial de la comunidad, sus tradiciones y métodos constructivos, para luego evaluar los daños y finalmente entregar una propuesta consciente que rectifique los daños sin alterar el valor.

A continuación se presentan técnicas para la construcción de nuevas viviendas de adobe, recomendaciones para su mantenimiento preventivo y fichas de trabajos de auto-restauración. Todas estas técnicas recogen el trabajo multidisciplinario de la misma comunidad en conjunto con ingenieros y arquitectos, el cual se basó en la transferencia mutua del conocimiento técnico y ancestral, obteniendo como resultado el manual que hoy se presenta.

Este manual pretende ser una guía para la comunidad, una herramienta la cual permita a los habitantes de Livilcar construir nuevos hogares responsables y seguros para con ellos mismos, como también, cuidar y reparar aquellos que ya existen, porque a través de esto se cuida el regalo de sus abuelos, se cuida y preservar el patrimonio.



CAMPANA DE UNA DE LAS FAMILIAS  
ORIGINARIAS DE LIVILCAR EN  
CAMPANARIO DE LA IGLESIA SAN  
BARTOLOMÉ DE LIVILCAR, CON DATA DE  
ELABORACIÓN DE 1770.

## CAPÍTULO I

# VALOR PATRIMONIAL

El valor de algo, no reside en el objeto mismo. El valor de una persona, por ejemplo, no se encuentra en su cuerpo, por el contrario, se encuentra en su personalidad, en sus valores y en sus acciones. Se encuentra en lo que esa persona es capaz de aportar al mundo.

Así mismo, el valor de una comunidad se encuentra en su gente, en sus tradiciones, en sus ríos y en sus cerros. Se encuentra en la forma en que el sol se pone al atardecer y en las técnicas

constructivas que han pasado generación en generación, por más de 400 años, sin desaparecer. El valor de una comunidad guarda aquello que la hace único e irremplazable.

En las siguientes páginas se expondrá aquellos valores que fueron rescatados desde la comunidad de Livilcar. Divididos en dos grandes tipos: Valores Naturales y Valores Culturales, en estos últimos además, podemos diferenciar los históricos, los costumbristas y los estéticos.

# VALOR NATURAL

## ● RIOS

La localidad de Livilcar está en medio de una quebrada formada por los afluentes de los ríos Seco y Ticnámar. El río Belén tributa a su vez a la cuenca del Ticnámar, el cual a la altura de Livilcar forma el afluente principal del río San José, que riega el valle de Azapa. Además, por otro lado, recibe el afluente del Río Seco que tributa desde Zapahuira.

## ● GEOLOGÍA

En la localidad reside un gran yacimiento endógeno no metálico de mármol. Un yacimiento endógeno se forma por cambios al interior de la Tierra y este se puede encontrar en diversas canteras aledañas a la comunidad las cuales se han formado por el metamorfismo y la segregación magmática debido a la presencia volcánica en la región.

## ● FLORA

variedad de flora en cuanto a cactus se refiere. Entre los destacados se puede encontrar el cactus cojín, (*Opuntia berteri*), el cual crece formando cojines densos y sueltos; los cardones (*Echinopsis atacamensis*), los cuales antiguamente fueron muy explotados para la obtención de madera, que se usaba para vigas de techos, puertas y ventanas; la puskaya o espina (*Opuntia echinacea*), el cual crece

en forma de cojín y con abundantes ramificaciones; el chastudo o viejito (*Oreocereus leucotrichus*), es un cactus columnar, de crecimiento arbustivo, con espinas amarillas, marrones o anaranjadas y pelos sedosos de color blanquecino; y por último, los cactus candelabros (*Browningia candelabrias*), los cuales se puede apreciar a lo largo de la cuesta de descenso hacia el pueblo, dado que crecen unicamente sobre los 2000 metros sobre el nivel del mar.

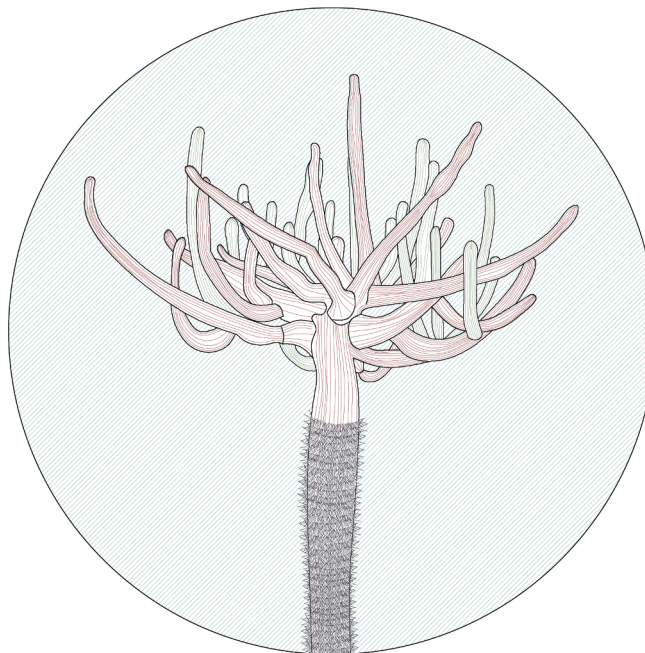
Su clima es del tipo

## ● CLIMA

desértico marginal de altura, distinguiéndose en el año dos grandes estaciones: una húmeda, que va desde fines de noviembre a inicios de abril, con precipitaciones que originan la bajada de los ríos que riegan los valles costeros, conocido como

invierno altiplánico; y una seca y helada, que va desde mayo a octubre, con temperaturas bajo cero en las noches.

En la estación seca, durante los meses de julio y agosto suelen producirse nevazones en las cumbres cercanas cuya acumulación representa una reserva de recursos hídricos para los meses de mayor sequía.



# VALOR CULTURAL

## ● HISTÓRICO

La localidad de Livilcar, y sus construcciones, guardan su origen en Francisco Toledo, Virrey del Perú durante la época colonial, entre los años 1569 y 1581. Toledo, tras el afán de ordenar y administrar los territorios conquistados encarga reducir los poblados indígenas a asentamientos mayores en los valles medios, para facilitar el control y la organización de los tributos y encomiendas.

Los registros más antiguos que se tienen sobre la comunidad se rescatan de bitácoras y diarios de visitas pastorales realizadas por funcionarios del virreinato y clérigos a fin de mantener el control de los tributos a la corona, donde Livilcar forma parada importante dentro de los caminos troperos, hoy declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

Con el establecimiento de repúblicas, luego de la ola independentista que surgió en América Latina, Livilcar quedo adscrito a la nueva República del Perú, pero su vínculo cultural seguirá siendo con la población Alto Perú, la cual, post movimiento independentista pasa a ser la nueva República de Bolivia.

En pleno boom del salitre en la zona norte de Chile y sur de Perú, la comunidad de Livilcar al igual que muchas otras localidades agricultoras, se enfocan en la producción de pastos para el ganado, maíz, papa y ají para los obreros de las salitreras.

Para 1973 un fuerte desprendimiento producto de la subida del caudal del río San José termino por llevarse gran parte de los terrenos de cultivo y animales, generando así la rápida y progresiva migración hacia los centros poblados bajo el valle de Azapa, es este el punto de inflexión en donde comienza la fuerte despoblación de la comunidad.

## ● COSTUMBRISTA

Livilcar cuenta con variadas fiestas, la mayoría de ellas guardan relación con la religión, siendo las más destacadas: San Bartolomé, celebrada el 24 de agosto de cada año y la Fiesta de la Virgen de las Peñas, la cual se celebra el primer domingo de octubre y el 8 de diciembre de cada año.

Pero además de las ya nombradas, el pueblo posee un amplio calendario de celebraciones en donde la comunidad se reúne y viaja a Livilcar para celebrar y conmemorar.

<b>ENE</b>	05 Pascua de los negros
<b>FEB</b>	Carnaval
<b>MAR</b>	19 Fiesta de San José
<b>ABR</b>	Semana Santa
<b>MAY</b>	Cruces familiares
<b>JUN</b>	23 Fiesta de San Juan - - Quilpa
<b>JUL</b>	San Santiago de Humagata
<b>AGO</b>	24 San Bartolomé
<b>SEP</b>	Fiestas patrias chilenas y peruanas
<b>OCT</b>	Fiesta de la Virgen de las Peñas
<b>NOV</b>	Día de muertos
<b>DIC</b>	08 Fiesta de la Virgen del Carmen - Virgen de las Peñas

## ● ESTÉTICO

La localidad de Livilcar se encuentra, casi exclusivamente construida a partir de muros de adobe, todas las viviendas, locales comunitarios, en incluso su iglesia que data del s XVIII están erguidas en base a este material.

El adobe es un bloque, moldeado en forma de ladrillo, compuesto por una mezcla de suelos de diferentes granulometrías, agua, paja y, en el caso de la comunidad de Livilcar, baba de tuna. Las viviendas y edificaciones construidas a partir del adobe son del tipo albañilería y utilizan morteros barro para su unión.

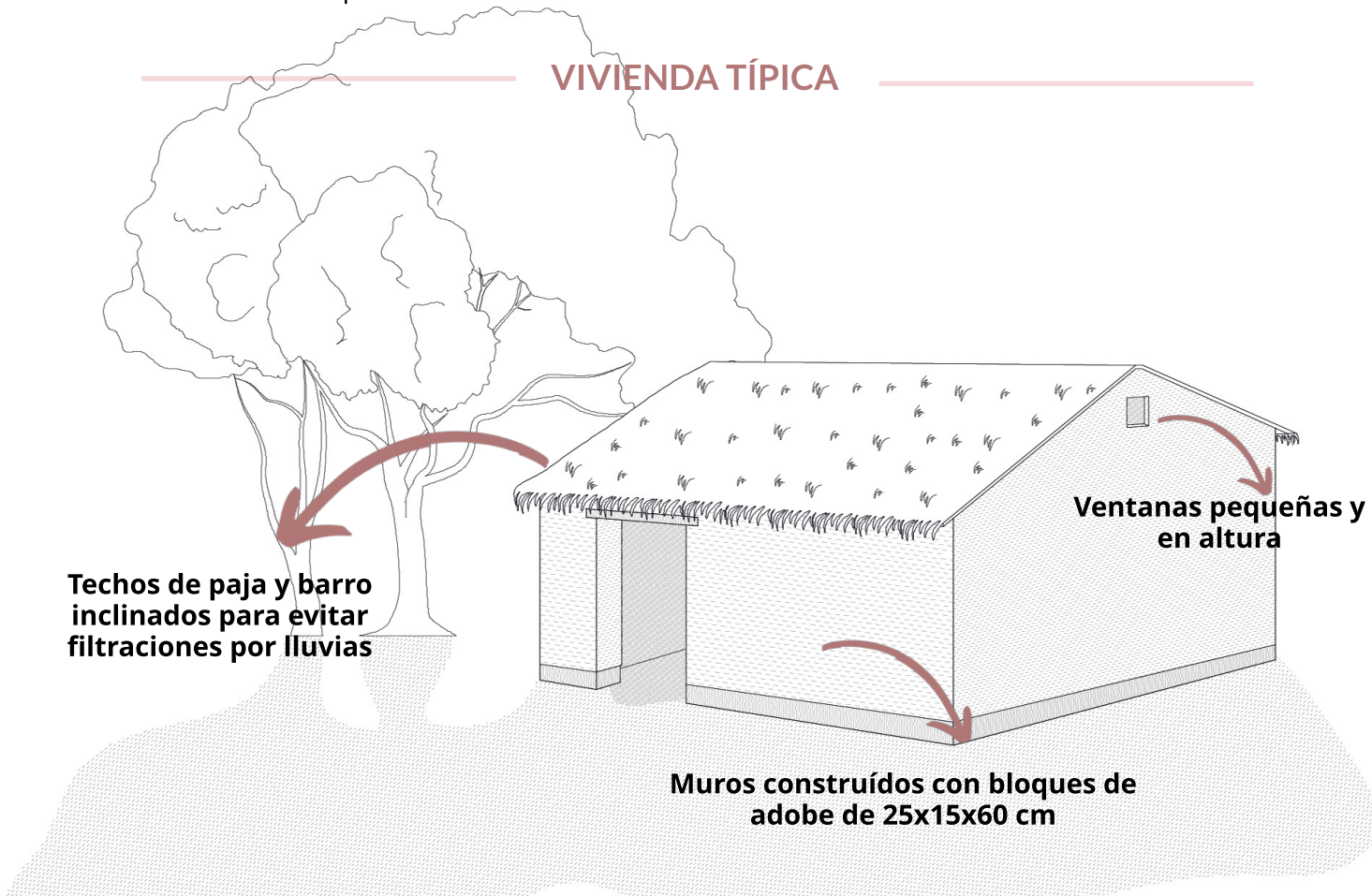
Al interior de la localidad, se pueden distinguir dos focos principales de construcción: el casco histórico, con construcciones en ruinas que fueron utilizadas pre emigración a las ciudades cercanas en el siglo pasado; y un sector de construcciones nuevas, que se han ido edificación en los últimos años por familias que quieren volver a la localidad.

Livilcar es una localidad que se ve constantemente

afectada por las lluvias, crecidas de río y aluviones, esto se ve claramente reflejado en sus techumbres, las cuales, al igual que en el caso de los muros de adobe, en ellas se pueden identificar dos materiales de construcción característicos de dos épocas distintas.

El primer caso son techumbres construidas a base de un entramado de caña brava, barro, y paja, en estas, el techo se sostiene sobre un enrejado construido de cañas bravas, posteriormente llevan capas de barro y finalmente una capa de paja *oesteras de totora* que impermeabilizan las viviendas. Aunque las viviendas que poseen esta técnica no son dominantes en la comunidad, si es posible verificar algunas que preservan la cultura.

Por otro lado, y debido a las constantes lluvias, algunas familias han decidido colocar techos de zinc sobre sus viviendas. Esto con el objetivo de poseer una mayor protección ante lluvias y vientos.





VIVIENDA CON DAÑOS GRAVES  
PERTENECIENTE A LAS  
CONSTRUCCIONES NUEVAS DE  
LA LOCALIDAD DE LIVILCAR.





## CAPÍTULO II

# DAÑOS, CAUSAS Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Para determinar el estado de conservación de una construcción se debe realizar, previamente y de forma rigurosa, un levantamiento detallado de sus daños y de las causas y agentes de riesgo que los originan, esto con el fin de obtener un análisis correcto de la vivienda y poder tomar decisiones acertadas y seguras, tanto para la vivienda como para quienes residen en ella.

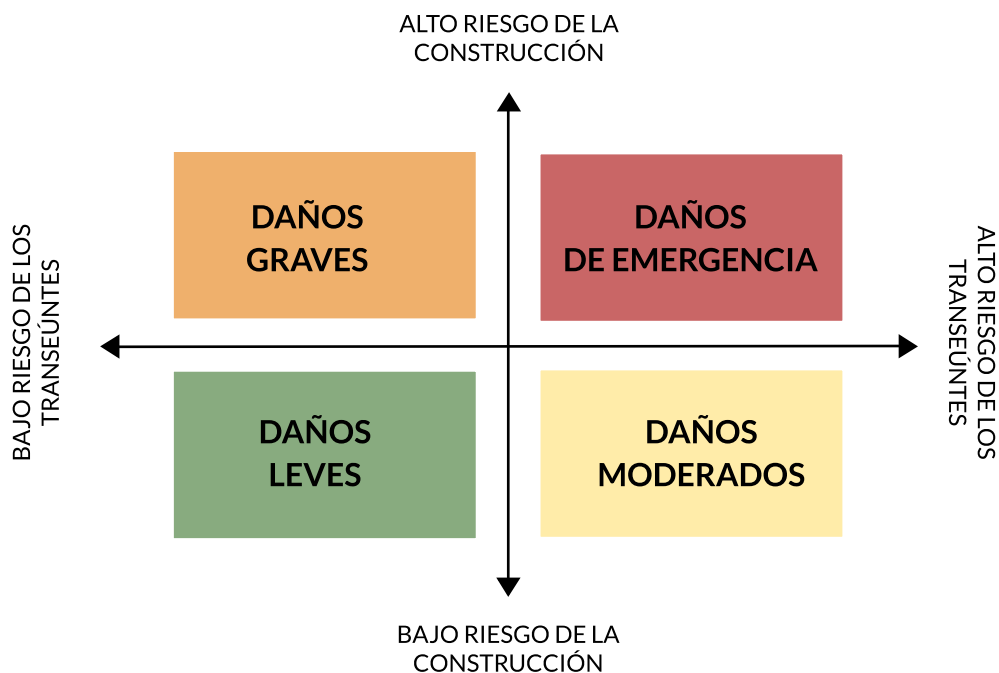


# DAÑOS

Los daños nunca aparecen aislados y suelen tener múltiples causas, por eso es necesario tener una visión integral y analizar la construcción desde su materialidad y su entorno.

A continuación, se detallará la clasificación de daños, causas y estado de conservación de una construcción de adobe utilizada por Fundación Altiplano y publicada en su *"Manual básico de restauración y conservación de construcciones patrimoniales de tierra y piedra de Arica y Parinacota"*.

Los daños pueden clasificarse a través de dos ejes de medición: El primero, **según afecten en mayor o menor grado la estabilidad estructural del inmueble**; y el segundo, **según afecte la seguridad de las personas que lo transitan**. Así es como se generan cuatro niveles de intensidad.



A continuación se detallan los diferentes tipos de daños presentes en cada categoría.

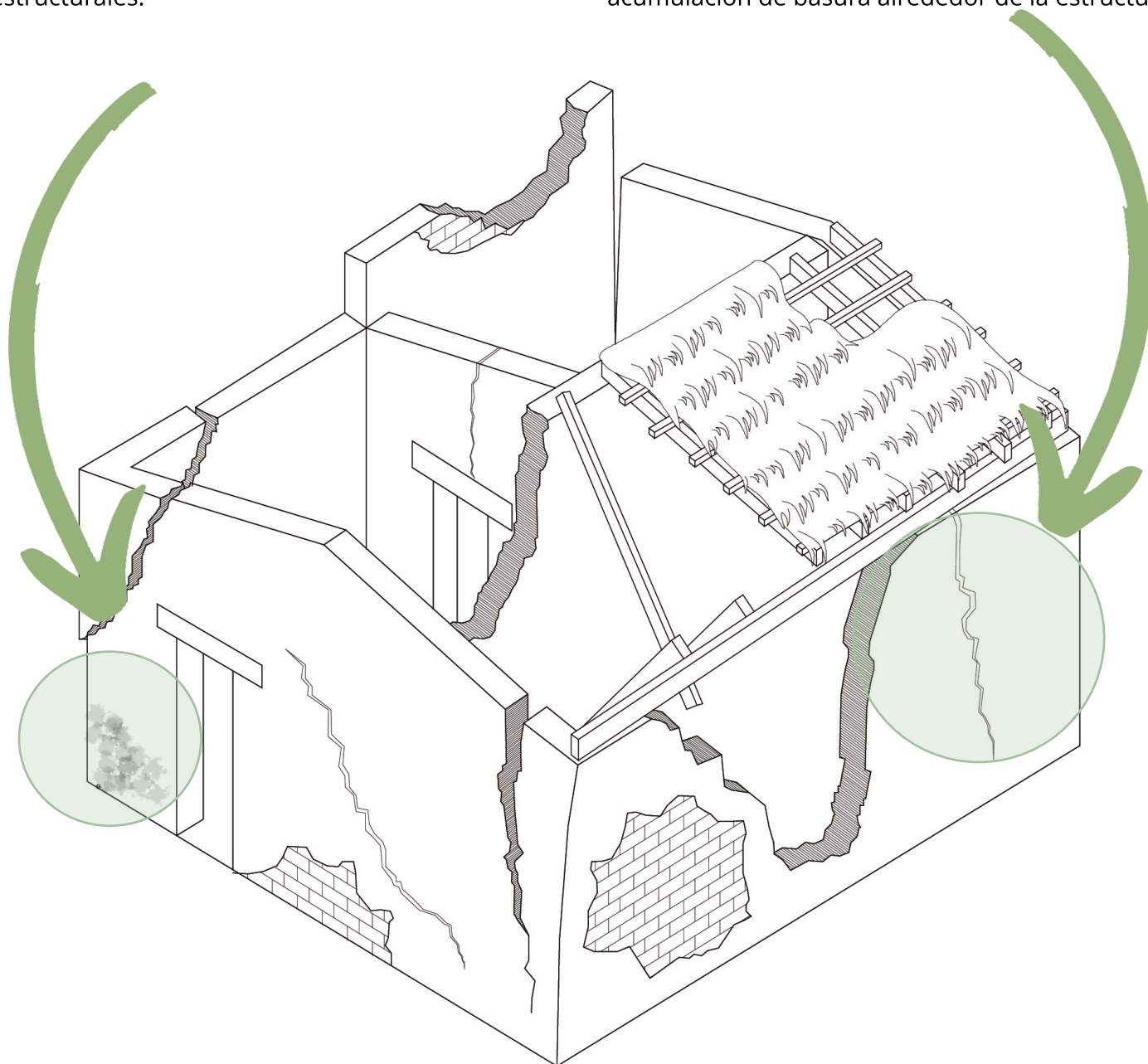
## DAÑOS LEVES

### FISURAS

Son aberturas longitudinales que afectan levemente a las superficies y terminaciones, pero no afectan todo el espesor de los elementos estructurales.

### SUCIEDAD

Corresponde a la capa superficial delgada que se forma sobre el elemento constructivo por la acumulación de tierra, grasa y/u hollín o por la acumulación de basura alrededor de la estructura.



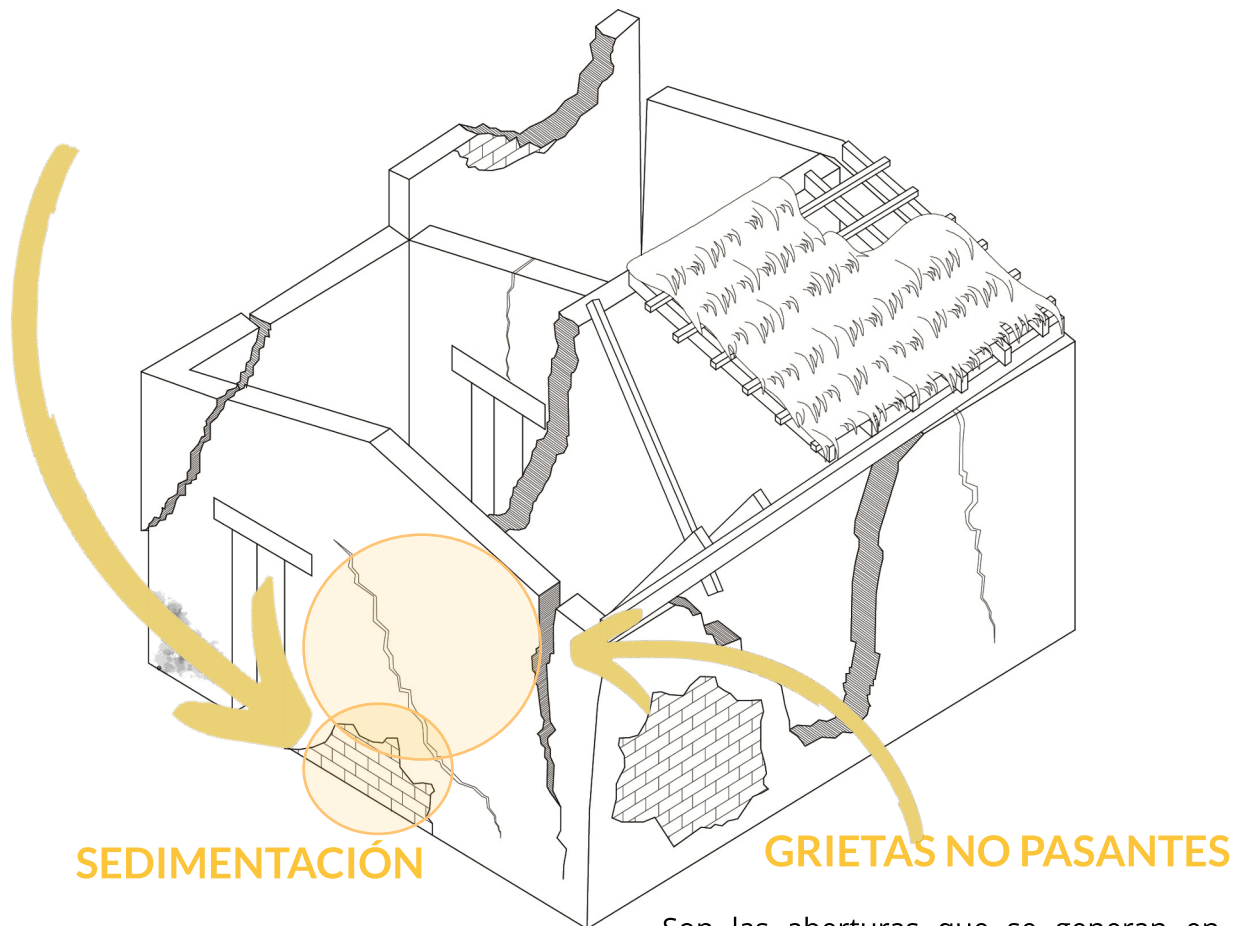
## DAÑOS MODERADOS

### DESPRENDIMIENTO DE REVESTIMIENTOS

Es la separación de los revoques, enlucidos, pinturas de cal o pigmentos de los paramentos. Cuanto más profunda sea la pérdida mayor será la exposición del muro frente a otros agentes de riesgo.

### EROSIÓN SUPERFICIAL

Es la descomposición o desgaste de elementos constructivos, menor a un tercio de su espesor; cuando se presenta de forma independiente, no presenta riesgo para la estabilidad del elemento basura alrededor de la estructura.



Es la pérdida del nivel original del piso por la acumulación constante de tierra.

Son las aberturas que se generan en muros y elementos constructivos. Se consideran daños moderados cuando estas grietas no atraviesan el muro, siendo visibles únicamente desde un lado de los muros.

# DAÑOS GRAVES

## DESAPLOME

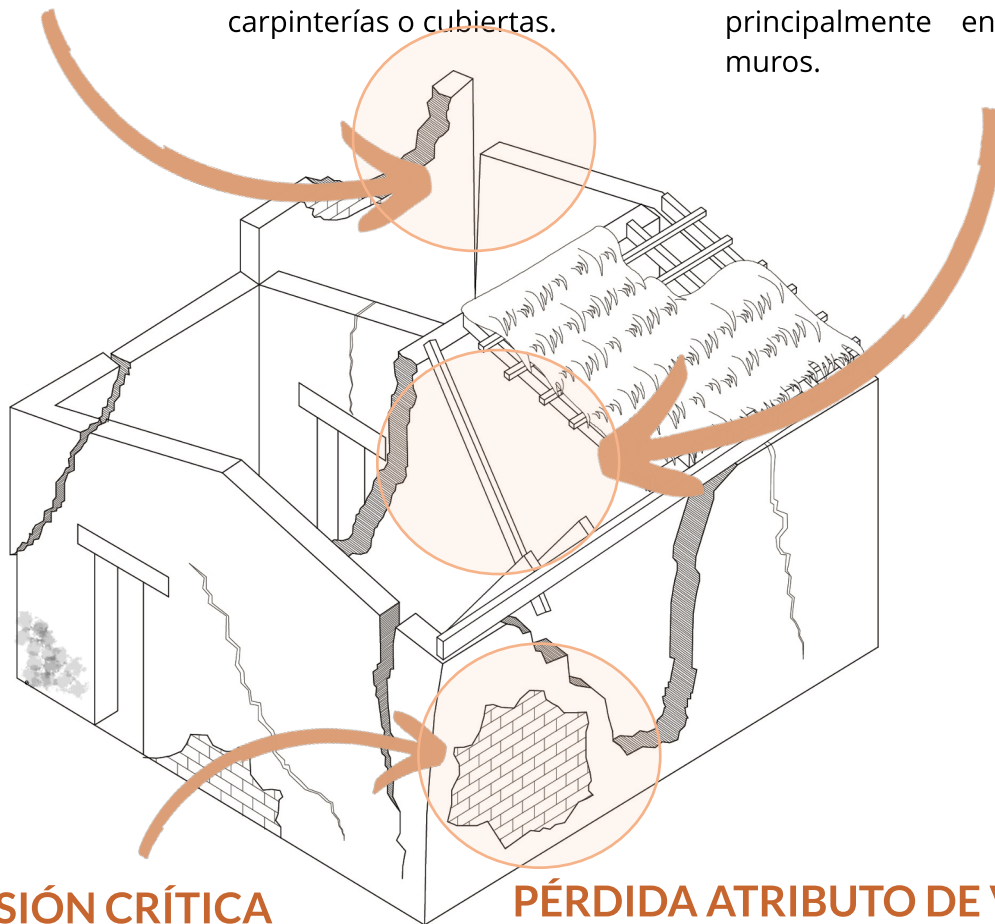
Es la pérdida de verticalidad de muros cuando la inclinación es menor a los 10°.

## DEFORMACIÓN

Es la pérdida de la forma original de un elemento no estructural como tabiquerías, carpinterías o cubiertas.

## DESPLAZAMIENTO

Es el cambio de la posición original de un elemento estructural, se da principalmente en techos y muros.



## EROSIÓN CRÍTICA

Descomposición o desgaste de un elemento estructural como viga, pilar o muro, mayor a un tercio de su espesor, con riesgo para la estabilidad de la construcción.

## PÉRDIDA ATRIBUTO DE VALOR

Es cuando se pierde el valor de una construcción patrimonial debido a intervenciones inadecuadas sobre la materialidad, el sistema constructivo o el estilo. Los ejemplos más comunes son la pérdida de atributos de valor cultural estético al introducir nuevas materialidades como las planchas metálicas de zinc-alum en las cubiertas, o las nuevas construcciones anexas de bloquetas y mortero de cemento.

## DAÑOS DE EMERGENCIA

### COLAPSO

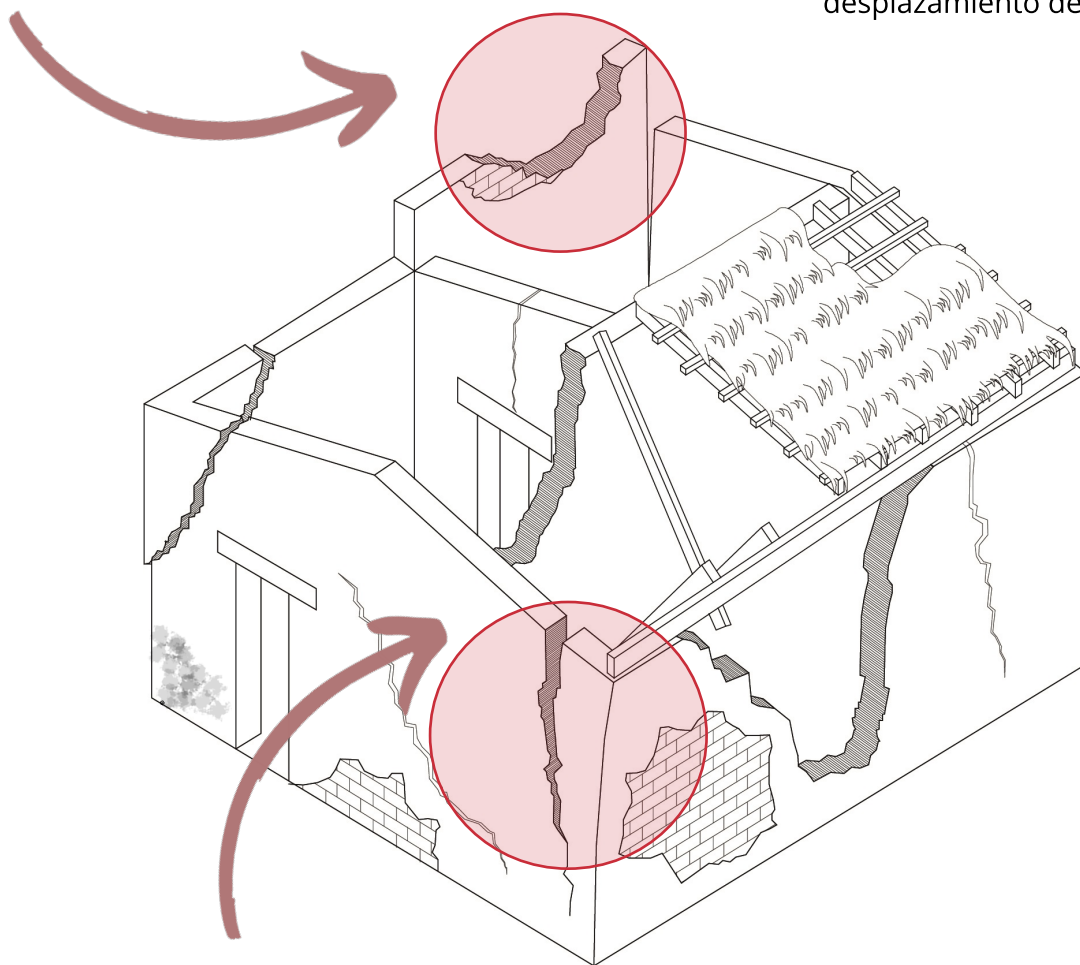
Es el derrumbe parcial o total de muros, techumbre u otros componentes constructivos.

### DESAPLOME CRÍTICO

Es la pérdida de la verticalidad de un pilar o muro cuando la inclinación es mayor a los 10°.

### ASENTAMIENTO

Es la pérdida del nivel original de la fundación o muro, por asentamiento diferencial y/o desplazamiento del terreno.

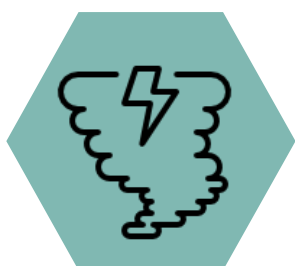


### DEFORMACIÓN CRÍTICA

Es la pérdida de la forma original de un elemento estructural como viga, forjado, pilar o muro, con riesgo de colapso. Cuando la deformación se produce en la mitad de un elemento horizontal como una viga o forjado, se denomina **flexión**. Cuando la deformación se produce en un elemento vertical como un pilar o muro, se denomina **pandeo**.

# CAUSAS

Los daños nunca aparecen aislados y suelen tener múltiples causas, por eso es necesario tener una visión integral y analizar la construcción desde su materialidad y su entorno.



## AGENTES NATURALES

Son aquellas causas que tienen su origen en fenómenos naturales, meteorológicos y climáticos extremos. Se pueden distinguir dentro de estas causas los sismos y los fenómenos climáticos como incendios por sequías, inundaciones, temporales o aluviones.



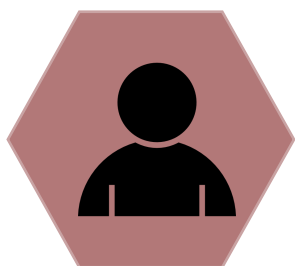
## AGENTES EROSIVOS INERTES

Son aquellas causas que provocan el desgaste de materiales y tienen su origen en agentes no vivos. Dentro de esta clase de causas se puede destacar la humedad, la presencia de sales y agentes climáticos, como el viento, la lluvia o la constante exposición al Sol.



## AGENTES EROSIVOS VIVOS

Son aquellas causas que provocan el desgaste de materiales y tienen su origen en agentes vivos. Dentro de esta clase de causas se puede encontrar los hongos, los xilófagos o termitas, la presencia de animales o la presencia de arbustos y maleza.



## AGENTES EROSIVOS INERTES

Finalmente, las causas antrópicas corresponden a aquellas en donde la acción humana es la responsable de los daños causados. Acá se puede destacar las fallas en el diseño, en la construcción, la elección de materiales deficientes, intervenciones inadecuadas, falta de mantenimiento o vandalismo.



# ESTADOS DE CONSERVACIÓN

El estado de conservación de una estructura se obtiene luego de analizar los daños que afectan a la misma y las causas que originaron estos daños. Así es como, se puede clasificar una estructura en alguna de las cuatro siguientes categorías.

## BUENO

Son edificaciones que presentan sólo daños leves. Cuando una construcción se encuentra en este estado de conservación requiere monitoreo, vigilancia y mantenimiento periódico.

## REGULAR

Son edificaciones con al menos un daño moderado. Si una estructura se encuentra en este estado de conservación, además del monitoreo, vigilancia y mantenimiento periódico, requiere de una actuación de conservación preventiva para reparar el daño moderado que la afecta.

## MALO

Son edificaciones con al menos un daño grave. Si una estructura se encuentra en este estado, además del monitoreo, vigilancia, mantenimiento periódico y la conservación preventiva, se requiere de una restauración, la cual será parcial o completa, dependiendo de la extensión de los daños.

## DE EMERGENCIA

Son edificaciones con al menos un daño de emergencia. Si una estructura se encuentra en este estado de conservación se deben tomar las mismas medidas de un estado de conservación malo, pero se requiere actuar de manera urgente, ya que los daños están poniendo en riesgo tanto la estabilidad de la construcción como de las personas que lo transitan.



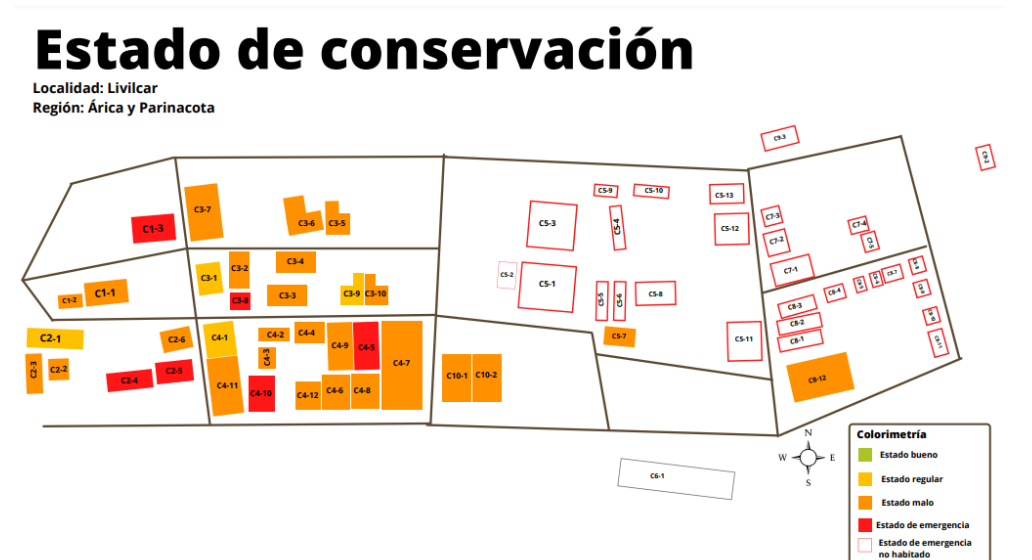
# EVALUACIÓN DE DAÑOS Y ESTADO DE CONSERVACIÓN ACTUAL DE LIVILCAR

Para entender mejor los daños que se presentan en Livilcar y el estado de conservación de la comunidad, se han elaborado las siguientes dos gráficas. Ambas gráficas fueron elaboradas con información tomada en terreno en diciembre de 2021 y no consideran en su análisis los daños sobre la Iglesia San Bartolomé de Livilcar, por tratarse de un caso más complejo fuera del análisis de este manual.

En la primera gráfica se puede apreciar, según colores, los daños que existen en todos los muros de las viviendas, siendo el color rojo los daños más urgentes y los verdes, los más leves.



En la segunda gráfica, es posible verificar, por vivienda, el estado de conservación decada una. Esto nos da una idea global del estado de conservación general de la comunidad y nos permite verificar fácilmente sobre qué viviendas actuar primero.





## CAPÍTULO III

# PROPUESTA

Ante la motivación de volver a casa y repoblar el origen, y le preocupación por no alterar el alto valor, surge la necesidad de contar con una herramienta que permita a vecinas y vecinos edificar, restaurar y conservar sus viviendas de adobe, desde ahí nace el objetivo de este manual.

El presente capítulo entrega una propuesta de construcción segura, sismorresistente y ecológica, y se divide en cinco secciones: Viviendas

sismorresistentes, Elaboración de adobes, Autoconstrucción, para aquellas familias que no poseen una vivienda previa o que el estado de daños de esta esta en un nivel muy avanzado; Auto restauración, para aquellas familias que necesitan reconstruir o reforzar su vivienda ante futuros sismos; y finalmente, Conservación, donde se entregan directrices y recomendaciones de cuidado para las construcciones de adobe.

# FABRICACIÓN DE ADOBES

# 1

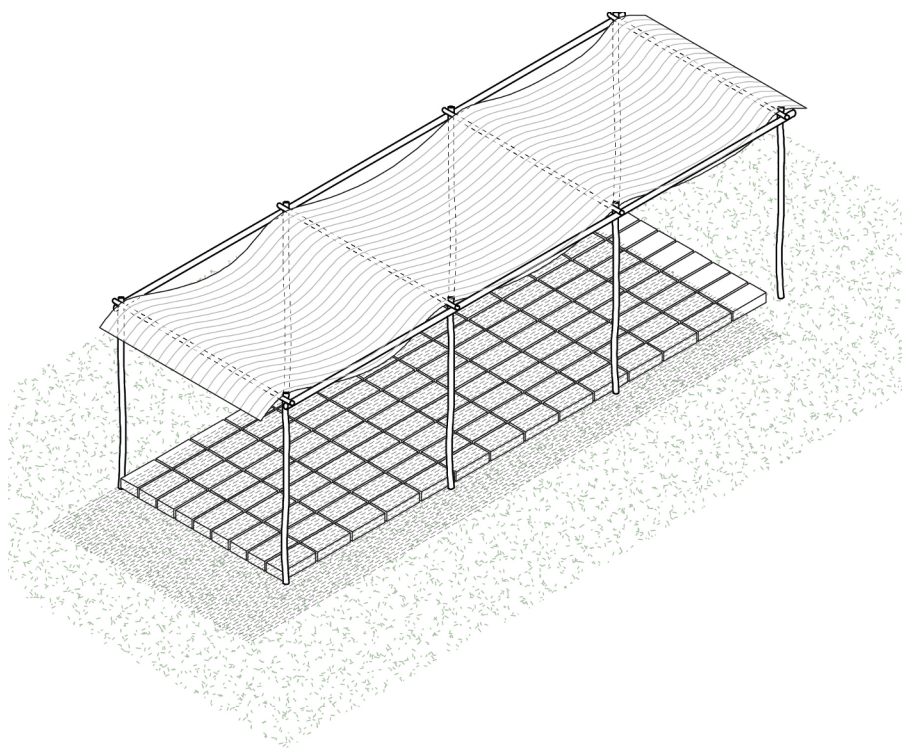
## PASO 1: PREPARACIÓN DEL TENDAL

El tendal es el sector utilizado para la construcción de los bloques de adobe.

El primer paso es designar un sector plano, el cual se debe limpiar y extraer de raíz cualquier maleza, planta u otro elemento que pueda interferir con la construcción de los bloques.

Posterior a eso, se debe nivelar y compactar el terreno. Un suelo está bien compactado cuando se deja caer un objeto pesado desde más de un metro de altura y este no se hunde más de dos dedos.

Se recomienda cubrir el tendal con toldos de plástico. Esto protegerá a los bloques de adobe del sol y el calor, evitando que aparezcan fisuras o grietas mientras estos se secan.

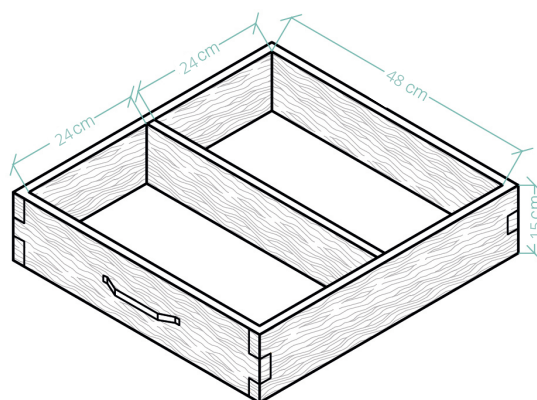
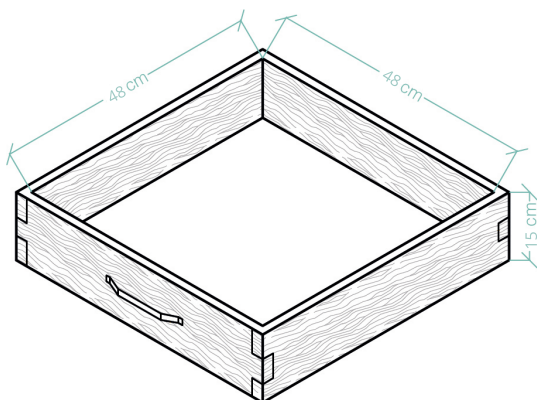


## PASO 2: FABRICACIÓN DE LAS ADOBERAS

En caso de no contar con ellas, se deben construir los moldes de madera que darán forma a los bloques de adobe. Estos deben ser de dos tipos: bloques enteros y medios bloques, las medidas escogidas se ajustan a los existentes en Livilcar, pero se han ensanchado para aumentar la resistencia de los muros.

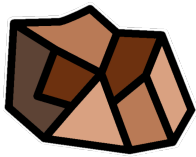
Las medidas presentan 3 cm más de lo que medirá realmente el bloque. Esto es porque al secarse los bloques, estos tienden a encogerse. Además, se debe considerar que las medidas mostradas corresponden a las dimensiones internas del molde.

Se utilizarán medios bloques ya que las hiladas de bloques deben quedar intercaladas, repartiendo el peso de cada bloque sobre otros dos en el piso inferior, repartiendo la carga que reciben en forma piramidal y no únicamente en una columna de bloques vertical.



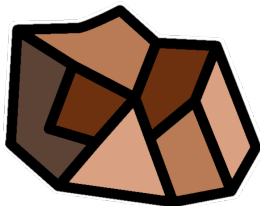
## PASO 3: SELECCIÓN DE TIERRAS

La tierra es el principal material de fabricación de bloques de adobe, esta se puede clasificar según su tamaño en gravas, arenas, limos y arcillas. Para que un adobe funcione correctamente, necesita contar con todos los tamaños de tierra en las proporciones correctas.



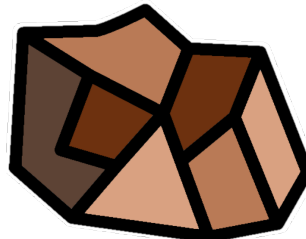
**Arcilla**

Diámetro menor a  
0.002 mm



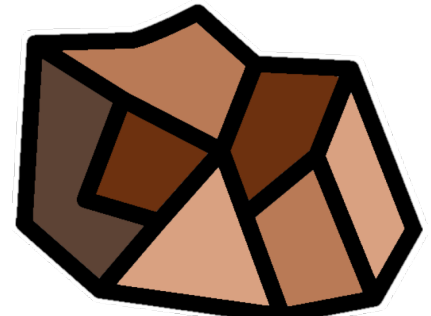
**Limo**

Diámetro entre  
0.002 - 0.006 mm



**Arena**

Diámetro entre  
0.006 - 2 mm



**Grava**

Diámetro mayor a  
2 mm

Según la experiencia, una buena tierra para la elaboración de adobes, posee aproximadamente la siguiente distribución granulométrica. Es importante respetarla, ya que cada tamaño de grano aporta una propiedad esencial para el bloque de adobe y la vivienda.

ARCILLA	15-20%	→	COHESIÓN
LIMO	20-35%	→	PLASTICIDAD
ARENA	55-65%	→	RESISTENCIA
GRAVA	0-15%	→	DUREZA



**Tierra de las chacras**

Livilcar, presenta dos grandes canteras. Entre ambos lugares, **la tierra de mejor calidad para la elaboración de adobes, es la provenientes desde las chacras**, ya que esta presenta la diversidad de granos más cercano a las proporciones óptimas.



**Borde de Río San José**

## ¿QUÉ PROPIEDAD ENTREGAN LOS DISTINTOS TAMAÑOS?

### ARCILLA

La arcilla entrega **cohesión** a la tierra y por ende a los bloques de adobe que se construyan con ella. La cohesión es la capacidad que tienen las partículas de tierra para mantenerse unidas y por ello es tan importante incluirla en la elaboración de bloques de adobe, las arcillas actúan como el pegamento que une al resto de materiales. Se debe respetar el límite máximo del 20% de arcillas, al sobrepasar este límite el bloque de adobe se ve en riesgo de deformaciones por contener demasiado suelo fino.

### LIMO

El limo entrega **plasticidad** a la mezcla. La plasticidad es la propiedad que tiene el suelo de cambiar su comportamiento con agua. De volverse "más plástico" y así facilitar su uso. Para la construcción de bloques de adobe es muy importante contar con un suelo fácil de trabajar, por ende, es importante que el suelo presente partículas finas como limos dentro de la mezcla de barro.

### ARENA

La arena entrega **resistencia**. La resistencia es la capacidad del suelo para soportar elementos pesados sobre él. Cuando se construyen bloques de adobe es muy importante que estos sean capaces de resistir todo el peso del techo y de los bloques que se situarán sobre él, las arenas aportan a esto dado que la forma irregular de sus granos genera "trabas" que impiden que el suelo deslice con facilidad.

### GRAVA

La grava entrega **dureza**. La dureza es la propiedad de un material a no ser penetrado por otro. Si bien, las gravas no son elementos elementales dentro de un bloque de adobe, si se utilizan para dividir capas de cimientos y sobrecimientos evitando las asentaciones de los bloques de adobe sobre el terreno base.

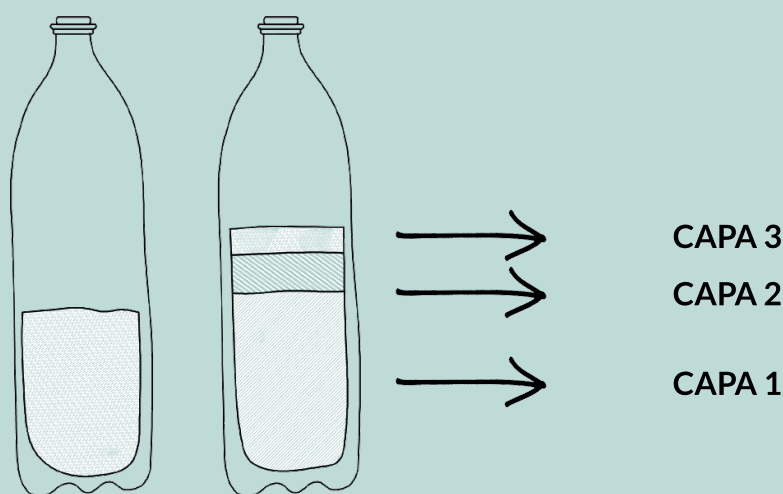
## ¿CÓMO VERIFICO QUE ESCOGÍ LA TIERRA CORRECTA?

Existen tres pruebas, sencillas de realizar, que permiten establecer que una tierra es buena para la elaboración de adobes.

### PRUEBA N° 1: GRANULOMETRÍA CON UNA BOTELLA

#### ► METODOLOGÍA

Esta prueba permite distinguir entre gravas, arenas, arcillas y limos. Para ello se utiliza una botella de  $\frac{1}{2}$  litro de capacidad, de algún color que permita visualizar el contenido en su interior. Un cuarto de la botella se llena con el suelo que se quiere identificar y las  $\frac{3}{4}$  partes restantes con agua. Se agita, se mezcla todo al interior de la botella y se deja reposar en un lugar plano. Se observará que transcurrido el tiempo la tierra se irá depositando en el fondo de la botella.



Se debe medir la altura que alcanzan las partículas desde el fondo de la botella cuando ha transcurrido un minuto, 5 minutos, y finalmente, 5 horas. La altura de estas capas serán denominadas Capa 1, Capa 2 y Capa 3, respectivamente.

Las partículas que decantan inmediatamente corresponden a arenas o gravas, las que decantan a los 5 minutos a limos y las que caen a las 5 horas son arcillas.

Al conocer cuánto material se ha depositado en esas tres instancias se puede obtener la distribución granulométrica del suelo. Un suelo útil para construir adobes presenta una botella similar a la expuesta en la imagen.

#### RESULTADO #1

La Capa 1 es menor a lo esperado. En ese caso se puede agregar tierra obtenida desde la orilla del río y volver a ensayar.

#### RESULTADO #2

La Capa 1 es mayor a lo esperado. En ese caso se debe agregar a la mezcla de tierra chacra y volver a ensayar.



## ¿CÓMO VERIFICAR QUE ESCOGÍ LA TIERRA CORRECTA?

### PRUEBA N° 2: RESISTENCIA CON UNA BOLITA DE BARRO

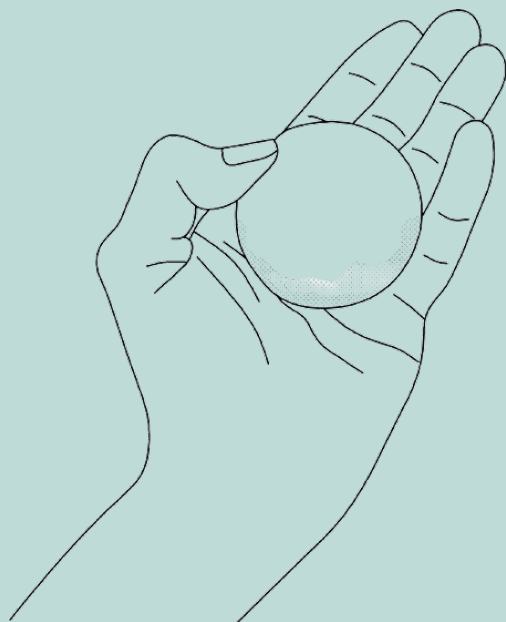
#### ▶ METODOLOGÍA

Se debe mezclar la tierra seleccionada con agua, hasta formar un barro manejable.

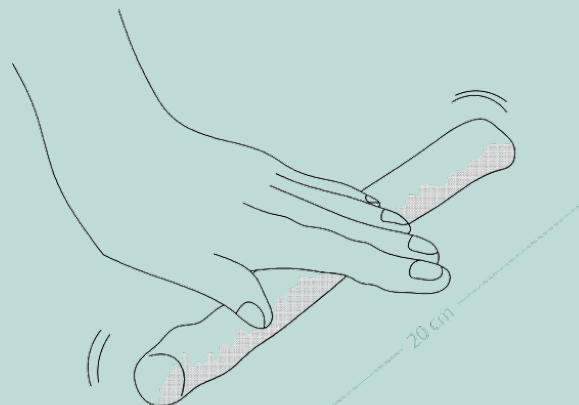
Con las manos, se forman bolitas de barro de 2 cm de diámetro y se dejan secar a la sombra durante dos días. Transcurridos los dos días, se aprieta cada bolita con una mano.

#### ▶ RESULTADOS

- Si la bolita se rompe, el suelo no sirve, dado que posee mucha arcilla. En ese caso, es conveniente agregar a la mezcla suelo traído desde la orilla del río.
- Si la bolita no se rompe, el suelo es útil para la elaboración de adobes.



### PRUEBA N° 3: PLASTICIDAD CON ROLLITOS DE BARRO



#### ▶ METODOLOGÍA

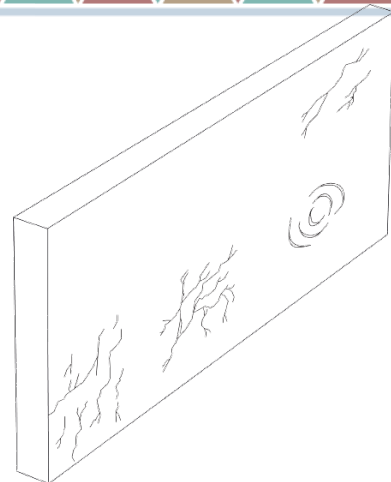
Se debe mezclar la tierra seleccionada con agua, hasta formar un barro manejable.

Con las manos se forma un rollo de barro hasta que este alcance los 2 cm de diámetro. Ante esto se pueden tener los siguientes resultados:

#### ▶ RESULTADOS

- Si el rollo mide entre 5 y 15 cm, la tierra escogida es buena para hacer adobes.
- Si el rollo se corta antes de los 5 cm, la tierra escogida posee mucha arena, en ese caso es recomendable añadir más tierra de chacra a la muestra y repetir el ensayo.
- Si el rollo supera los 15 cm, la mezcla de tierra tiene mucha arcilla, por ende, es recomendable añadir tierra desde la orilla del río y repetir el ensayo.

Es muy importante verificar la tierra que se ocupará para fabricar adobes o mortero, de lo contrario, el adobe podría sufrir desperfectos. Por ejemplo, adobes con mucha arena se desmenuzan con el paso del tiempo, y adobes con mucha arcilla presentan grandes grietas al secarse. Por lo mismo, es importante respetar las proporciones recomendadas, con el fin de construir edificaciones resistentes y perdurables en el tiempo.



## PASO 4: TAMIZAJE DE TIERRA

- En un sector cercano al tendal, se deberá tamizar toda la tierra. Tras un ensayo en laboratorio se determinó que la tierra de chacra de Livilcar cuenta con más arena de la óptima para la elaboración de adobes, por ende, antes de formar los barro, la tierra debe ser cernida a través de una malla #200 hasta tener 1/3 de su volumen sobre el tamiz. Lo que pasa por la malla es lo que se ocupará para la elaboración del barro, el tercio retenido sobre la malla puede ser devuelto a la chacra.
- Este proceso es muy importante y debe ser realizado con especial cuidado, quitando todas las piedras, basura, plantas o raíces que se encuentren. La presencia de raíces, podría provocar en el futuro, un brote al interior de los adobes, rasgando el bloque y perdiendo la resistencia del mismo.
- Es fácil verificar la presencia de material orgánico en la tierra debido al olor a descomposición que emerge de esta. Si este es el caso se debe re-tamizar toda la tierra hasta asegurar que no existan raíces en ella.
- Para la elaboración del barro que formará a los bloques de adobe, se necesita una buena tierra, determinada en el punto anterior, agua, paja cortada en 5 cm de largo y tuna.

## PASO 5: ELABORACIÓN DE BARROS DE ADOBE

- Luego de tamizar la tierra, esta se debe apilar en rumas y agregar agua, mezclando en forma constante hasta que se forme barro. El barro se debe dejar reposar por dos días.
- Para añadir la tuna, se le sacan las espinas y se corta en trozos de mediano tamaño, estos se dejan remojando en un recipiente por 15 días, hasta que suelte la goma que reside al interior de la planta. Pasados los 15 días, se retiran los trozos de penca del recipiente y se añade la goma obtenida a la mezcla final. La tuna sirve para impermeabilizar los bloques de adobe, lo que brindará a las viviendas una mayor protección frente al agua de lluvias intensas o aludes que pueda afectar a la comunidad.

- Al tercer día de haber elaborado el barro, este se mezcla con la baba de tuna, el agua y la paja, según la siguiente receta. A continuación, se mezclan todos los elementos muy bien, con los pies o con la ayuda de una pala. La cantidad de cada elemento se muestra a continuación.

#### RECETA MEZCLA DE ADOBES

3 baldes de suelo seco

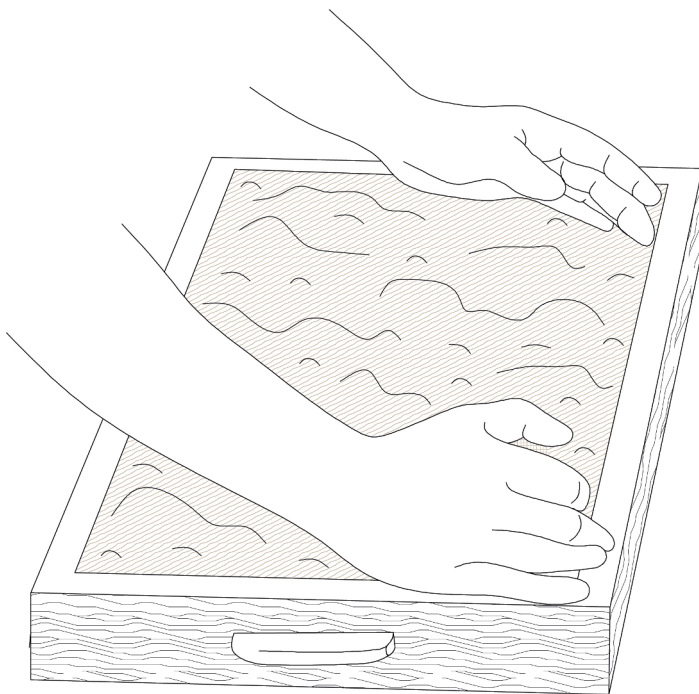
1 balde de paja

2  $\frac{1}{4}$  balde de agua limpia

$\frac{1}{2}$  balde de baba de tuna

## PASO 6: ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES DE ADOBE

- Posteriormente, bajo el tendal y con la ayuda de un recipiente de agua, se humedecen los moldes y se espolvorean con arena muy fina al interior de estos, para evitar que el barro se pegue a los costados.
- Se coloca el molde sobre el piso del tendal y se llena de la mezcla obtenida, se debe compactar muy bien, arrojando con fuerza la mezcla al interior de los moldes, evitando que se formen vacíos.
- Finalmente, se empareja con la ayuda de una tabla o regla húmeda, para darles un mejor acabado y se levanta el molde con mucho cuidado. Se repite el procedimiento para la cantidad de bloques que se desea.



- Una vez elaborados los bloques de adobe, se deben dejar secar bajo sombra por un mínimo de 20 días. Al cuarto día de secado se deben voltear de costado para que se sequen uniformemente.
- Si el tendal no está cubierto, se puede colocar una capa de paja o arena gruesa sobre los adobes. Para la comunidad de Livilcar, serviría la arena que se encuentra a la orilla del río. Esta capa los protegerá del calor y evitarán que se rajen.
- Cuando los adobes se encuentren secos, se pueden apilar, en forma vertical, en un lugar con sombra, cercano a donde serán utilizado

## PASO 7: PRUEBAS DE CALIDAD

Es importante chequear la calidad final de los bloques obtenidos antes de ser utilizados, para esto existen dos instancias: la visual y la mecánica.

### CHEQUEO VISUAL

**Adobes con grietas:** Esto se debe a que la mezcla de barro contiene mucha arcilla o que los adobes no están correctamente protegidos del Sol o el viento. La solución para esto es rehacer la mezcla de barro añadiendo más arena gruesa, obtenida desde la orilla del río y cubrir de mejor manera el tendal en donde los adobes están secando.

- **Adobes desmenuzados:** Esto se debe a que la mezcla de barro contiene demasiada arena, para solucionarlo se debe rehacer la mezcla de barro, añadiendo más arcilla, obtenida desde las chacras.
- **Adobes chuecos:** Esto ocurre porque la mezcla de barro contiene demasiada agua o el terreno en donde se están secando los bloques no está completamente plano. La solución es rehacer la mezcla de barro añadiendo menos agua esta vez y emparejando y compactando bien el terreno del tendal.

Los bloques que presenten estos desperfectos no pueden ser utilizados para la construcción ni reparación de viviendas. Los que se encuentren en condiciones óptimas deben ser sometidos al chequeo mecánico.

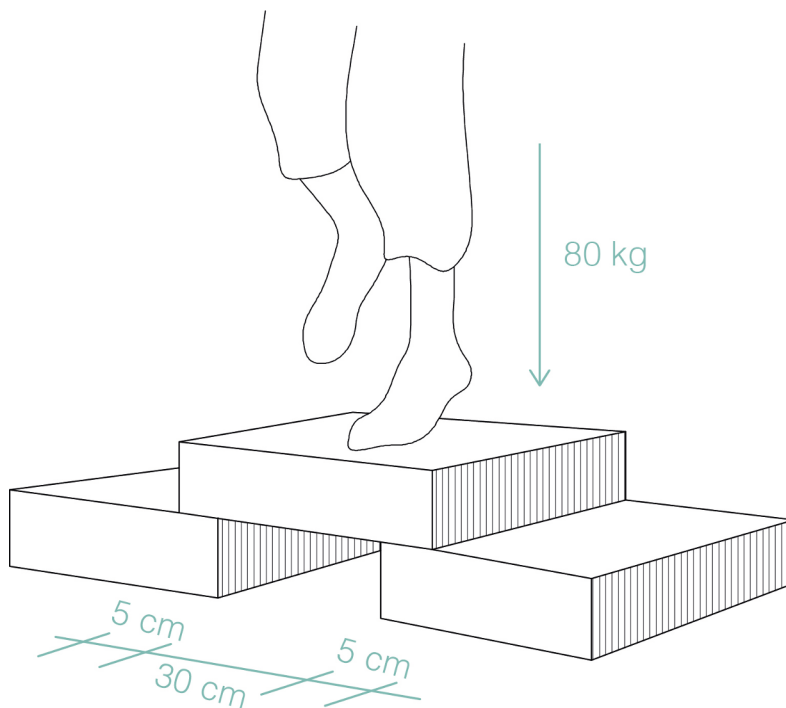
### CHEQUEO MECÁNICO

Se deben utilizar tres adobes, apoyando uno sobre los otros dos separados a 30 cm aproximadamente, formando una pirámide.

Para verificar el adobe superior, una persona de un peso mayor a 80 kg se debe parar sobre el centro de este.

Un buen adobe debe ser capaz de resistir el peso de la persona durante un minuto entero.

Si el adobe supera esta prueba puede ser utilizado para la construcción o reparación de viviendas. El proceso debe repetirse con todos los bloques que se deseen ocupar.



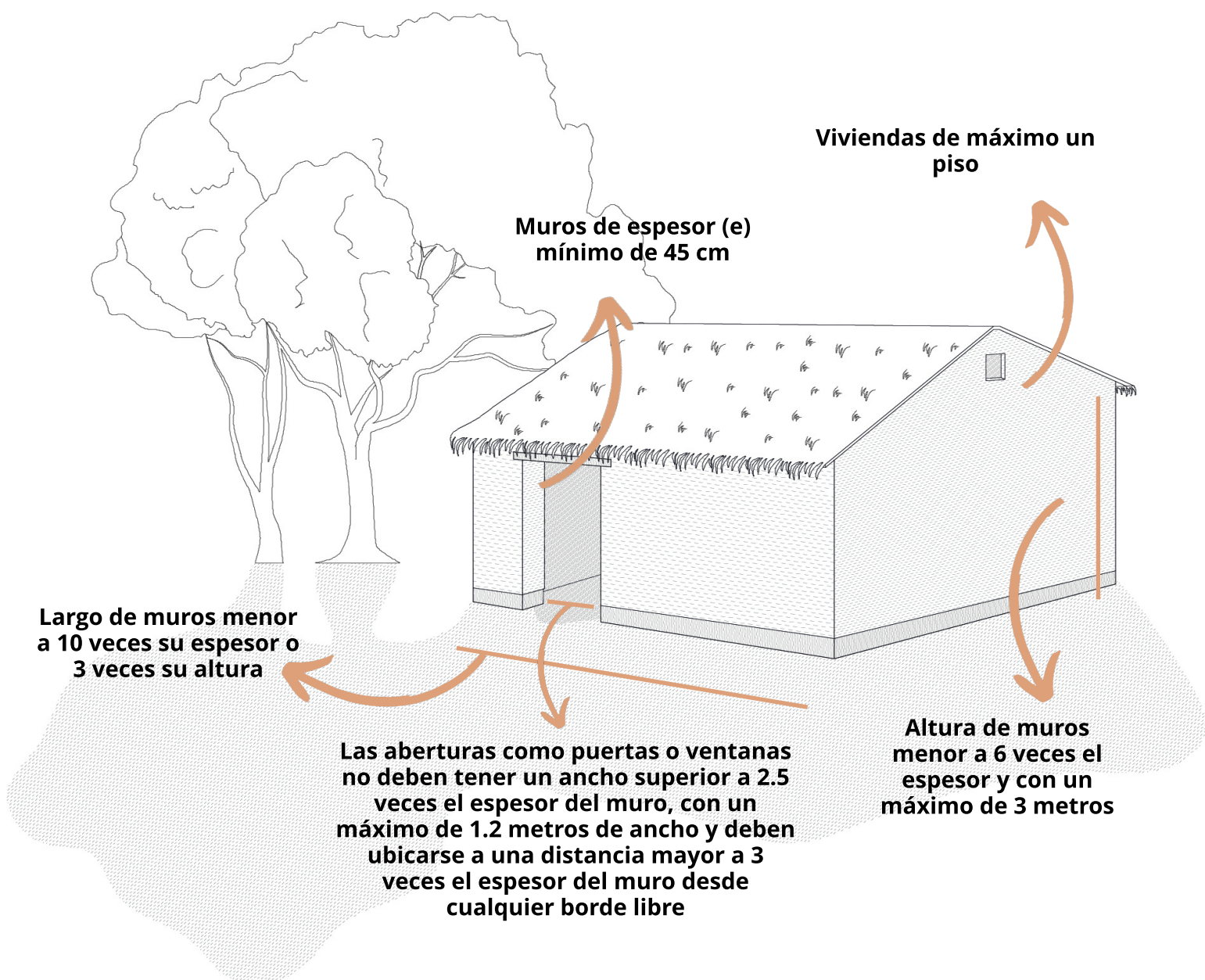


# AUTO CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

# 2

# RECOMENDACIONES GENERALES

Las estructuras resisten terremotos gracias a una combinación entre rigidez, que les permite mantenerse firmes ante grandes movimientos, y ductilidad, que les permite moverse o deformarse sin quebrarse. Por desgracia, el adobe es un material muy poco dúctil, y ante cualquier gran fuerza, tenderá a quebrarse. Por esto, la única forma de construir viviendas de adobe que soporten terremotos y grandes sismos, es hacerlas especialmente rígidas. Para ello se deben cumplir ciertas consideraciones, las cuales se muestran a continuación.



## UBICACIÓN

Una vez definida qué casa se desea construir se debe seleccionar el terreno donde se emplazará. Lo ideal es que esto sea sobre un suelo seco y que posea grandes rocas bajo esta para entregar una mayor estabilidad a la casa.

Dado que la comunidad de Livilcar está ubicada en una quebrada, la cual cada cierto tiempo se ve afectadas por aludes y fuertes lluvias, y sus calles poseen una pendiente considerable, se recomienda la construcción de muros de contención de piedra en los puntos más elevados de la comunidad. Estos muros permitirán proteger al pueblo de futuros aludes y desprendimientos de material desde la quebrada. De igual forma, no es recomendable construir cerca de zonas por dónde se tengan registros de que ya hayan pasado aludes con anterioridad. En el siguiente mapa se muestra las zonas peligrosas de la comunidad de Livilcar.



Por último, tampoco es recomendable construir viviendas en lugares donde el agua del suelo pueda subir e inundarlas, como las orillas del Río San José, o cercanas a dónde se acopie material como rumas de tierra, dado que frente a cualquier lluvia el material se mojará y la humedad podría debilitar los muros de la futura vivienda.



# PASO 1: ELECCIÓN DE LA VIVIENDA

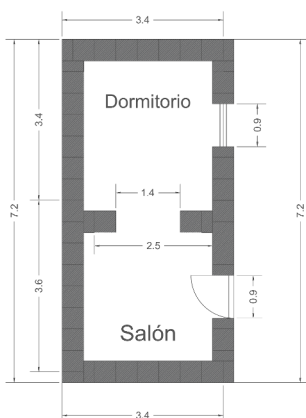
## TAMAÑO

El primer paso para construir una vivienda de adobe es saber de qué tamaño la queremos. Esto dependerá de cuantas personas habitarán en ellas y las posibilidades de construcción de cada familia. A continuación, se exponen una serie de viviendas de diversos tamaños. ¡Escoge la que más se acomode a tus necesidades!

### VIVIENDA DE DOS AMBIENTES

Es una casa de dos habitaciones, una sala multiuso y un dormitorio. Ambas habitaciones cuentan con ventanas para la ventilación de los ambientes. La casa posee en total 32 metros cuadrados y puede ser ampliada en un futuro si es que se necesita.

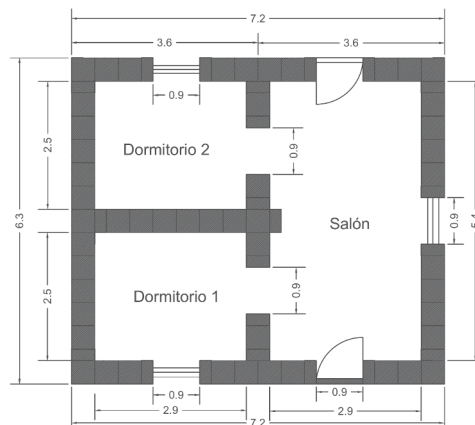
Esta casa necesita 820 bloques de adobes enteros y 97 medios adobe.



### VIVIENDA DE TRES AMBIENTES

Es una casa de dos habitaciones y una sala multiuso, cada dormitorio posee ventana para la iluminación y ventilación. La casa posee un total de 40 metros cuadrados.

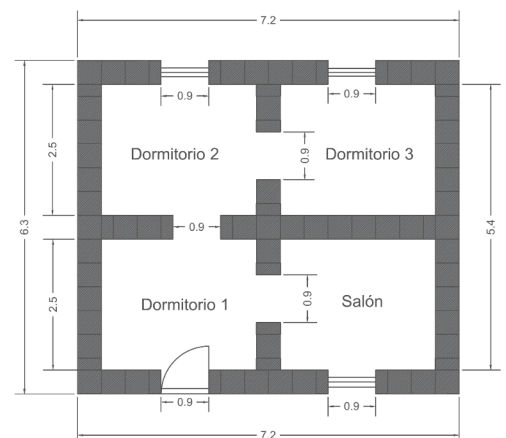
Esta casa necesita 1021 bloques de adobes enteros y 129 medios adobe.



### VIVIENDA DE CUATRO AMBIENTES

Es una casa dos ambientes para uso común, los cuales pueden ser distribuidos como habitación multiuso y comedor; y dos ambientes privados de habitaciones. Cada ambiente posee su propia ventana para iluminación y ventilación y la casa posee un total de 40 metros cuadrados.

Esta casa necesita 1092 bloques de adobes enteros y 129 medios adobe.

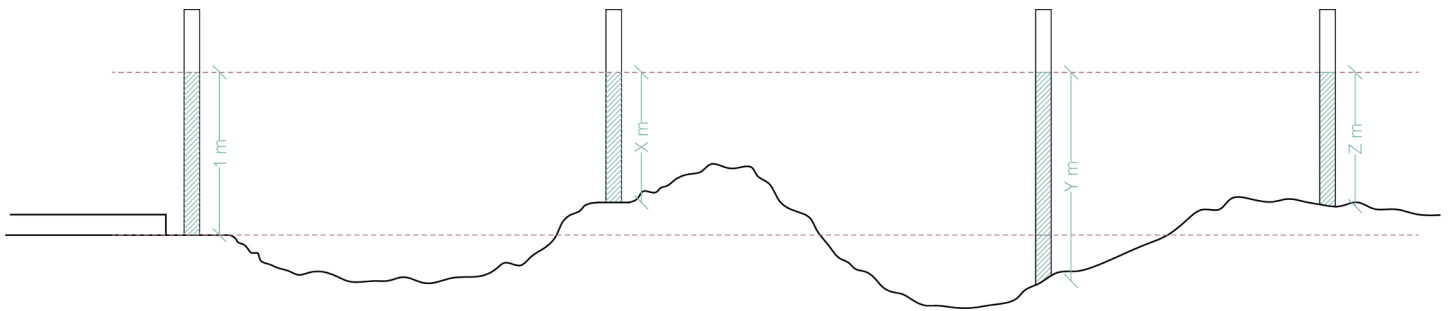


# PASO 2: CONSTRUCCIÓN DE CIMIENTOS

## ALINEAR Y COMPACTAR

Una vez definido el lugar en dónde se construirá la vivienda, es necesario emparejar y compactar el terreno donde se edificará. Para ello se debe partir removiendo los primeros 15 cm del terreno, limpiando muy bien y eliminando toda clase de plantas, basuras y bolones de piedra que puedan interferir

Si el terreno presenta desniveles, con la ayuda de una manguera con agua se puede determinar los puntos de referencia para rellenar el terreno. El procedimiento es el siguiente:



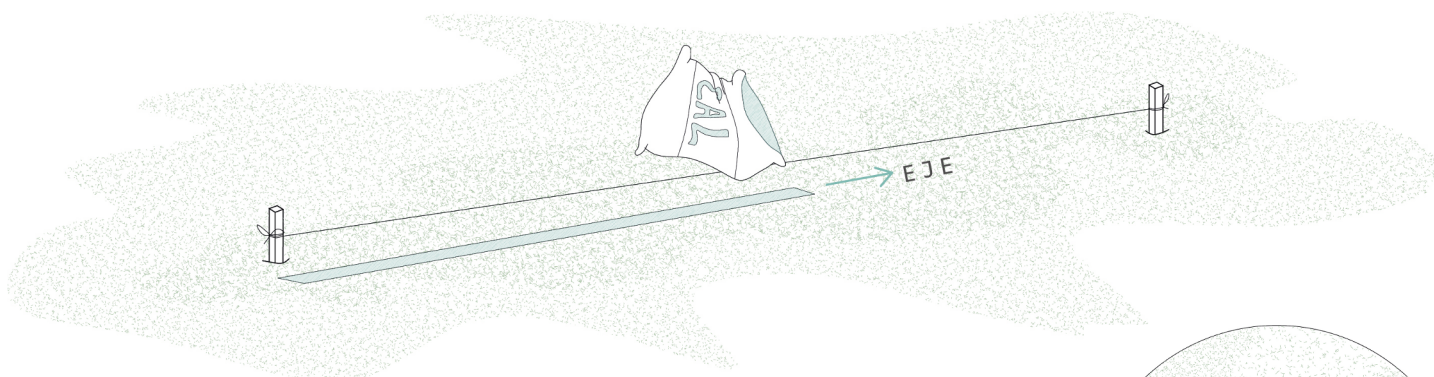
- Se colocan estacas en todo el terreno, estas deben estar perfectamente verticales, lo cual se puede hacer con la ayuda de un nivel o depositando una bolita sobre la estaca, cuando la bolita no resbale por el borde de esta, será porque la estaca está nivelada y lista para utilizar.
- Se coloca una estaca de referencia, ubicada al nivel en dónde se desea dejar el suelo.
- Desde esta estaca se mide y se marca un metro de altura.
- Se llena una manguera transparente de dos extremos libres, con agua, cuidando que en su interior no queden burbujas de aire.
- Se ubica un extremo de la manguera en la estaca de referencia, cuadrando el nivel del agua al interior de la manguera con la marca dibujada anteriormente.
- Posteriormente, se ubica el otro extremo de la manguera en alguna de las estacas al interior del terreno, y, cuidando que el nivel de agua no se mueva de la marca ya señalada en la primera estaca, se marca el nivel dónde llega el agua en la segunda estaca. Este procedimiento se repite en todas las estacas.
- Finalmente, se mide la altura de las marcas realizadas en cada estaca. Si la marca tiene una altura mayor a un metro, el terreno se debe rellenar, por el contrario, si la marca tiene una altura menor a un metro, el terreno se debe excavar hasta que cada marca quede a un metro desde el nivel del suelo natural.

Para rellenar el terreno se recomienda hacerlo en capas de 30 cm de espesor, mojando cada capa y realizando una **prueba de compactación**.

La **prueba de compactación** consiste en lanzar un objeto pesado sobre el terreno, desde una altura superior al metro. Si el terreno en dónde cayó el objeto se hunde menos de dos dedos, es un terreno bien compactado, pero si se hunde más de dos dedos se debe seguir compactando con la ayuda de un pisón o pala.

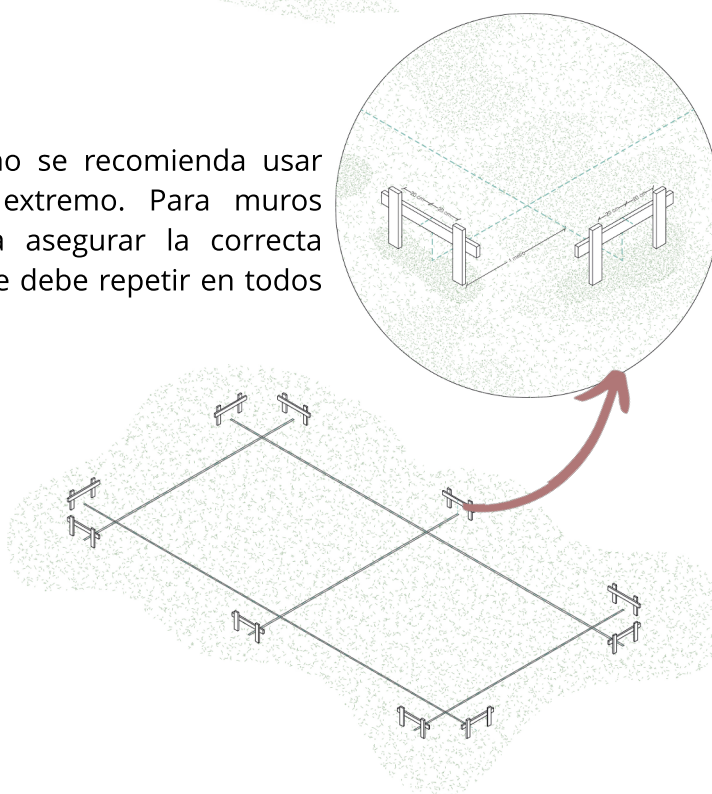
## TRAZADO

Antes de construir los cimientos de la futura vivienda es necesario saber dónde se tendrá que excavar, para ello se debe trazar el terreno. Con la ayuda de los planos que se encuentran al final de este manual se debe dibujar en el terreno el lugar en dónde irán los ejes de muros de la vivienda. **Los ejes son las líneas que pasan por el centro de cada muro y son los que figuran como líneas punteadas en los planos del manual.**



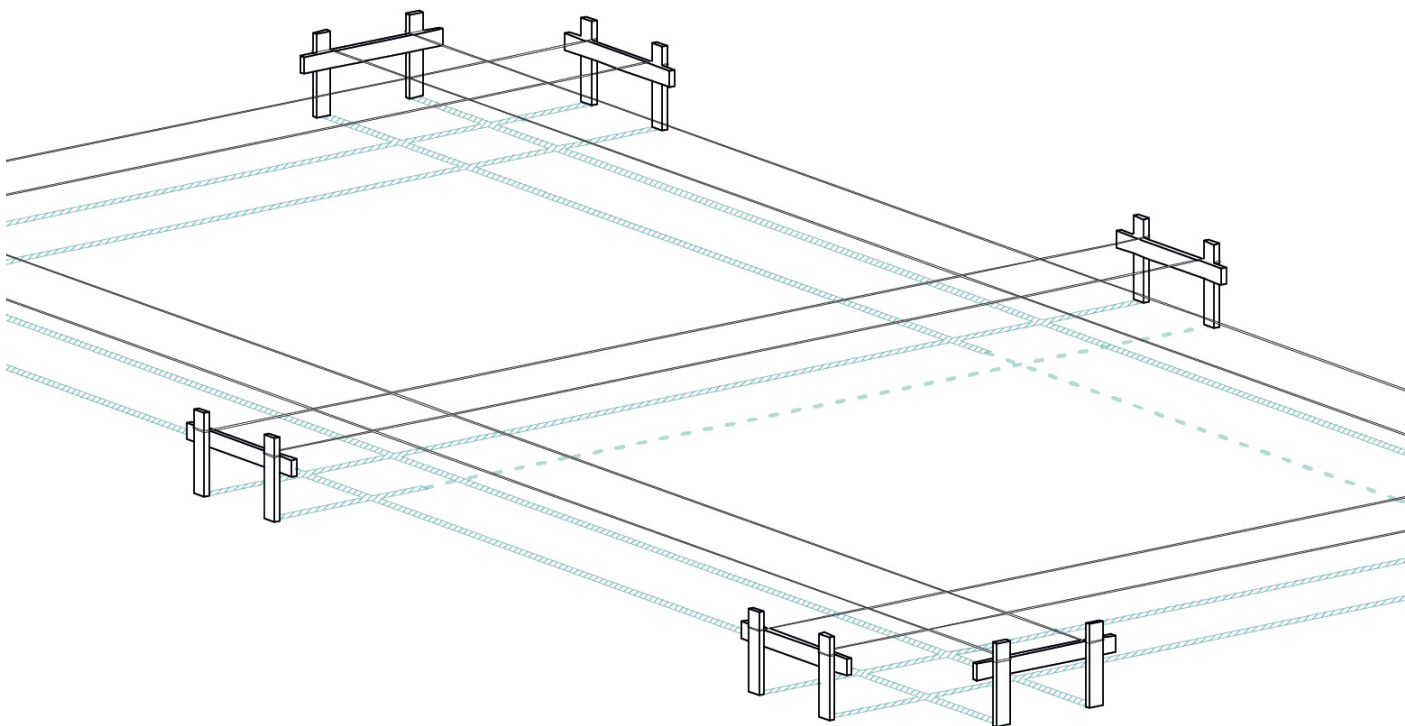
Para marcar los ejes de los muros sobre el terreno se recomienda usar cuerdas tirantes amarradas a estacas en cada extremo. Para muros perpendiculares se debe usar una escuadra para asegurar la correcta orientación de estos. El proceso de marcar los ejes se debe repetir en todos los muros que indican los planos.

Posterior a esto se deben construir balizas de maderas de 45 cm de ancho, tal como muestra la imagen. Estas balizas deben tener una marca en la mitad del ancho, midiendo 22,5 cm a cada lado de la marca. Esta marca se ubica sobre los ejes de cuerdas ya marcadas a una distancia de 1 metro desde el borde los muros. Se unen con cuerdas los extremos de cada baliza y se marca con cal sobre el suelo la ubicación de estas cuerdas.



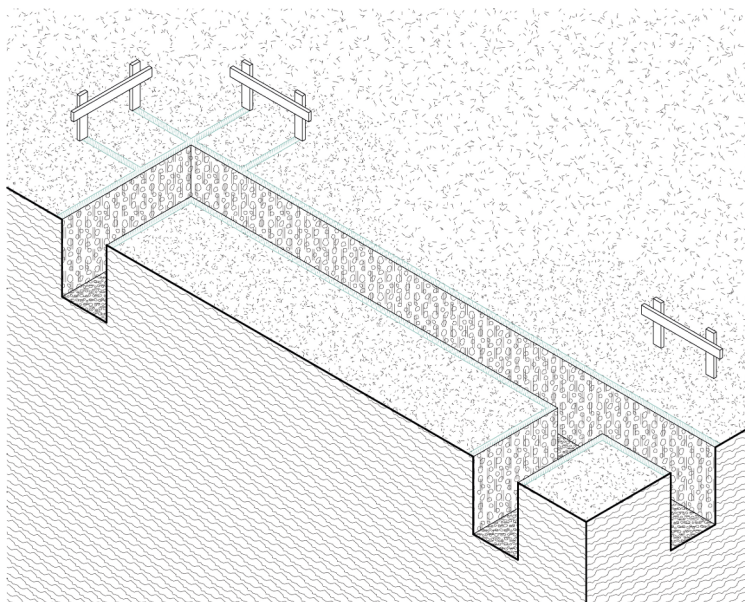
## EXCAVACIÓN DE CIMIENTOS

Una vez marcados con cal los muros sobre el terreno, se pueden quitar las cuerdas y comenzar a excavar. **No se deben quitar las balizas, pues son muy importantes para los siguientes pasos.**



Se debe excavar hasta alcanzar mínimo 60 cm de profundidad o hasta encontrar un terreno firme, dónde existan bolones de piedra o suelo muy compactado que permitan a la estructura mantenerse en pie sobre un suelo resistente. Se puede comprobar que el suelo está bien compactado realizando la misma prueba de compactación que se hizo sobre el tendal o sobre el terreno de la casa.

Las paredes de la excavación deben conservarse verticales y el fondo de la zanja debe estar nivelado y limpio. Si al excavar se encuentra terreno suelto, material de relleno o agua, se debe consultar con un profesional antes de la construcción de la vivienda.



## LLENADO DE CIMIENTOS

Una vez excavados los cimientos, estos se deben rellenar de concreto. Para esto se debe realizar la siguiente mezcla. Esta cantidad es suficiente para una vivienda de dos habitaciones con un cimiento de 60 cm de altura. Para viviendas más grandes o profundidades de cimiento mayores, debe aumentarse las cantidades manteniendo las proporciones.

### RECETA CONCRETO CIMIENTOS

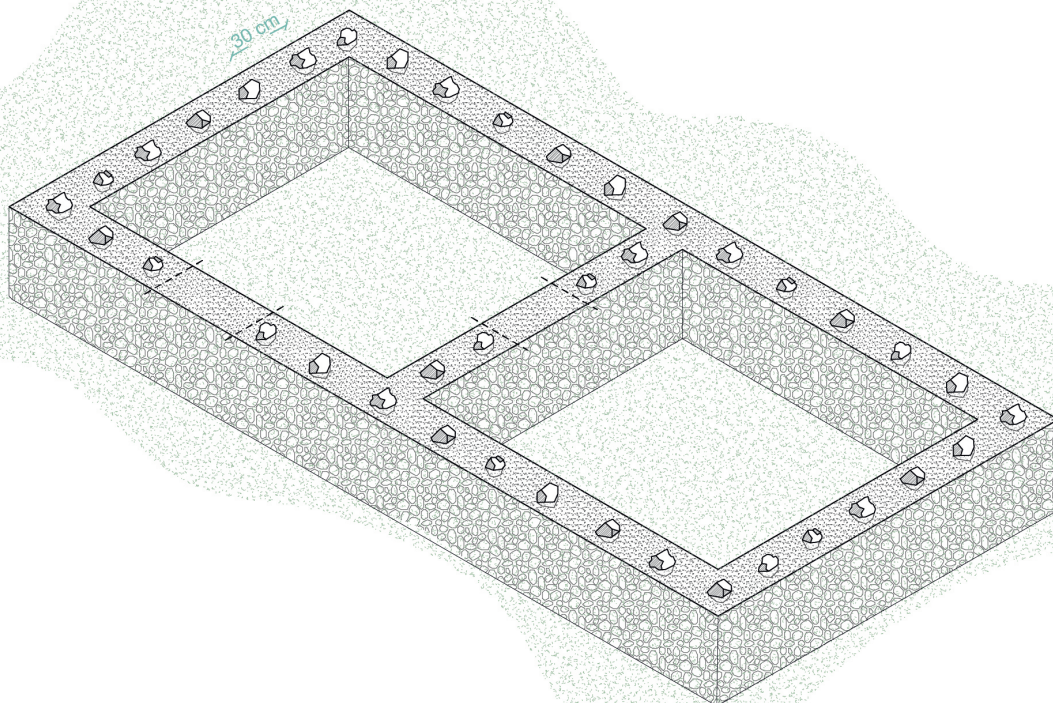
1 balde de cemento

10 baldes de arena

12 baldes de piedra de 25 cm de diámetro

1 ½ balde de agua

- Se mezclan todos los elementos a excepción de las piedras. La mezcla se puede realizar en mezcladora o en un lugar plano, sobre concreto o plástico. No se debe realizar sobre el terreno natural.
- Posteriormente, se debe vaciar en capas de 20 cm de espesor e inmediatamente colocar las piedras, que fueron apartadas, entre cada capa, tratando de ocupar todo el espacio disponible y colocando más piedras que concreto.
- En la última capa se deben dejar piedras angulosas por sobre el nivel del suelo, cada 30 cm, estas piedras ayudaran a unir el cimiento con el sobrecimiento. No se deben colocar piedras angulosas en espacios dónde se ubican puertas.

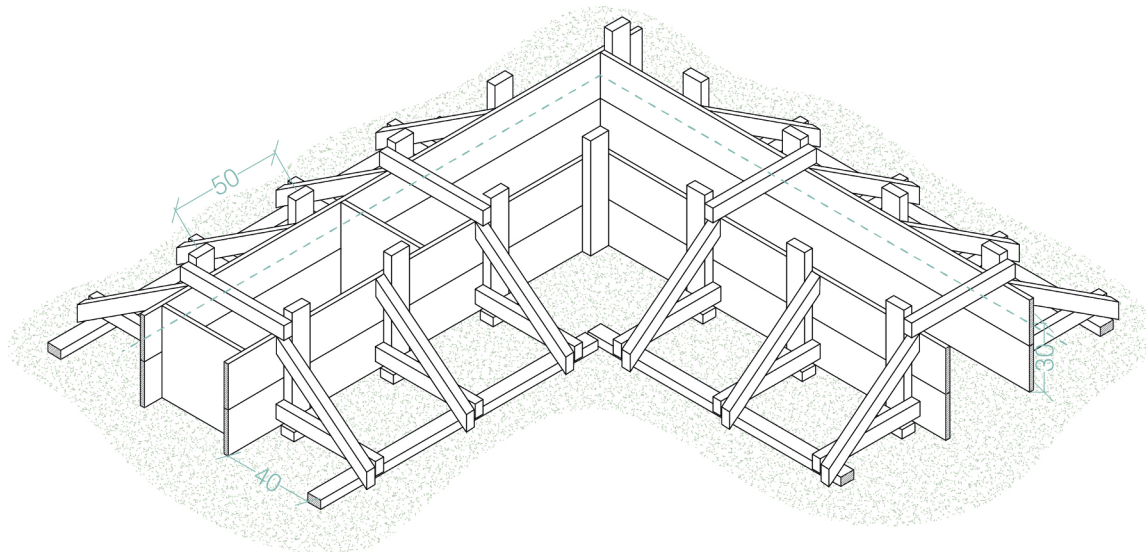


# PASO 3: CONSTRUCCIÓN DE SOBRECIMIENTOS

El sobrecimiento es parte vital de la vivienda de adobe. Protege a la casa de la humedad propia del terreno, la cual se ocasiona por lluvias o heladas. Livilcar es una comunidad rica en piedra, cuentan con una serie de canterías alrededor del pueblo y éstas pueden ser muy bien utilizadas para la construcción de viviendas de adobe, especialmente en cimientos y sobrecimientos.

## CONSTRUCCIÓN DEL ENCOFRADO

- Para partir la construcción de sobrecimientos se deben volver a unir las cuerdas de los extremos de las balizas.
- Luego con la ayuda de esas marcas, se debe construir un encofrado, con tablas de madera, las cuales pueden ser reutilizadas de antiguas construcciones. **El encofrado deber tener una altura de 30 cm** y las marcas deben estar ubicadas a ambos lados del muro, con una distancia de separación de 50 cm.



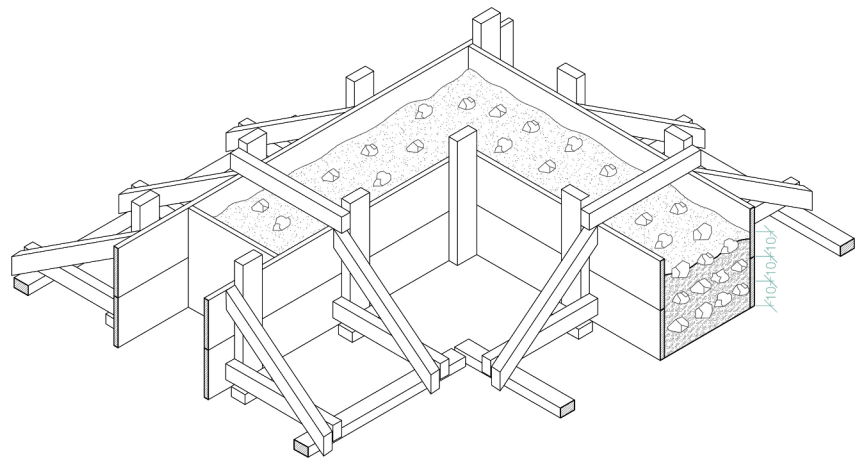
- Para evitar que los encofrados se unan al sobrecimiento se debe aplicar aceite. Para esto se mezcla en partes iguales un aceite vegetal y un aceite mineral, asegurándose que los aceites no sean solubles en agua ni corrosivos. Posteriormente, con la ayuda de una brocha, se aplica el aceite formando una capa gruesa a la parte en todo el interior del encofrado y los bordes superiores, sin saltarse ninguna área.
- Es importante que los encofrados están anclados al terreno a través de contrafuertes de madera temporales, para evitar que estos se desplacen durante la construcción.

## LLENADO DEL SOBRECIMIENTO

La mezcla del sobrecimiento es la misma que para el cimiento, pero con piedras más pequeñas de 10 cm de diámetro. La mezcla para el sobrecimiento, según la casa a construir es la siguiente:

MATERIAL	2 AMBIENTES	3 AMBIENTES	4 AMBIENTES
CEMENTO	1 BALDE	2 BALDES	3 BALDES
ARENA	8 BALDES	13 BALDES	17 BALDES
PIEDRA 10 CM	2 BALDES	4 BALDES	5 BALDES
AGUA	1.5 BALDES	3 BALDES	4 BALDES

- Se debe preparar la mezcla en un lugar plano, sobre plástico o concreto, con la ayuda de una mezcladora o pala. No se debe realizar la mezcla sobre el terreno natural.
- Luego de preparada, la mezcla se vacía dentro del encofrado, en cada de 10 cm, colocando la piedra entre capa y capa, tratando de ocupar  $\frac{1}{4}$  de volumen total del encofrado. Se debe tener especial cuidado con las juntas que quedan entre las maderas que formar el encofrado, evitando que el material se escape por estas.
- Se repite el procedimiento hasta alcanzar los 30 cm de altura del encofrado, luego, se debe emparejar la última capa con la ayuda de una regla, realizando rayones en la superficie, para mejorar la adherencia con los bloques de adobe.
- Se mantiene en reposo por 4 semanas, esto permitirá que la estructura tome resistencia y sea segura para soportar los muros de adobe. Se recomienda mojar el sobrecimiento durante las cuatro semanas posteriores, al menos una vez al día, para evitar que el hormigón se seque y quebraje.



# PASO 4: CONSTRUCCIÓN DE MUROS

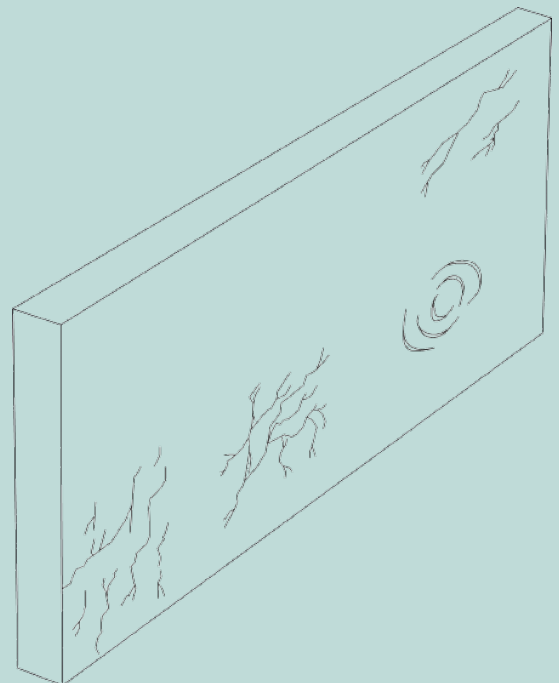
## ELABORACIÓN DE MORTERO

Antes de erigir el muro de bloques de adobe se debe confeccionar el mortero que unirá a los bloques.

El mortero es una mezcla de barro, tierra, paja y agua, que permite unir los bloques de adobes. La dosificación del mortero depende de cada tierra, por ende, se deben realizar ciertos ensayos antes de definir cuanta paja, agua y tierra tendrá cada mortero.

### PRUEBA DE COMPARACIÓN

- En diferentes recipientes se combinan distintas proporciones de tierra y paja, variando la cantidad de tierra y paja en cada uno de estos y anotando en cada recipiente cuál es la mezcla utilizada.
- Posteriormente, cada mezcla se combina con agua hasta formar un barro manejable.
- Sobre una muralla lisa, se impregnan todos los barros, marcando cual corresponde a cada recipiente. Se deja secar por un día completo.
- Al día siguiente se verifican los barros secos sobre la muralla. La mezcla a utilizar será la que presente menos fisuras. Si existen dos o más mezclas que no presentan rajaduras, se escoge la que utilice menos cantidad de paja.



Una vez definido el mortero a utilizar se debe tener claro la ubicación y distribución de los bloques de adobe. En los anexos de este manual se podrán encontrar las fichas de Emplantillado de Adobes, en dónde se ve cómo se configuran estos en las hiladas par e impar del muro. Finalmente se siguen las instrucciones especificadas en el *Capítulo Viviendas Sismorresistentes*.



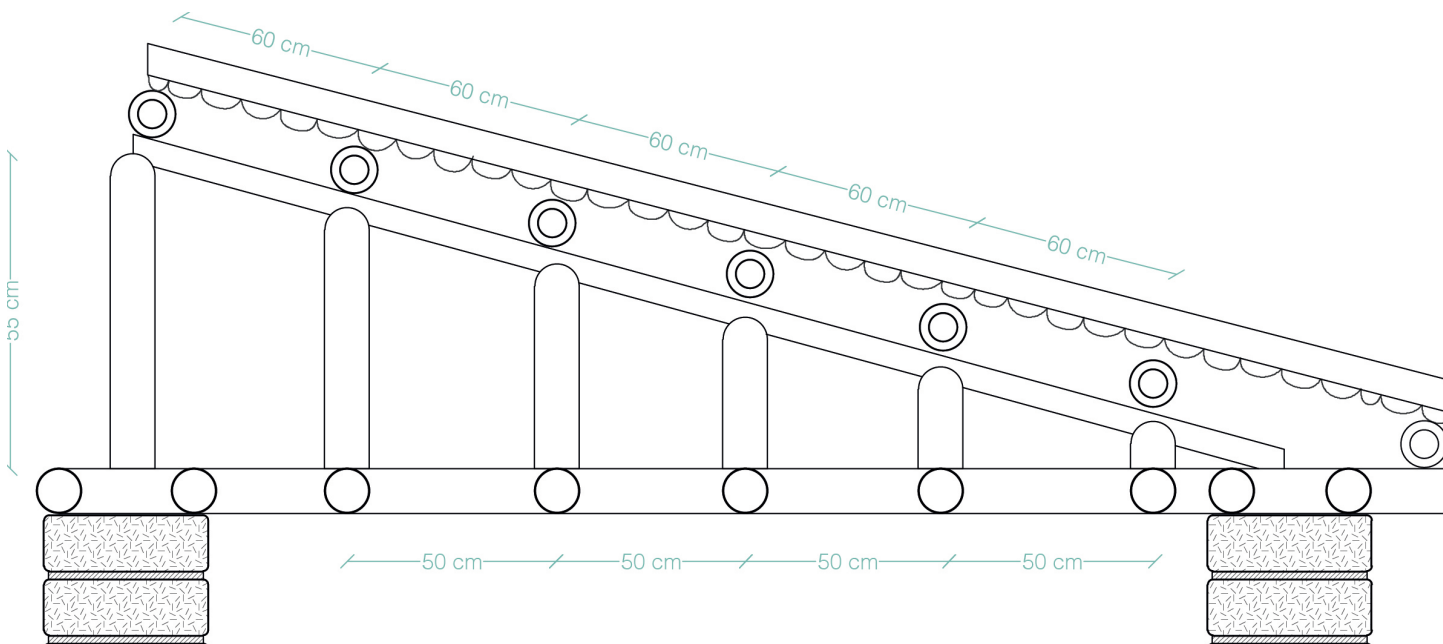
# PASO 5: CONSTRUCCIÓN DEL TECHO

Livilcar es una zona lluviosa, por lo que las viviendas deben estar adaptadas para resistir fuertes lluvias. Además, para ser una vivienda sismorresistente, el techo debe ser liviano.

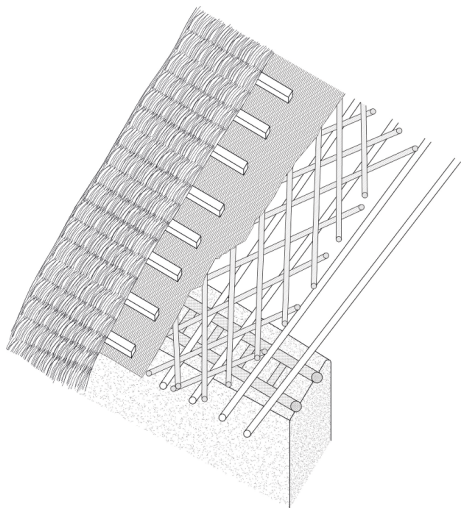
En el caso de los techos, lo mejor es construir un techo inclinado, para evitar la acumulación de agua sobre este y proteger a la vivienda.

La inclinación óptima del techo es de 30°, o sea, por cada metro de largo del muro, el techo debe tener una altura de 30 cm desde donde terminan los bloques de adobe. Es decir, si muro tiene un largo de dos metros, el punto más alto del techo tendrá un alto de 20 cm respecto al punto más bajo.

Para construir una estructura inclinada, se deben construir los pares, nudillos y tirantes según indica la figura. Estos se deben unir a la viga collar con las mismas uniones que esta utiliza.



Es importante dejar un alero de 50 cm de largo sobre los muros, para evitar que el agua que caiga desde el techo deslice por los muros erosionando los revestimientos.

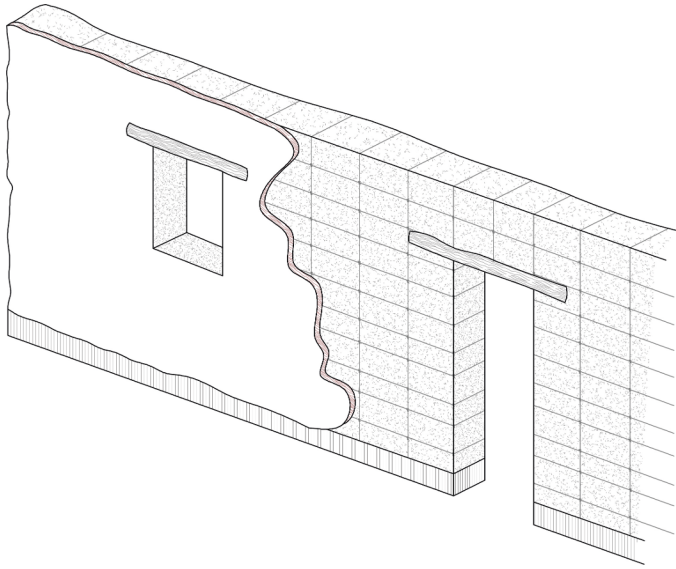


Posterior a ello, se deben coronar los muros con barro, para luego instalar un entramado de caña brava. Esta caña brava permite unir todos los pares y nudillos, otorgando una mayor rigidez a la estructura del techo.

Luego se debe colocar un plástico, el cual aislará a la vivienda de futuras lluvias, y sobre este, esteras de totora.

Por último, se colocan dos capas de barro y paja de 2,5 cm de espesor, cada una debe ser colocada con un día de diferencia.

## PASO 6: TERMINACIONES



- Antes de comenzar se deben limpiar las paredes y humedecer ligeramente todas las caras de las paredes de adobe. El barro de revoques es la misma mezcla utilizada para los morteros, pero añadiendo más paja.
  - Para aplicar los revoques, se debe formar una bola de barro con las manos y presionarla fuertemente contra la superficie de la pared, en todo el muro exterior de la vivienda.
  - Se deben colocar dos capas de revoques, la primera gruesa y rugosa, de 2,5 cm de espesor. Al día siguiente, cuando la capa anterior haya secado, se coloca una capa final de 0,5 cm y se empareja para darle un acabado final.
- Al tercer día, es posible que aparezcan rajaduras finas sobre los revoques. Estas mini fisuras se pueden arreglar con la siguiente mezcla. Se moja una brocha en la mezcla preparada y se pasa sobre todas las fisuras hasta que estas se sellen. Se dejan secar.

### RECETA PARA FISURAS DE REVOQUES

1 balde de tierra chacra

1 balde de arena de río

$\frac{1}{4}$  balde de agua

$\frac{1}{4}$  balde de baba de tuna

Si se quieren aislar aún más la vivienda del frío se puede aplicar una capa de baba de tuna sobre todos los muros exteriores de la vivienda. Cuando los revoques se encuentren completamente secos se instalan las puertas y ventanas de la estructura.

Para la construcción de los pisos se debe excavar 5 cm en todos los ambientes de la casa, se apisonar el suelo y se colocan piedras de 4-5 cm de diámetro. Posteriormente se realiza una mezcla de 8 baldes de tierra, previamente cernida, por un balde de cemento y  $\frac{1}{2}$  balde de agua. Esta mezcla se vacía en el suelo y se empareja con la ayuda de una madera.

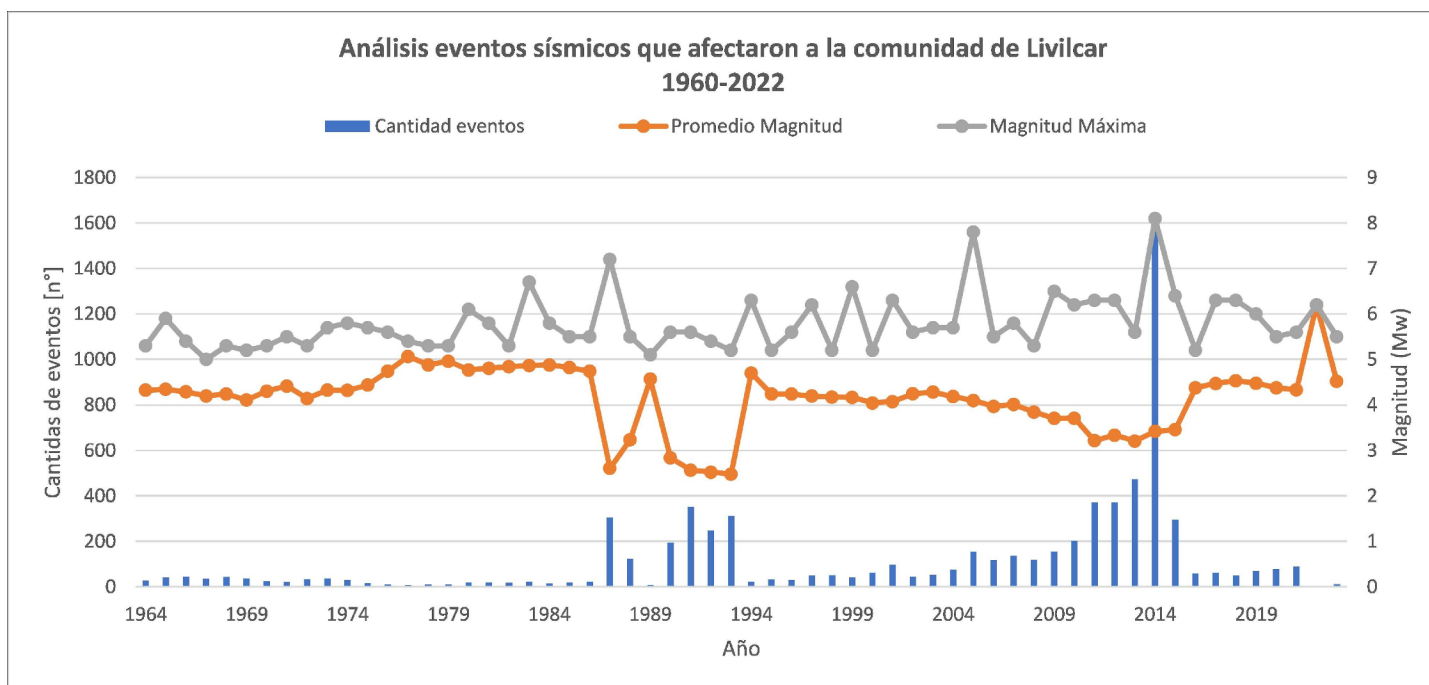
Por último, se realizan las instalaciones eléctricas. Las tuberías deben ir por sobre los muros, estos no se deben picar, ya que la estructura pierde estabilidad. Para instalar las ampollitas, las tuberías sobre los muros o vigas de madera. Si es posible, consulta a un especialista en electricidad.



# VIVIENDAS SISMO RESISTENTES

# 3

# ¿POR QUÉ ES NECESARIO REFORZAR?

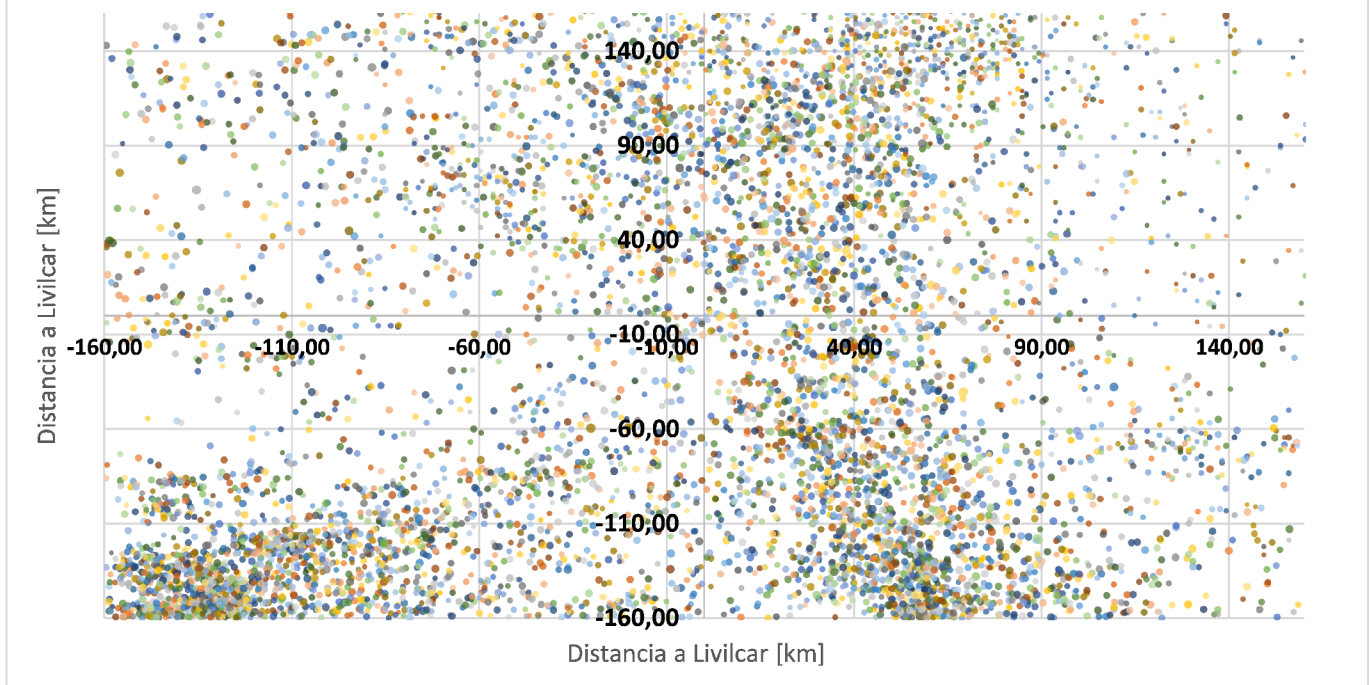


Chile es un país sísmico por excelencia, posee uno de los más altos niveles de actividad sísmica en el mundo, con un promedio de 200 sismos diarios, entre imperceptibles y perceptibles. (CSN, 2015).

En términos sísmicos, según el informe de Campo y Compte "Distribución espacio-temporal del régimen de esfuerzos en el sur de Perú y Norte de Chile. Evidencias de una etapa de madurez terminal de un ciclo sísmico", la localidad de Livilcar desde el año 1500 hasta el año 2014, se ha visto enfrentada a cuatro terremotos severos: el terremoto de Arica del 1604 (8.5 Mw), el de Arica de 1868 (9.0 Mw), el de Iquique de 1877 (8.5 Mw) y el del Norte Grande de 2014 (8.2 Mw). Desde este último la comunidad no se ha visto afectada por terremotos de grado superior

Si observamos los eventos ocurridos desde el año 1960 hasta la actualidad en un cuadrante de 160km alrededor de Livilcar, con datos obtenidos desde la plataforma de monitoreo sísmico IRIS y el Centro Sismológico Nacional, se obtiene que el promedio de eventos que afectan a la localidad presentan una magnitud cercana a los 3,5 Mw en escala de Richter y que estos ocurren en un aproximado de 120 veces por año. Frente a este último dato es importante aclarar, que tal como muestra el gráfico adjunto, la cantidad de eventos ha ido en aumento en los últimos años con un claro salto desde el año 2000 en adelante, en lo cual se debe considerar el crecimiento en la red de acelerógrafos nacionales.

Distribución histórica de eventos sísmicos ocurridos en un cuadrante de 160 km  
Livilcar (1960-2022)



Se presenta un mapeo histórico de los eventos ocurridos desde 1960 en un cuadrante de 160 km alrededor de la localidad de Livilcar, con registros obtenidos el CSN, el punto importante a destacar es que la localidad estudiada, ubicada en las coordenadas (0,0) del gráfico se encuentra aproximadamente a 40 km al oeste de falla de Atacama, la cual se observa claramente según la distribución de eventos, y por la cual, aumenta las probabilidades de la localidad de ser un punto cerca al epicentro de futuros eventos sísmicos. De la misma forma se puede observar una segunda zona altamente sísmica al extremo inferior izquierdo del gráfico, esto corresponde a los eventos producidos en el Terremoto del Norte Grande el año 2014.

Si bien la comunidad de Livilcar no se encuentra en una zona altamente sísmica como lo son otras zonas más centrales y costeras de nuestro país, existen registros que dan cuenta que la comunidad es susceptible a

la ocurrencia grandes sismos, desde allí nace la necesidad de contar con edificaciones preparadas para resistir dichos eventos Para construcciones de materiales tradicionales como el hormigón o el acero, la normativa nacional es bastante exigente e impone una serie de normas que permiten que una edificación sea segura ante la ocurrencia de sismos. En cambio, para metodologías de construcción ancestrales, la normativa es prácticamente inexistente.

Posterior al terremoto del Maule del 2010, ante la necesidad de reconstruir obras históricas en adobe se promulgó en el año 2013 la norma "*NCh3332-Estructuras-Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda-Requisitos del proyecto estructural*".

Si bien la elaboración de esta norma constituye un hecho relevante, su contenido es generalizado para todo el país, por lo que se hace necesario el uso de herramientas como el presente manual.



# CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE ADOBE CON MALLAS DE DRIZAS

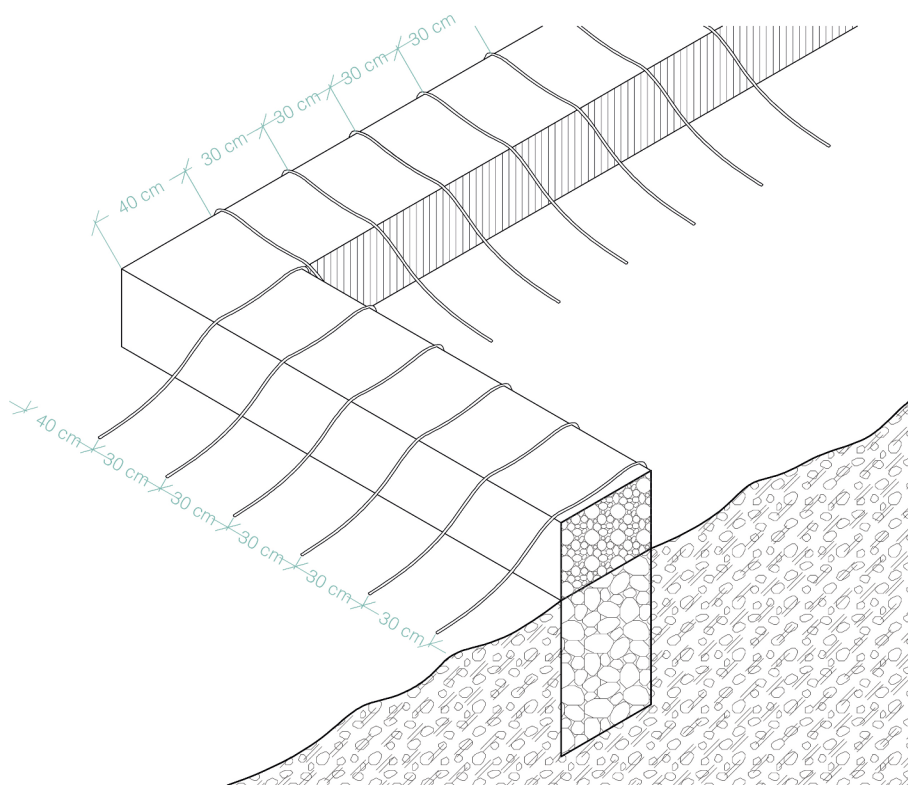
La construcción de muros es quizás la parte más relevante en el proceso construcción de una vivienda de adobe. Hoy en día existen diversas técnicas para construir una vivienda de adobe sismo-resistente, la más adecuada para Livilcar, debido a su difícil acceso, es la construcción de viviendas con mallas de drizas, y es la cual se abordará en este manual.

Las **drizas** son cuerdas que generalmente se ocupan para izar banderas o velas en embarcaciones, pero también pueden ser utilizadas para reforzar muros de adobe, permitiendo que estos mejoren su comportamiento antes sismos. En general son de bajo costo y se pueden encontrar en todas las ferreterías.

**Para esta aplicación se ocupará una cuerda de 5/32" de diámetro, cortadas en largos de 0.9 y 1.8 metros.**

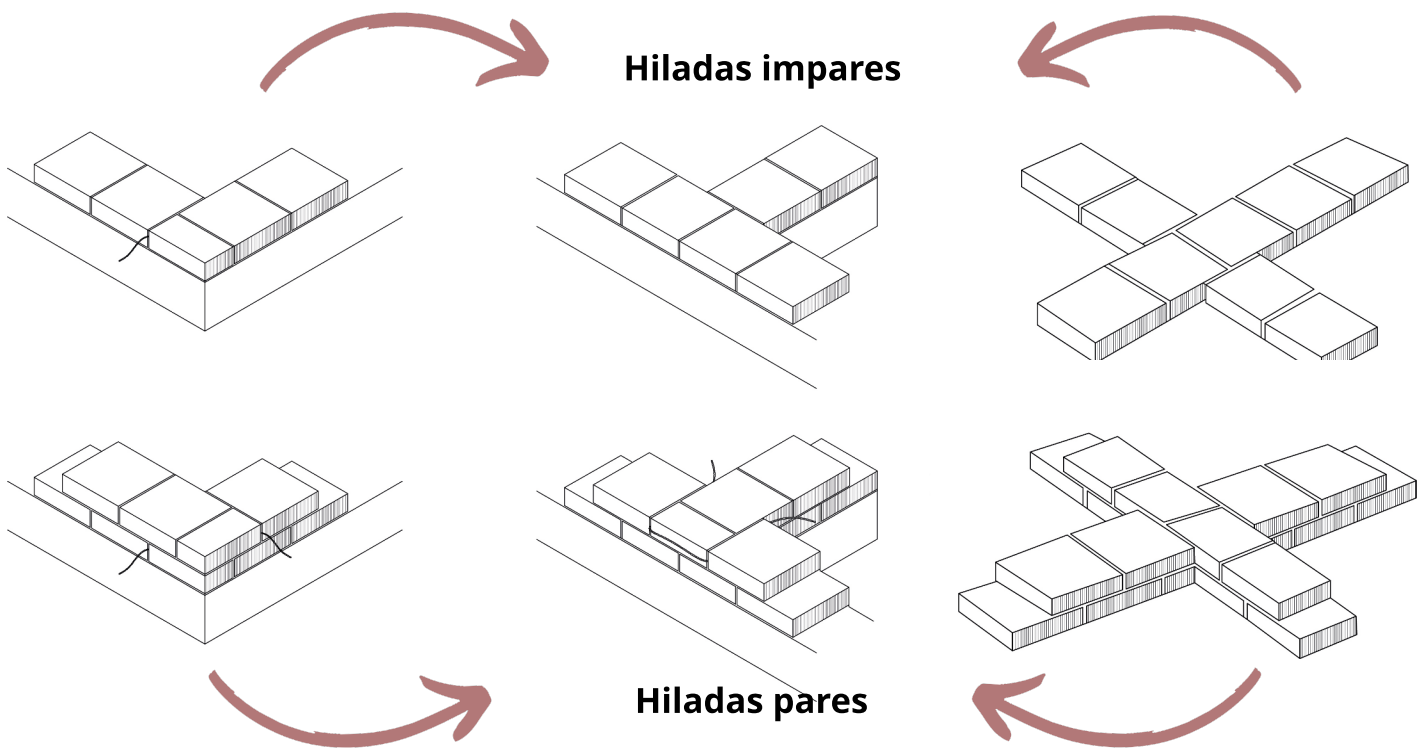
## EDIFICACIÓN DE MUROS

- El primer paso es marcar una madera cada 16 cm, que es a la altura de bloque de adobe más 1 cm de espesor de mortero. Las juntas de menos de un centímetro pueden generar poca adherencia entre los bloques y las de más de 1 cm pueden volver inestable la estructura.
- De forma paralela, se prepara el mortero de barro con la mezcla de paja y tierra seleccionada, tal como se explicita en el *Capítulo Autoconstrucción de Viviendas* de este manual.
- En cuanto se tenga listo el mortero se puede comenzar a edificar el muro. Para esto se debe colocar las cuerdas de largo de 1.8 metros separadas cada 30 cm, partiendo desde la esquina interior de la vivienda. Las cuerdas se deben ubicar dejando la mitad de su largo al interior de la casa y la otra mitad hacia el exterior de la casa.

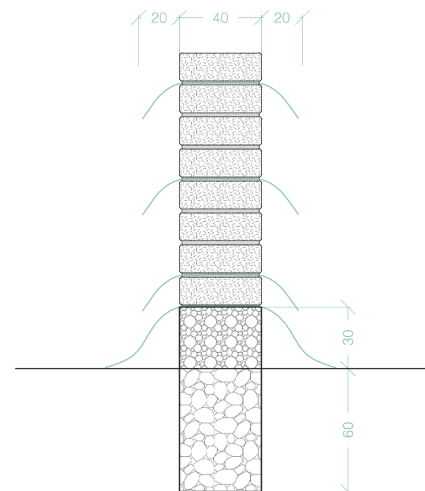




- Luego, se debe agregar una capa de 1 cm de grosor de mortero en las esquinas del muro de la vivienda, y ubicar los bloques de adobe correspondientes, según el emplantillado de la casa escogida, en cada extremo. Estos bloques se pueden unir por una cuerda, la que servirá de guía para ubicar el resto de la hilada.
- Antes de ubicar cada bloque en el muro, se deben mojar por 5 segundos, esto permite que se saturen y no absorban agua del mortero.
- El espacio horizontal entre cada bloque igualmente debe ser de 1 cm de espesor.
- Posterior a la primera hilada de adobes, se deben ubicar las cuerdas de 0.8 metros de largo, en la misma posición que las anteriores, y continuar con la segunda hilada de bloques.

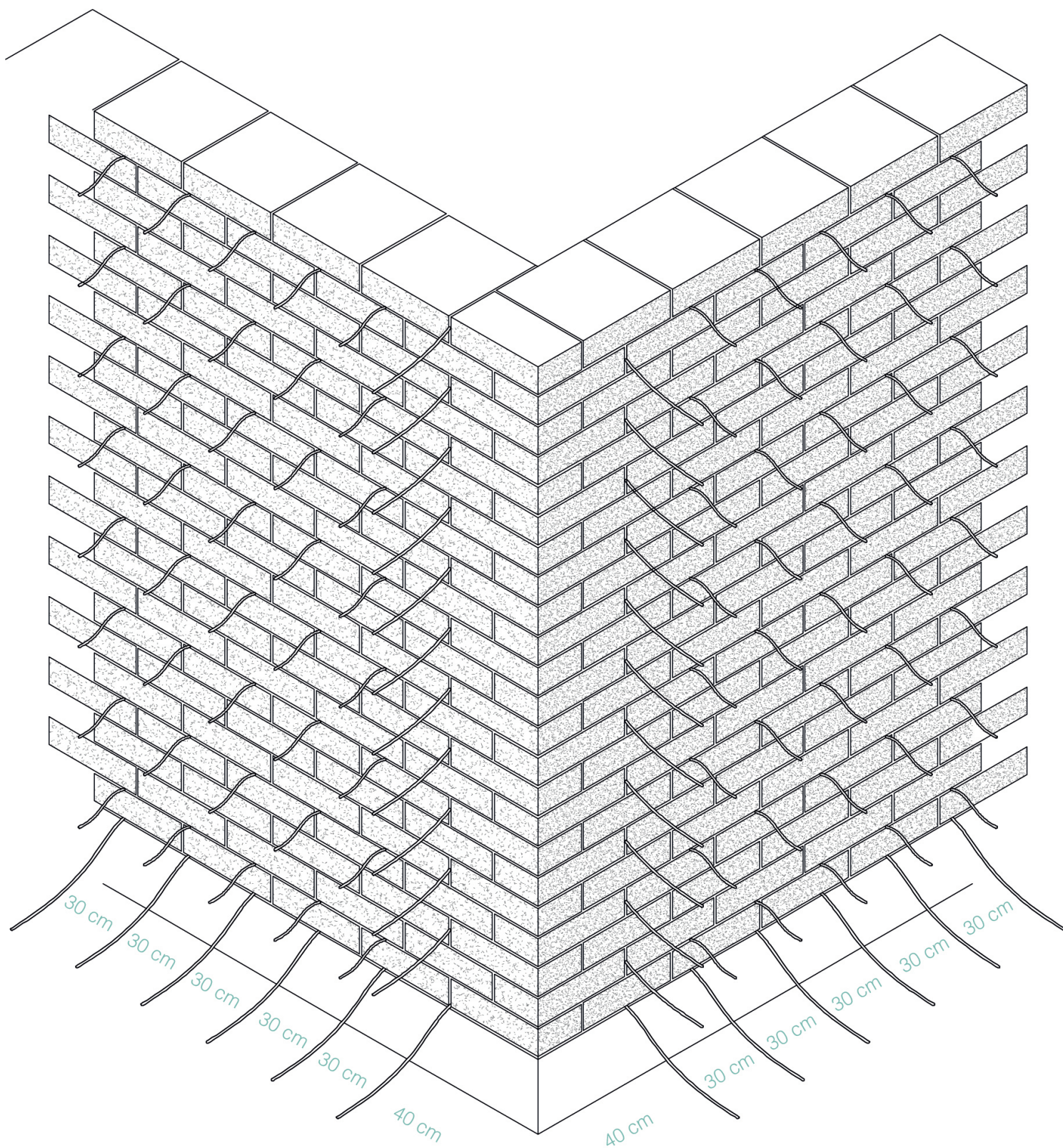


- Finalmente se continúa con el resto de la construcción del muro según el emplantillado, ubicando cuerdas cada tres hiladas de adobe. Se debe construir un máximo de 5 hiladas por día, permitiendo que el mortero se seque y adquiera resistencia. Además, se debe verificar constantemente que el muro respete las marcas realizadas al principio en la madera que sirve de guía y que este se encuentre perfectamente vertical.



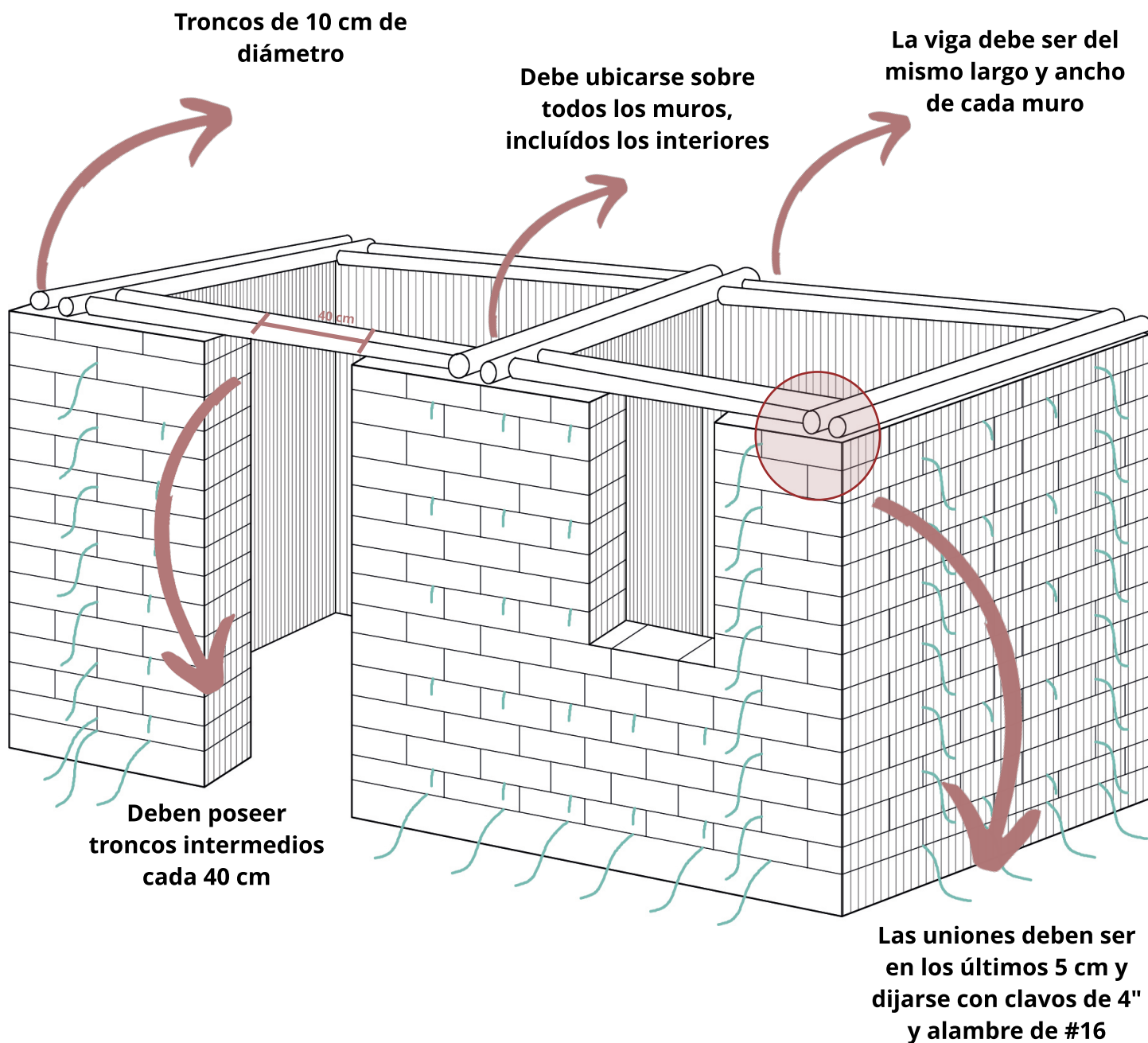


El resultado final del muro debe ser similar a lo que se muestra en la imagen



## CONSTRUCCIÓN DE VIGA COLLAR

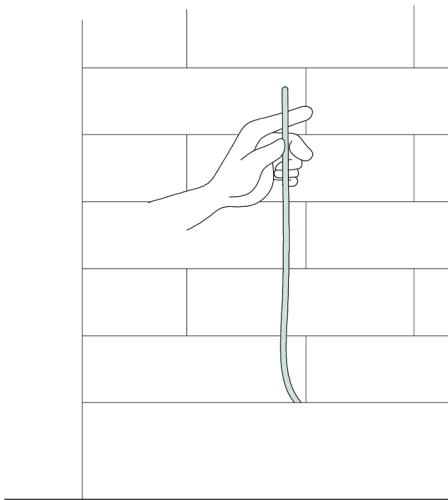
La **viga collar** es una viga que se ubica sobre todos los muros de la vivienda y permite que estos colaboren y actúen juntos en caso de un sismo. Se contruye de maderas y tiene la siguiente forma.



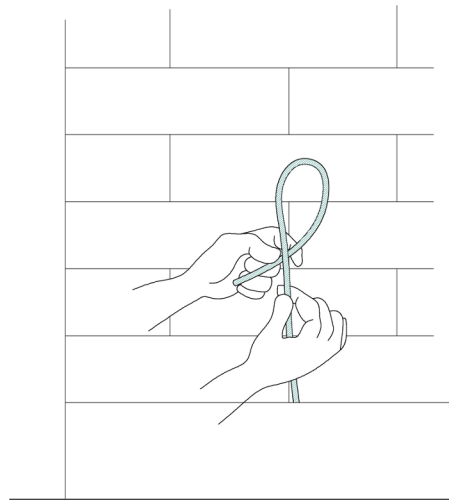
Con la viga collar ya construida, esta se posiciona sobre los muros de la estructura y se rellena con mortero los espacios que quedan entre sus celdas.

## UNIÓN DE CUERDAS

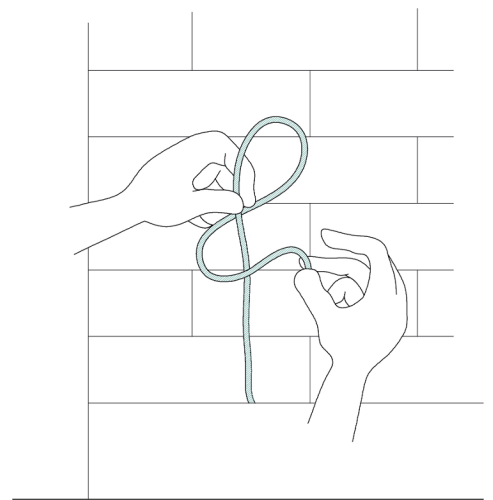
- Para la unión de cuerdas, se necesita una cuerda que denominaremos vertical, lo suficientemente larga para atravesar el muro verticalmente.
- Se parte tomando la cuerda que se posicionó bajo la primera hilera de adobes, sobre el sobrecimiento, y se realiza un nudo en 8 siguiendo los pasos de la imagen.



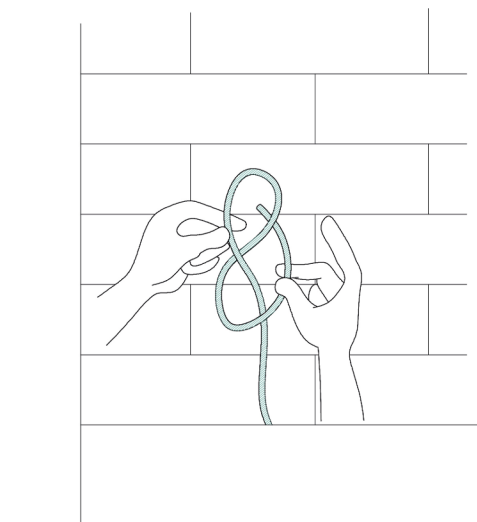
**Paso 1**



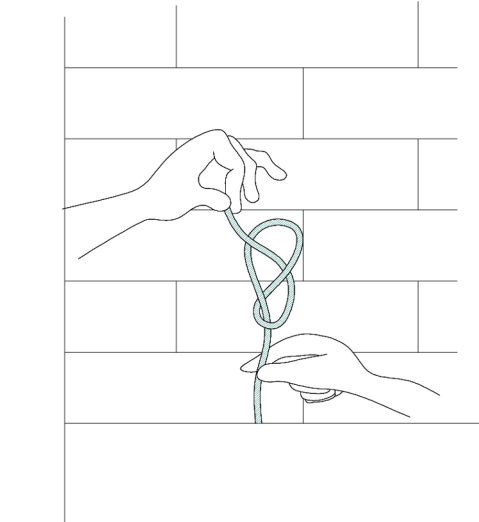
**Paso 2**



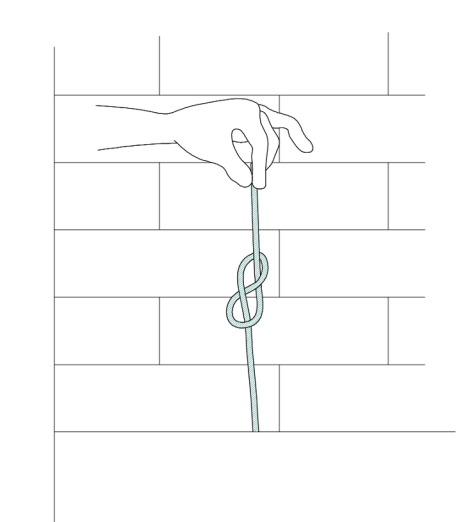
**Paso 3**



**Paso 4**

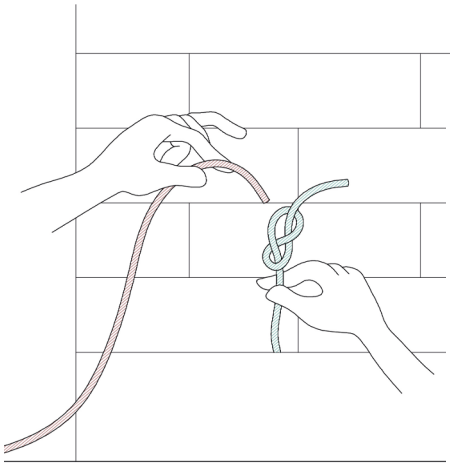


**Paso 5**

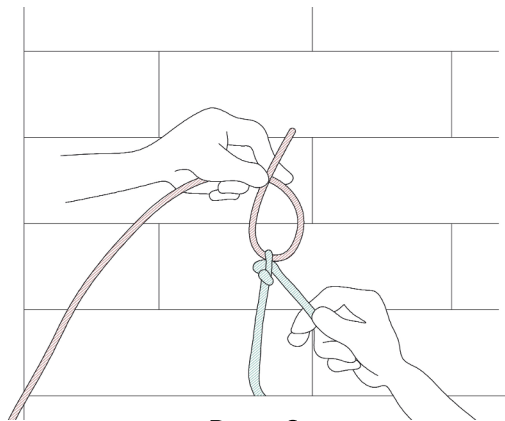


**Paso 6**

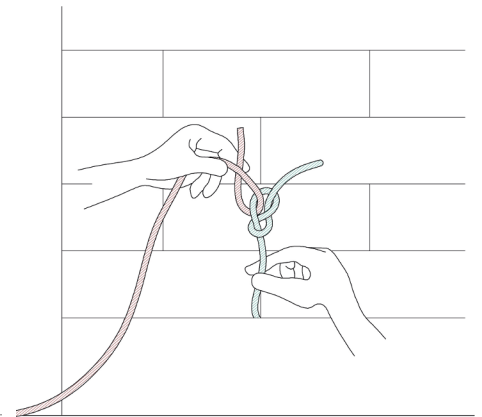
- Se pasa la cuerda vertical por el centro del nudo en 8 y se jala para unir ambas cuerdas con firmeza.



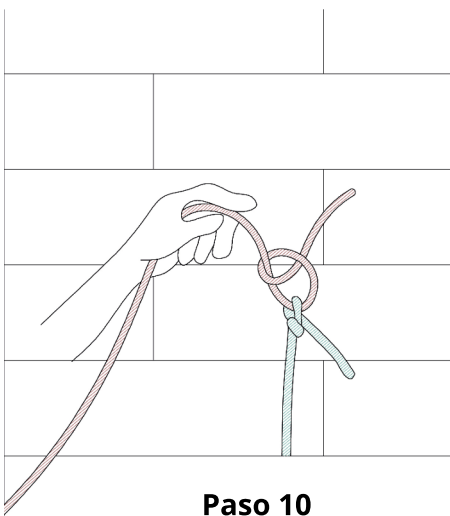
**Paso 7**



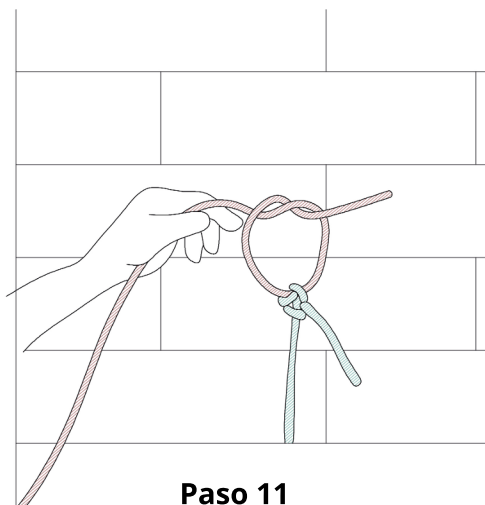
**Paso 8**



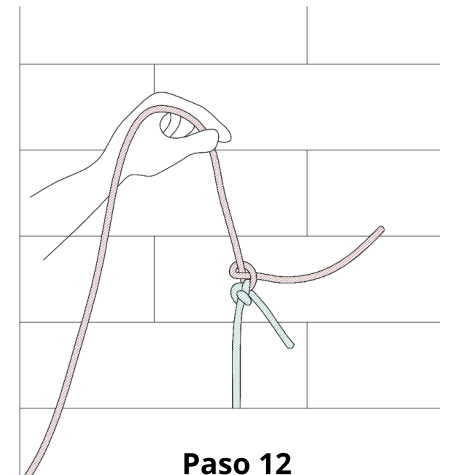
**Paso 9**



**Paso 10**



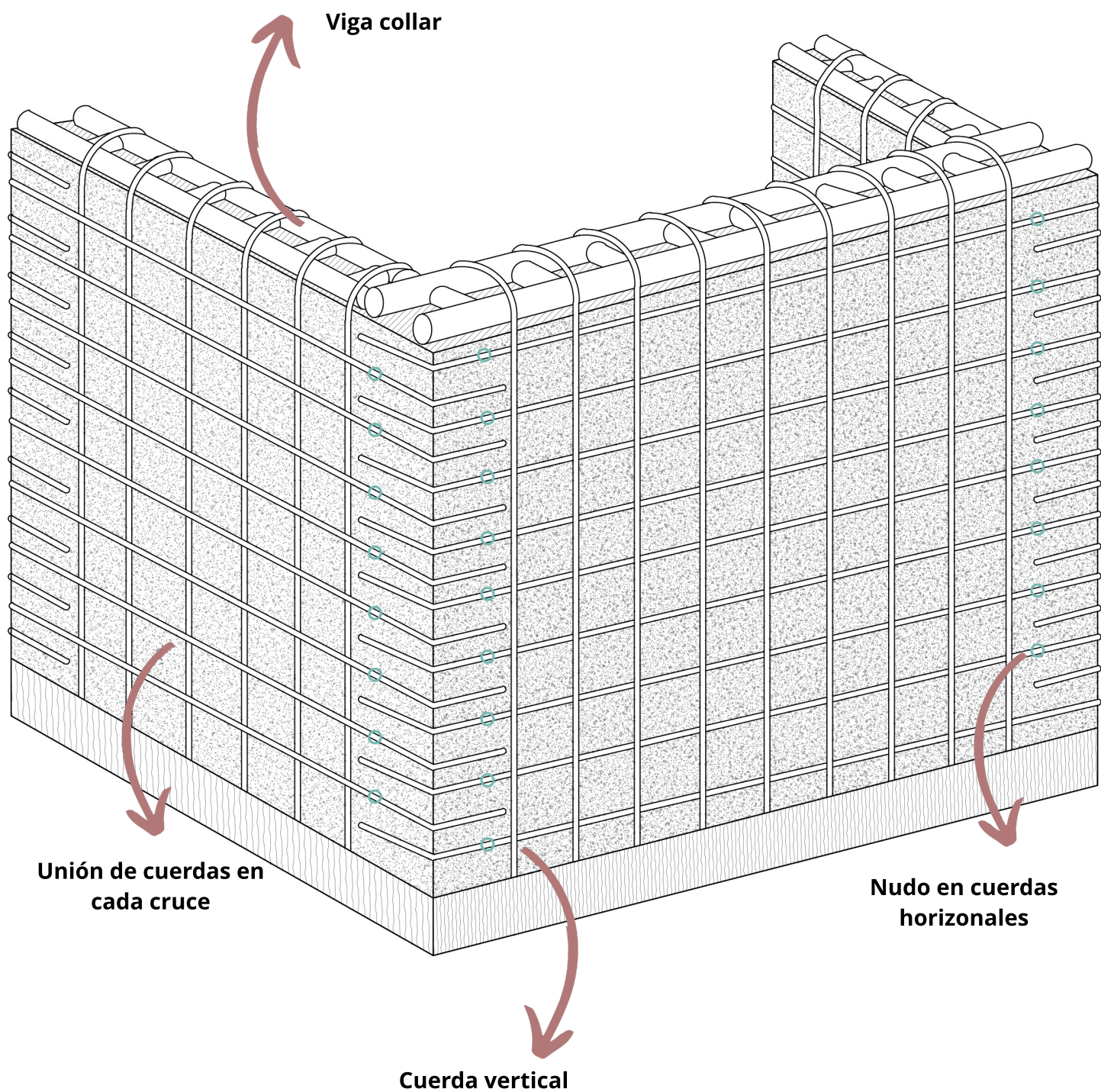
**Paso 11**



**Paso 12**

- Posterior a ello se fija la cuerda vertical con dos nudos simples. Se vuelve a asegurar la cuerda jalando fuertemente, y se lanza por sobre la viga collar, hacia el lado contrario del muro y se repite el procedimiento en el otro extremo.
- Luego, se amarrarán todas las cuerdas horizontales de la misma manera, en la parte interna y externa del muro, unidas a las cuerdas de bordes, asegurando que envuelvan las esquinas. Es importante que las cuerdas rodeen los adobes y no las juntas de mortero.
- Por último, se unen el resto de cuerdas libres en la intersección de cuerdas verticales y horizontales a través de dos nudos simples, y se cortan los sobrantes para mantener la limpieza de la vivienda.

El resultado final del muro con las cuerdas unidas debe ser similar a lo que se muestra en la imagen





WACABO  
12489  
1728A

# CONSERVACIÓN DE VIVIENDAS

# 4

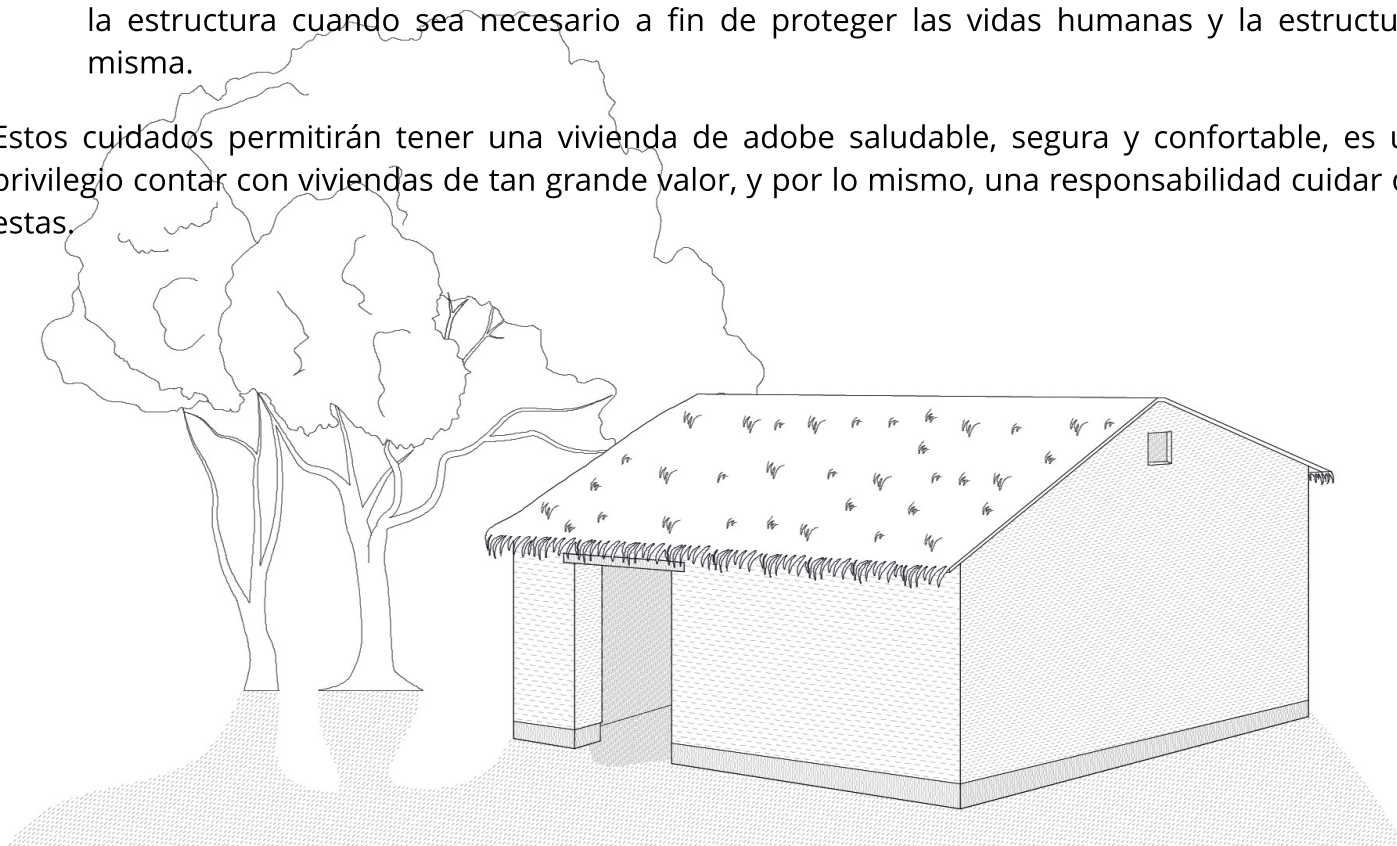


# RECOMENDACIONES GENERALES

Para mantener y preservar en correcto estado las construcciones de tierra, se deben seguir ciertos procedimientos. Las y los habitantes de la vivienda son responsables de velar por ella y deben chequear periódicamente el estado integral de esta a fin de detectar los problemas a tiempo antes de que estos aumenten en gravedad.

- Se debe mantener completamente limpio el perímetro de la vivienda, libre de escombros muebles y basura en general.
- Se debe mantener el perímetro de la estructura completamente libre de arbustos y plantas. Estos retienen la humedad y debilitan la construcción de adobe, además de ser un peligro de incendio debido a su posible inflamación.
- Se debe verificar regularmente el estado de las techumbres, incluso en períodos de sequía. Es necesario contar con una vivienda impermeabilizada ante cualquier fenómeno natural. Se deben mantener limpias canaletas y sistemas de evacuación de aguas lluvias, con la misma finalidad.
- En caso de un sismo o alud de gran magnitud, se debe monitorear la estructura apenas sea seguro acceder a la zona, se debe chequear el estado completo de ésta, detalladamente. En caso de presentar algún daño de emergencia, se debe actuar de inmediato, apuntalando la estructura cuando sea necesario a fin de proteger las vidas humanas y la estructura misma.

Estos cuidados permitirán tener una vivienda de adobe saludable, segura y confortable, es un privilegio contar con viviendas de tan grande valor, y por lo mismo, una responsabilidad cuidar de estas.



# AUTO RESTAURACIÓN DE VIVIENDAS

# 5



Antes de intervenir cualquier estructura, especialmente una patrimonial, es importante tener claro que reparar y reforzar, aunque similares, son acciones distintas.

Terremotos, vientos o aludes son fenómenos naturales que actúan sobre las viviendas, generando cargas (fuerzas) sobre las estructuras y que las llevan hasta un estado límite, que estas deben resistir.

Cuando una estructura pierde esa capacidad de resistencia, por deterioro, ya sea debido a la acción de fenómenos naturales como terremotos, vientos o aludes, intervenciones en la estructura resistente o simplemente el paso del tiempo, es necesario **reparar** la estructura, para que esta vuelva a su estado inicial, restableciendo los niveles originales de resistencia y seguridad.

Por otro lado, **reforzar** una estructura es incrementar esta capacidad resistente para que esta pueda soportar terremotos más grandes o vientos más fuertes.

A continuación, se muestran una serie de técnicas de restauración para las viviendas de adobe según el tipo de daño que presentan. Algunas técnicas tienen como objetivo reparar partes dañadas de las viviendas, mientras que otras, buscan reforzarlas, para que estas se encuentren mejor preparadas.

Estas soluciones se basan en el uso de técnicas rurales, privilegiando materiales locales y de fácil acceso a la comunidad, buscando siempre disminuir el impacto visual en las viviendas y así respetar su legado y patrimonio.

# CIMIENTOS Y PISOS

# FICHA #1

## ASENTAMIENTO DE MUROS

### INTESIDAD DEL DAÑO

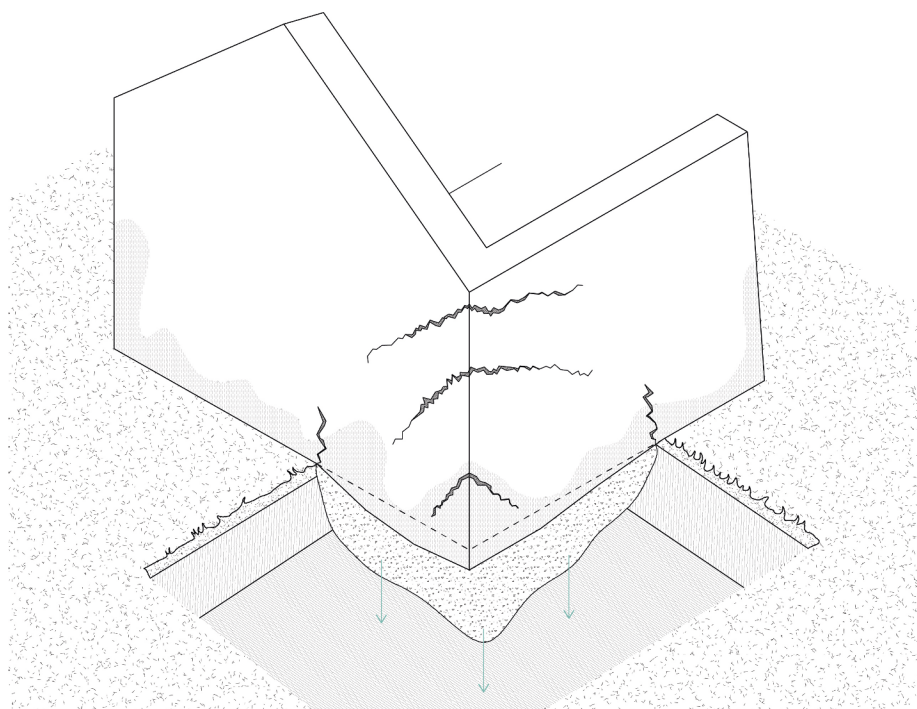


### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- El suelo sobre el cual se construyó no estaba bien compactado (está suelto) o no presenta la resistencia deseada.
- Se produjo infiltración de aguas subterráneas, filtración de aguas lluvias o continua exposición a la humedad.
- Construcción deficiente del cemento, el cual falla por el peso propio de la vivienda.



**Paso 1:** Apuntalar muros y techos.

**Paso 2:** Excavar hasta un metro de profundidad, en un lugar cercano al asentamiento, para observar si el suelo fallo por humedad o por exceso de cargas.

Si la causa es la humedad del suelo, se deben seguir los siguientes pasos, pero construyendo los cimientos tipo dren, los cuales cuenta únicamente de piedra, sin mortero, rellenando los espacios con piedras de menor diámetro para facilitar el drenaje del agua.

**Paso 3:** Se debe excavar bajo el muro, hasta encontrar un suelo firme. Se excava alternadamente en intervalos de 0.6 metros y un largo que abarca el muro más 0.4 m desde la orilla de este hacia el exterior, tal como indica la figura, la profundidad de la excavación dependerá de la profundidad para encontrar un suelo firme.

**Paso 4:** Terminada la excavación se debe rellenar con piedra de diámetro 0.15 a 0.25 m, sin mortero, asegurando llenar todos los espacios.

**Paso 5:** Cuando se llega al nivel del sobrecimiento, se debe colocar una malla de driza y luego envolver con dicha malla, piedras de 7 a 10 cm de diámetro, anudarla para generar "bloques de malla de driza".

**Paso 6:** Se completa el vacío entre el sobrecimiento y el muro con inyección de morteros.

**Paso 7:** Se rellena el hueco perimetral que resta de la excavación con grava de 4 a 6 cm de diámetro.

**Paso 8:** Finalmente se reparan las grietas que formó el asentamiento siguiendo las instrucciones de las *Ficha 3: "Grietas de menos de 2cm de espesor"* y/o *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*.

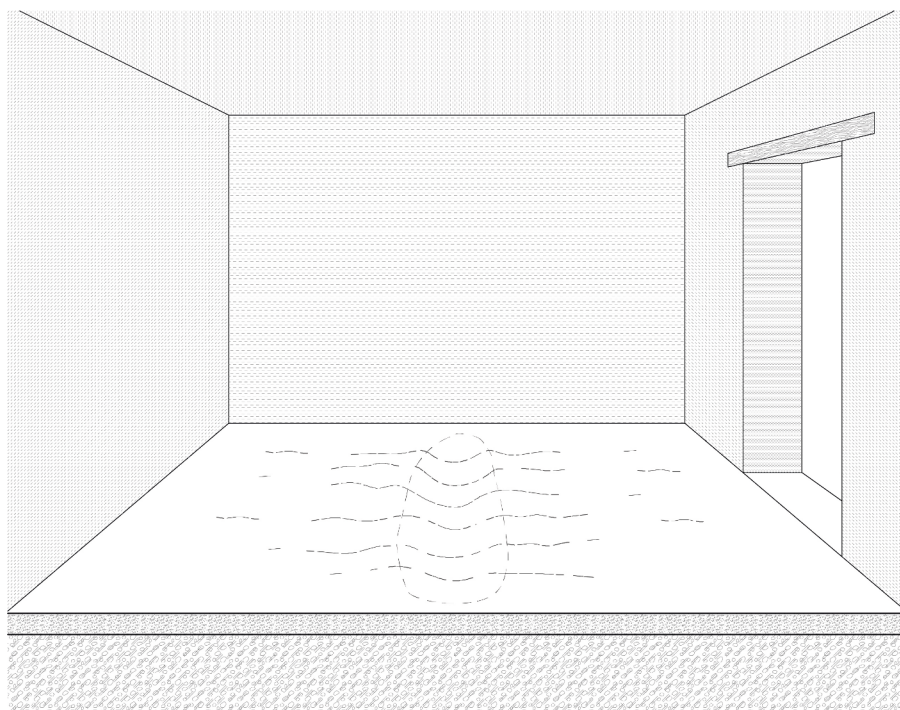
# FICHA #2

## ASENTAMIENTO DE PISOS

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Un tránsito mayor por esa zona o una carga excesiva.
- Humedad por la rotura de alguna cañería u otro canal de agua..

**Paso 1:** Realizar una excavación en el sitio para observar la causa del problema.

Si la causa es la humedad del suelo se debe cortar la fuente de agua y seguir los siguientes pasos,

**Paso 2:** Picar todo el suelo de la vivienda 20 cm.

**Paso 3:** Reemplazar el suelo con tres capas de grava. La primera con grava de 4 a 6 cm de diámetro; la segunda con grava de 2 a 4 cm y la superior con grava de 1 cm de diámetro.

**Paso 4:** Sobre la capa de grava colocar una capa de arena gruesa extraída de la orilla del río.

**Paso 5:** Posteriormente se realiza una mezcla de 8 baldes de tierra, previamente cernida, por un balde de cemento y ½ balde de agua. Esta mezcla se vacía en el suelo y se empareja con la ayuda de una madera.

**Paso 6:** Finalmente, se coloca un de enlucido de barro y paja en tres capas, de 2, 1 y 0.5 cm respectivamente, dejando que la capa anterior se seque antes de poner la siguiente y cortando cada vez más fina la paja en cuanto más se acerca a la superficie. Si el problema del suelo no era la humedad, se debe emparejar la zona y comenzar desde el Paso 5.

# MUROS

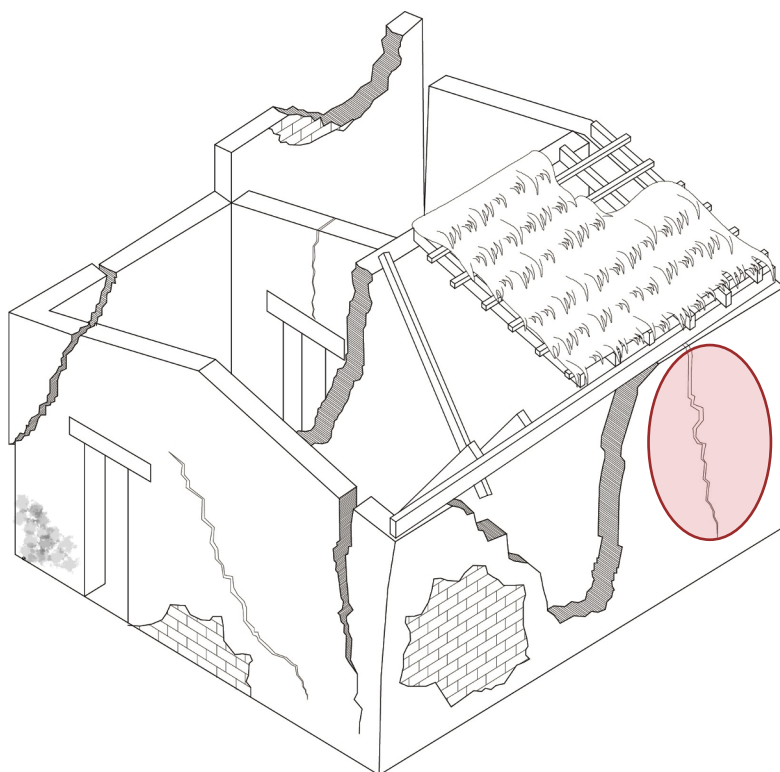
## FICHA #3

# GRIETAS MENORES A 2CM DE ESPESOR

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Sismos.
- Aludes.
- Lluvias extremas.
- Asentamientos

**Paso 1:** Quitar enlucidos y revoques para evaluar las grietas.

**Paso 2:** Si la grieta tiene menos de 1 cm de espesor, se debe ensanchar hasta alcanzar el centímetro.

**Paso 3:** Preparar dos morteros, uno de consistencia líquida y otro de consistencia más seca.

**Paso 4:** Inyectar en todas las grietas el mortero más líquido con la ayuda de la jeringa.

**Paso 5:** Inyectar el mortero seco para contener al interior del muro el más líquido. Dejar secar para adherir resistencia.



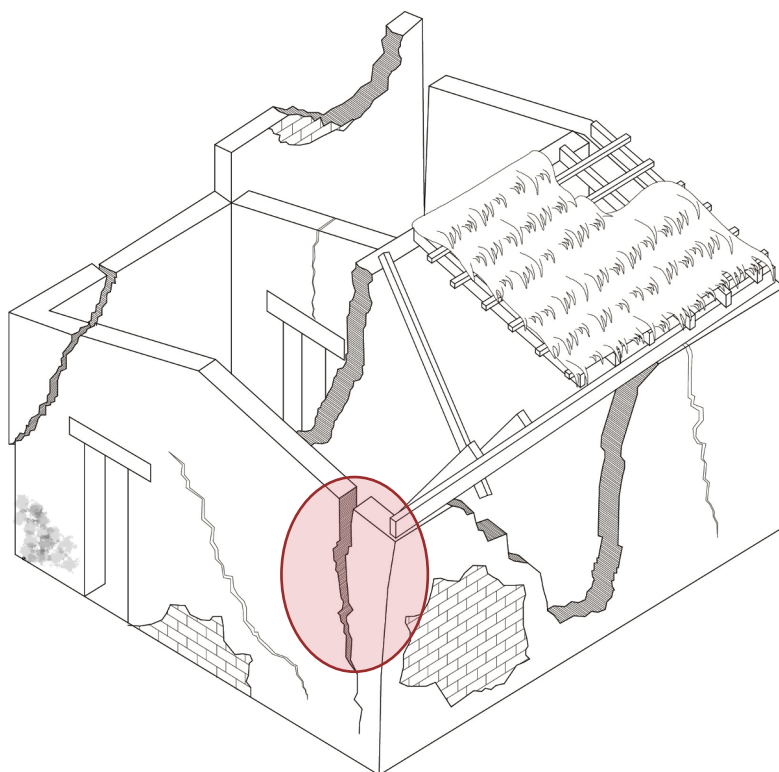
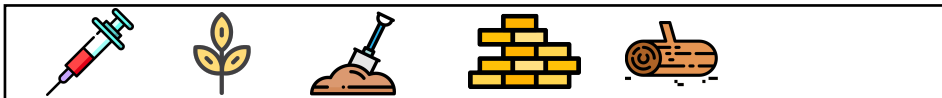
## FICHA #4

# GRIETAS MAYORES A 2CM DE ESPESOR

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Sismos.
- Aludes.
- Lluvias extremas.
- Asentamientos

**Paso 1:** Quitar enlucidos y revoques para evaluar las grietas.

**Paso 2:** Quitar de a un adobe, desde la base del muro, aquellos que se encuentren rotos o inestables. Quitar todo resto de mortero alrededor.

**Paso 3:** Apuntalar con tacos de madera el área sin adobe.

**Paso 4:** Preparar mortero

**Paso 5:** Instalar una cama de mortero más bien seco, quitar tacos de madera, posicionar nuevo bloque de

adobe, instalar cuñas de madera entre el adobe nuevo y el superior y dejar secar por un día.

**Paso 6:** Al día siguiente, apretar mortero con los dedos, quitar cuñas de madera e inyectar mortero faltante con la ayuda de una jeringa.

**Paso 7:** Repetir el procedimiento a lo largo de toda la grieta.

**Paso 8:** Inyectar mortero por grietas menores, siguiendo los pasos de la *Ficha 3: "Grietas de menos de 2cm de espesor"*.

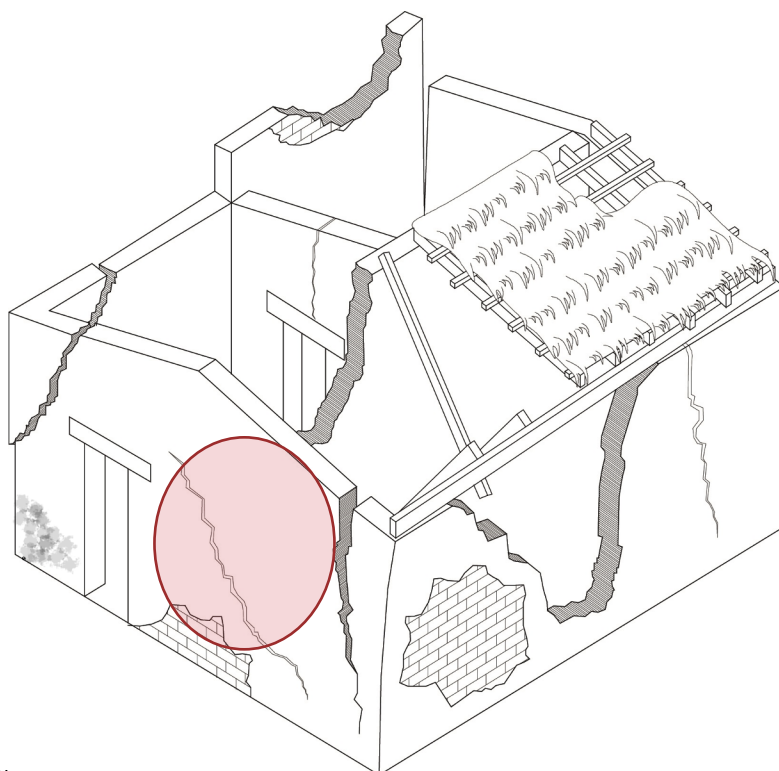
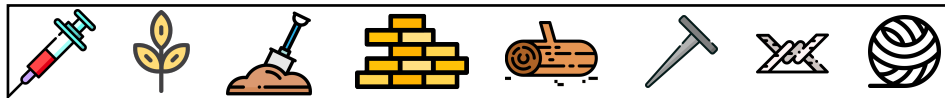
# FICHA #5

## GRIETAS DIAGONALES

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Sismos, cuando las fuerzas producidas por estos actúan en sentidos opuestos sobre un muro, superando su capacidad de resistencia y generando grietas diagonales.

**Paso 1:** Si existiera desajuste permanente, primero restituir la verticalidad del muro según la *Ficha 13: "Reparación de desajuste de muros"*.

**Paso 2:** Reparar grietas según la *Ficha 3: "Grietas de menos de 2cm de espesor"* y/o *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*.

**Paso 3:** reforzar la estructura con la construcción de una viga collar y mallas de driza según lo indicado en el *Capítulo V: Refuerzo Sísmico*.

**Paso 4:** Enlucir con tierra y paja según la *"Ficha 15: Reparación de revoques"*.

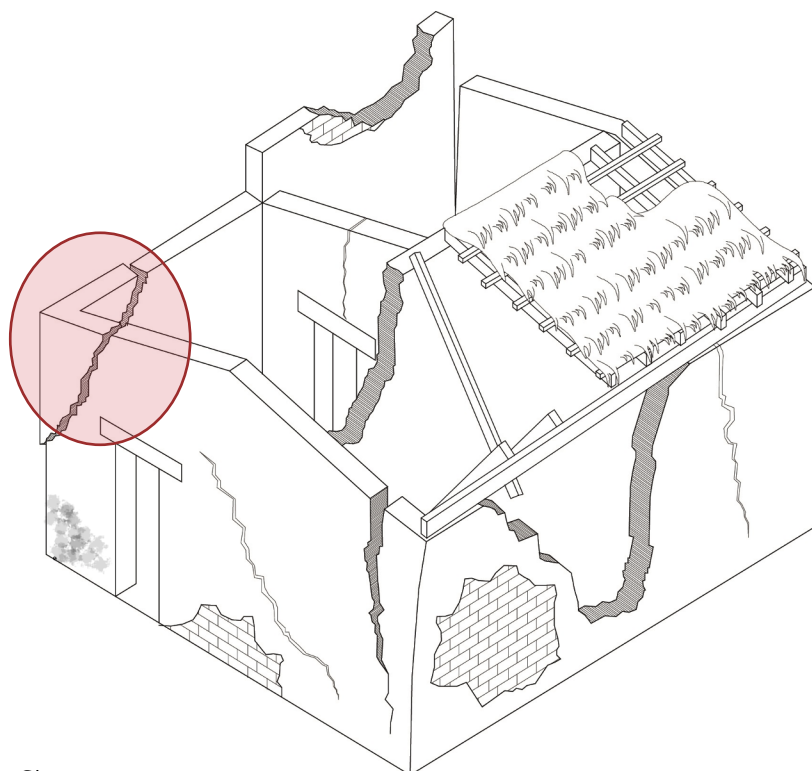
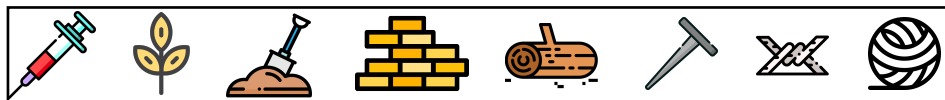
# FICHA #6

## GRIETAS VERTICALES EN INTERSECCIÓN DE MUROS

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Sismos, cuando debido a las fuerzas que estos fenómenos generan, se produce la separación de los muros perpendiculares en su intersección.

**Paso 1:** Si existiera desajuste permanente, primero restituir la verticalidad del muro según la *Ficha 13: "Desajuste de muros"*.

**Paso 2:** Reparar grietas según la *Ficha 3: "Grietas de menos de 2cm de espesor"* y/o *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*

**Paso 3:** reforzar la estructura con la construcción de una viga collar y mallas de driza según lo indicado en el *Capítulo V: Refuerzo Sísmico*.

**Paso 4:** Enlucir con tierra y paja según la *"Ficha 15: Reparación de revoques"*.

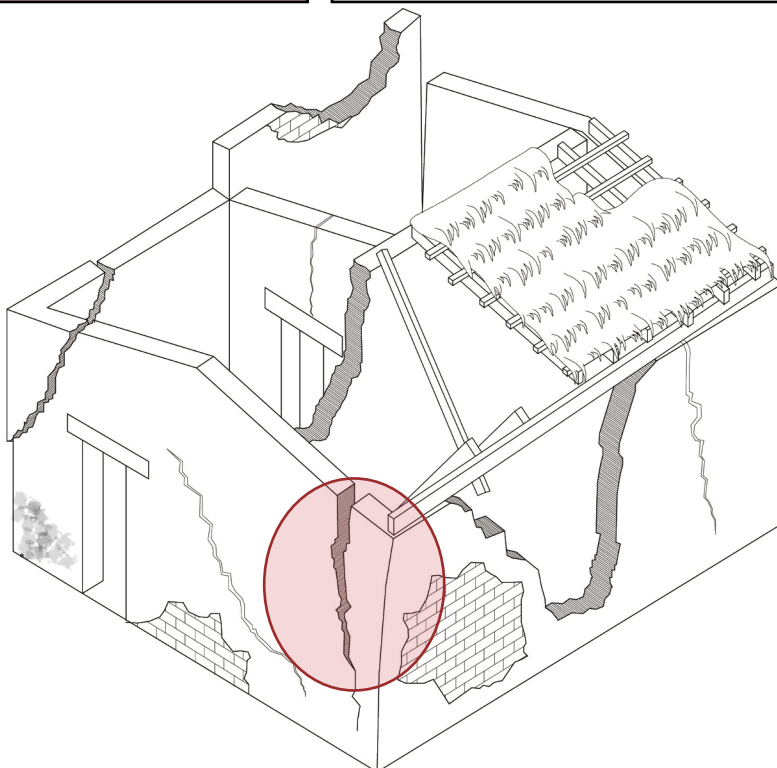
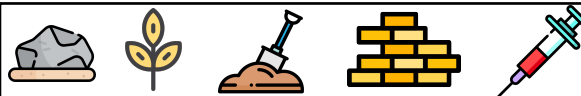
# FICHA #7

## GRIETAS VERTICALES EN LA MITAD DE MUROS

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Sismos y fallas en el diseño, cuando debido a las fuerzas que estos fenómenos generan, los muros en extremos largos sufren grandes desplazamientos fuera de su plano en su parte central.

**Paso 1:** Si existiera desplome permanente, primero restituir la verticalidad del muro según la *Ficha 13: "Desaplome de muros"*.

**Paso 2:** Reparar grietas según la *Ficha 3: "Grietas de menos de 2cm de espesor"* y/o *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*.

**Paso 3:** Construcción de un contrafuerte en la mitad del muro largo, para ello se construye en primera instancia un sobrecimiento de la misma altura del muro original y un espesor igual al espesor del muro. La

geometría del contrafuerte se muestra en la imagen adjunta.

**Paso 4:** Picar el muro existente, respetando el ancho del sobrecimiento construido, hasta la cara opuesta del muro.

**Paso 5:** Posicionar los nuevos adobes, tal como muestra la imagen.

**Paso 6:** Enlucir con tierra y paja según la *"Ficha 15: Reparación de revoques"*.

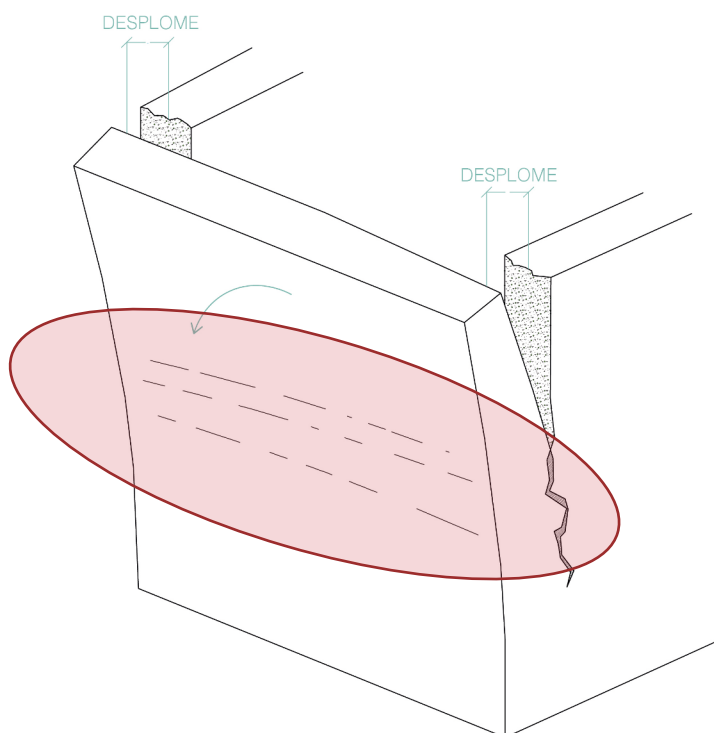
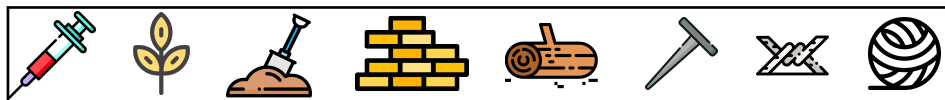
# FICHA #8

## GRIETAS HORIZONTALES BAJAS

INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Fallas en el diseño en conjunto con la acción de sismos: al construir muros muy altos y de poco espesor, estos presentarán desplazamientos mayores a mayor altura, tendiendo a agrietarse.

**Paso 1:** Si existiera desaplome permanente, primero restituir la verticalidad del muro según la *Ficha 13: "Reparación de desaplome de muros"*.

**Paso 2:** Reparar grietas según la *Ficha 3: "Grietas de menos de 2cm de espesor"* y/o *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*.

**Paso 3:** Reforzar la estructura con la construcción de una viga collar y mallas de driza según lo indicado en el *Capítulo V: Refuerzo Sísmico*.

**Paso 4:** Enlucir con tierra y paja según la *"Ficha 15: Reparación de revoques"*.

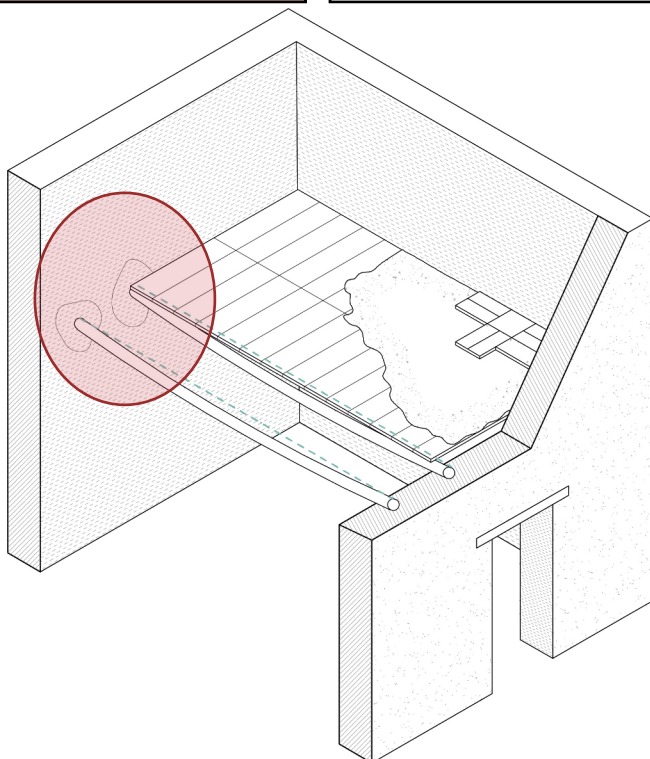
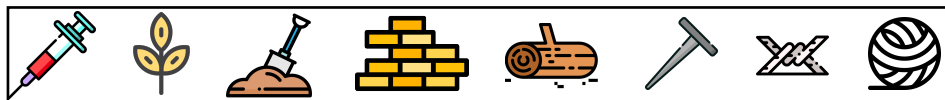
# FICHA #9

## GRIETAS EN APOYOS DE VIGAS

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Fallas en el diseño al acumular demasiada carga sobre las vigas de madera haciendo que estas tiendan a volcarse de los muros, produciendo las grietas.

**Paso 1:** Si existiera desaplome permanente, primero restituir la verticalidad del muro según la *Ficha 12: "Reparación de desaplome de muros"*.

**Paso 2:** Reparar grietas según la *Ficha 3: "Grietas de menos de 2cm de espesor"* y/o *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*

**Paso 3:** Apuntalar techo y quitar vigas que presentan

grietas bajo estas.

**Paso 4:** Reforzar la estructura con la construcción de una viga collar y mallas de driza según lo indicado en el *Capítulo V: Refuerzo Sísmico*.

**Paso 5:** Apoyar y clavar vigas sobre viga collar.

**Paso 6:** Enlucir con tierra y paja según la *"Ficha 14: Reparación de revoques"*.

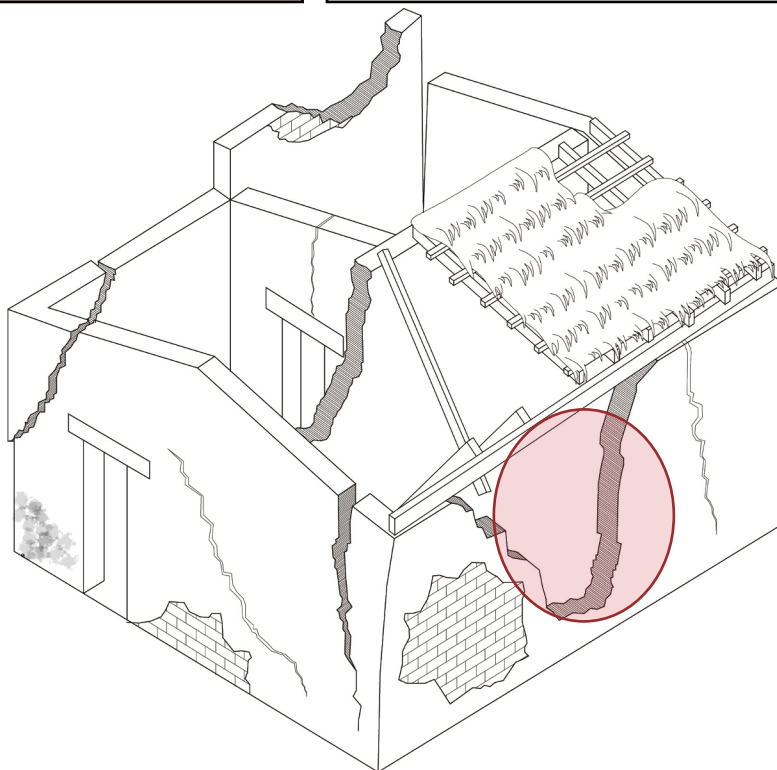
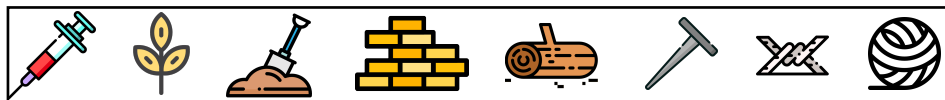
# FICHA #10

## COLAPSO PARCIAL DE MUROS

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Falta de mantenimiento y sismos, durante los cuales muros dañados con anterioridad presentan mayores posibilidades de derrumbarse.

**Paso 1:** Si existiera desplome permanente, primero restituir la verticalidad del muro según la *Ficha 12: "Desplome de muros"*.

**Paso 2:** Reconstruir con nuevos adobes la parte colapsada del muro, quitando todos los morteros y adobes afectados.

**Paso 3:** Reparar grietas según la *Ficha 3: "Grietas de*

*menos de 2cm de espesor"* y/o *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*

**Paso 4:** Reforzar la estructura con la construcción de una viga collar y mallas de driza según lo indicado en el *Capítulo V: Refuerzo Sísmico*.

**Paso 5:** Enlucir con tierra y paja según la *"Ficha 14: Reparación de revoques"*.

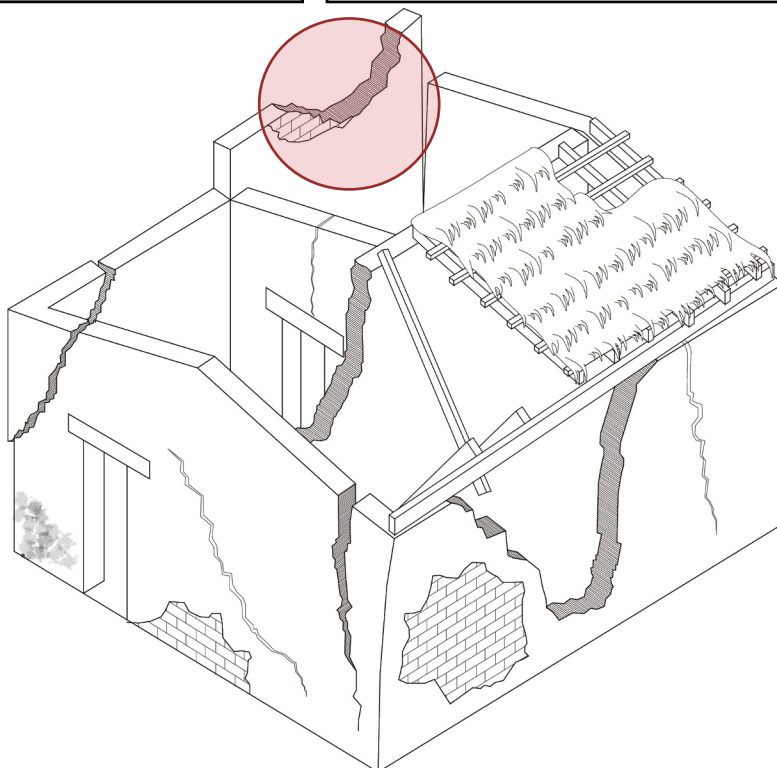
# FICHA #11

## GRIETAS HORIZONTALES EN TÍMPANOS ALTOS

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Sismos: los muros, conectados entre sí, y el tímpano, vibran de diferente forma, por lo que ante un sismo, el tímpano tenderá a voltearse hacia el exterior de la vivienda.

**Paso 1:** Apuntalar los techos que se apoyan en tímpanos.

**Paso 2:** Desarmar y retirar los tímpanos cuidadosamente.

**Paso 3:** Reforzar la estructura con la construcción de una viga collar según lo indicado en el *Capítulo V: Refuerzo Sísmico*.

**Paso 4:** Reemplazar los bloques de adobe de los tímpanos por quinchas unidas cada 60 cm por maderas.

**Paso 5:** Rellenar los espacios entre las quinchas con

paja y barro, en proporción de 1 balde de agua, 1 balde de tierra chacra previamente cernida y 30 baldes de paja brava.

**Paso 6:** Reparar la grieta horizontal según la *Ficha 3: "Grietas de menos de 2cm de espesor"* y/o *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*.

**Paso 7:** Reforzar los muros con lazos de drizas verticales y horizontales según lo indicado en el *Capítulo V: Refuerzo Sísmico*.

**Paso 8:** Enlucir con tierra y paja según la *"Ficha 14: Reparación de revoques"*.



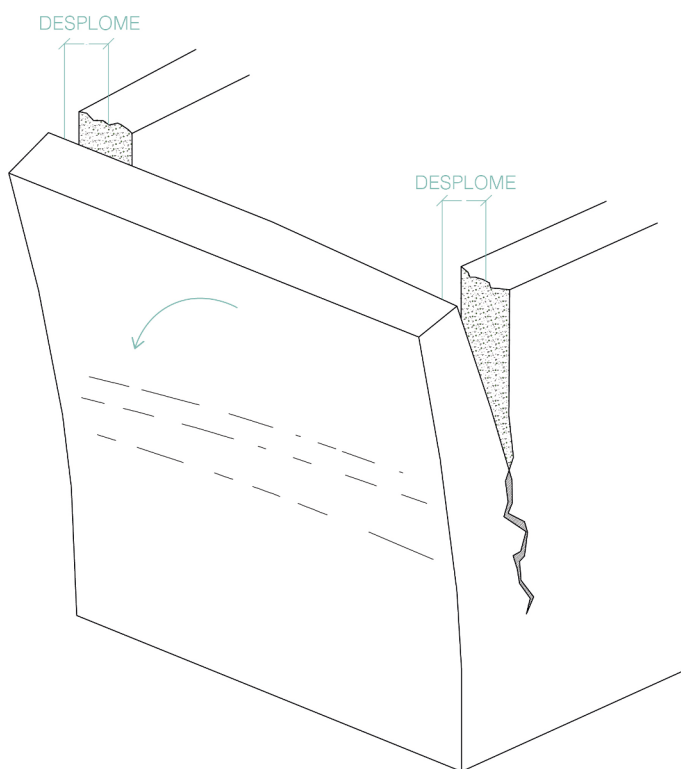
# FICHA #12

## DESAPLOME DE MUROS

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Falla en cimientos por asentamientos.
- Sismos.

#### Paso 1: Apuntalar los techos.

Si el muro es menor a 2.4 metros de altura y el desplome es de 8 cm o menos, el muro se podrá enderezar siguiendo los siguientes pasos. En caso contrario, si desplome es mayor, el muro se deberá demoler y reconstruir.

**Paso 2:** Se apuntalan los muros afectados, con maderos inclinados, apoyados en el muro sobre una tabla contigua y sobre el suelo en cuñas de madera ubicadas a la mitad de la altura del muro, tal como indica la figura.

**Paso 3:** Se repara la grieta horizontal siguiendo las instrucciones de la *Ficha 8: "Grietas horizontales"*.

**Paso 4:** Se endereza el muro dando golpes con un mazo o comba sobre las cuñas de madera sobre el suelo. De esta forma los maderos inclinados empujan uniformemente el muro hacia su estado inicial, distribuyendo el peso sobre la tabla de madera sin afectar la construcción.

**Paso 5:** Reforzar la estructura con la construcción de una viga collar y mallas de driza según lo indicado en el *Capítulo V: Refuerzo Sísmico*.

**Paso 6:** Enlucir con tierra y paja según la *"Ficha 14: Reparación de revoques"*.

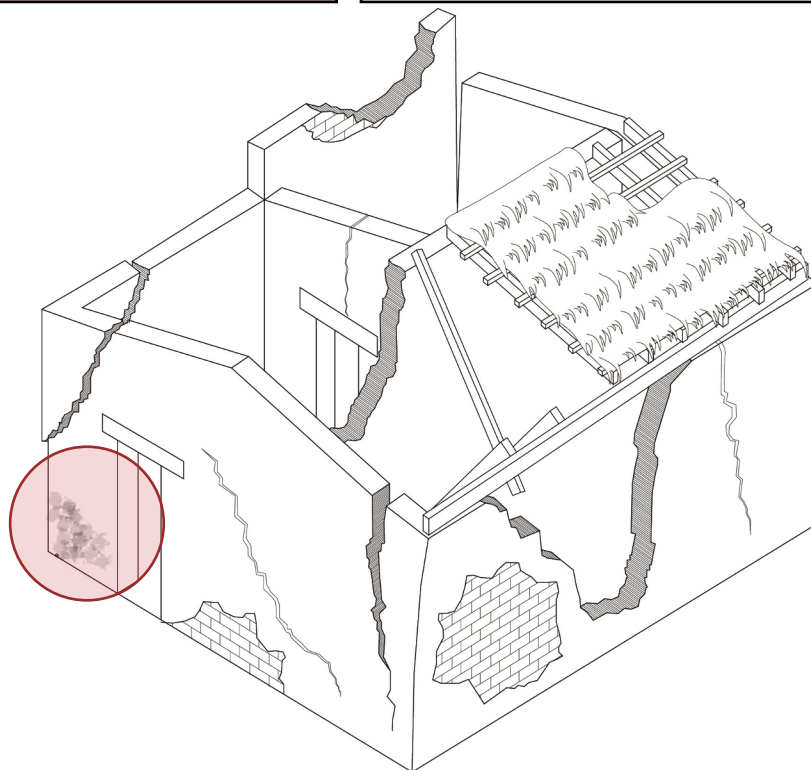
## FICHA #13

# HUMEDAD EN PARTE BAJA DE MUROS

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Cimientos con mal drenaje.
- Fallas constructivas y/o diseño al poseer canaletas deficientes o no contar con ellas.
- Lluvias extremas.

**Paso 1:** Se calzan los muros con cimientos de dren, tal como indica la *Ficha 1: "Asentamiento de la vivienda"*.

**Paso 2:** Para la construcción del sobrecimiento, se elabora un zócalo de piedra de 30 cm. Esto permitirá que las partículas de agua que producen la humedad del muro se liberen antes de alcanzar los bloques de adobe.

**Paso 3:** Posteriormente, se construye alrededor de la vivienda una vereda de piedra y barro con una pendiente que permita el flujo de agua lejos de los muros.

**Paso 4:** Finalmente, en caso de estar afectada el interior de la vivienda por la humedad, se rehace el piso de la vivienda siguiendo las instrucciones de la *Ficha 2: "Asentamiento de pisos"*.

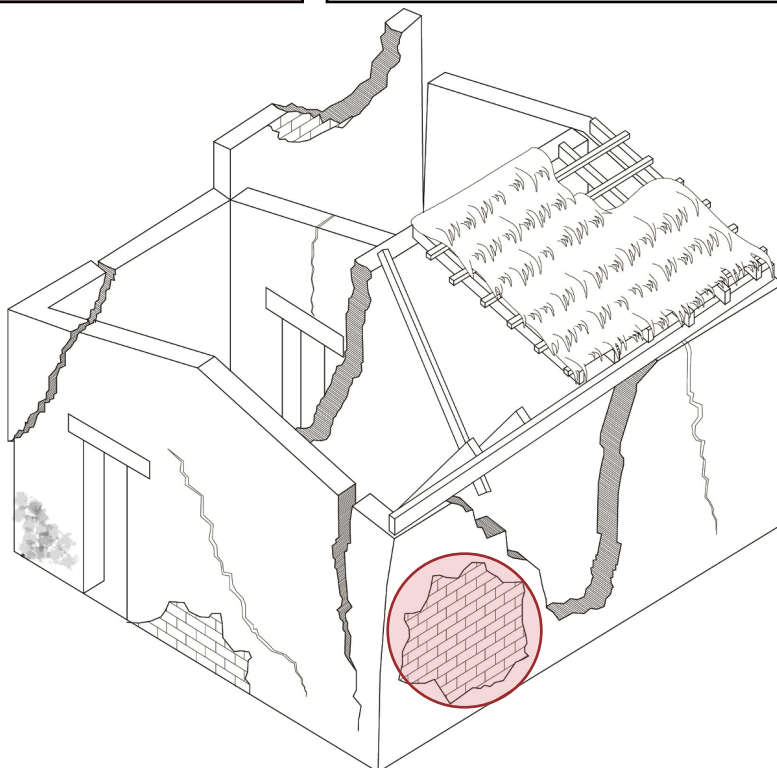
# FICHA #14

## REPARACIÓN DE REVOQUES

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Lluvias extremas.
- Aludes.
- Viento.
- Falta de revoques o revoques de mala calidad o de material incompatible.

**Paso 1:** Revisar y reparar techos, tener en cuenta que los aleros de la vivienda deben ser de al menos 50 cm de largo, para así evitar que las aguas lluvias se depositen en los muros de adobe. En caso de ser menor, extenderlos.

**Paso 2:** Picar todo el revoque del muro.

**Paso 3:** Reemplazar adobes en caso de ser necesario siguiendo la Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"

**Paso 4:** Restituir el revoque en tres capas:

- La primera, con una medida de tierra chacra,

previamente cernida, por una medida de paja de 5 a 10 cm de largo. El espesor de la capa debe ser de 2.5 cm de espesor. Dejar secar por una semana.

- La segunda, con una medida de tierra chacra, previamente cernida, por una medida de paja de 3 cm de largo. El espesor de la capa debe ser de 1 cm de espesor. Dejar secar por una semana.
- La última capa es de baba de tuna.

**Paso 5:** Emparejar y dejar secar.

## FICHA #15

# REVOQUES FISURADOS POR MATERIAL INCOMPATIBLE

### INTESIDAD DEL DAÑO

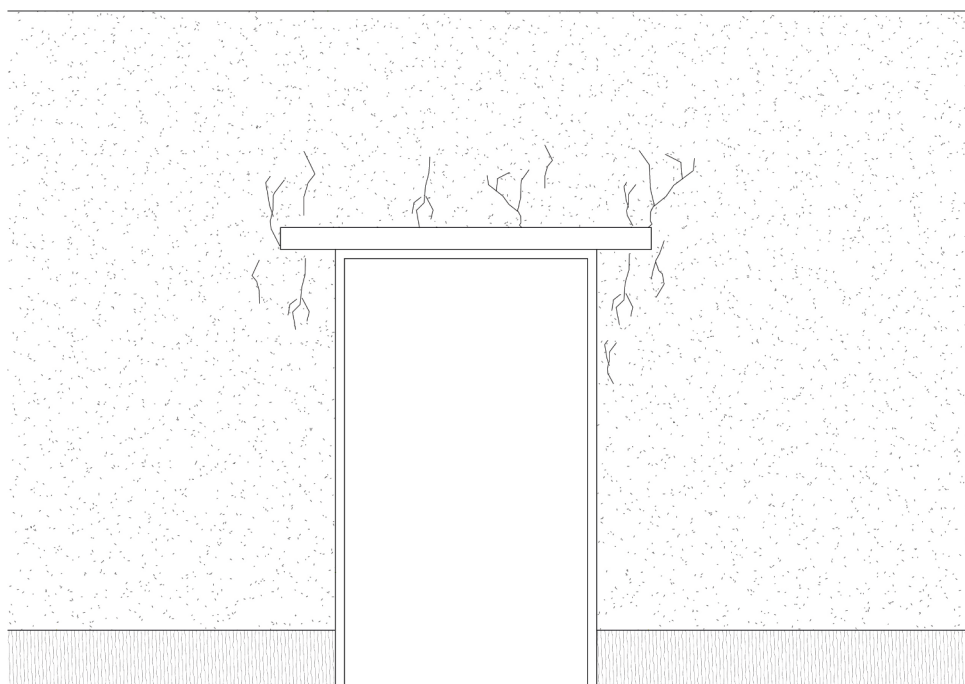


### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Las fisuras en revocos de cemento ocurren porque estos son incompatibles para trabajar en conjunto con el adobe. El adobe es un material altamente poroso en comparación al cemento, por lo cual, extrae humedad de la mezcla del cemento, produciendo grietas y fisuras.



**Paso 1:** Picar todo el revoque de material incompatible del muro del muro

**Paso 2:** Reemplazar adobes y reparar grietas en caso de ser necesario siguiendo la *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*

**Paso 3:** Restituir el revoque con uno nuevo siguiendo las instrucciones de *Ficha 14: "Reparación de revocos."*

# TECHOS

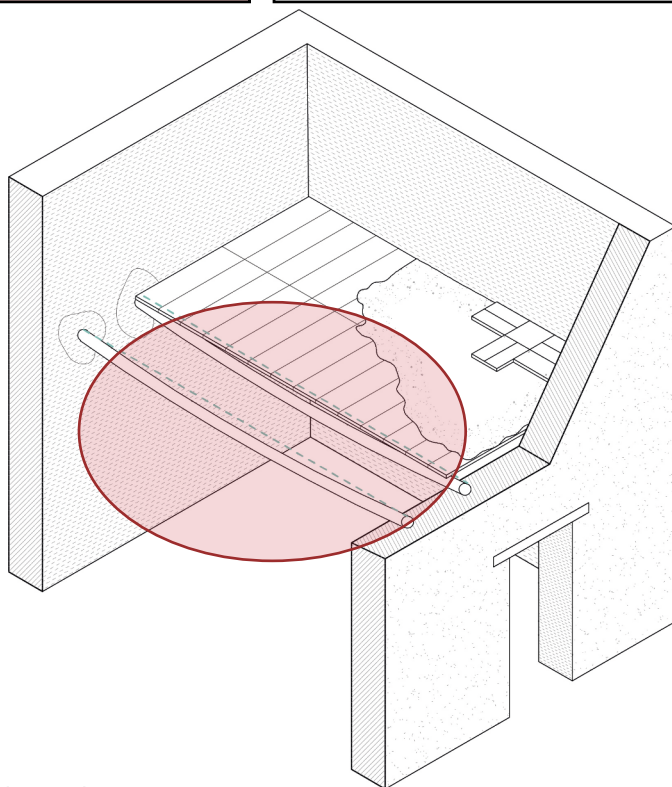
# FICHA #16

## CURVATURA DE VIGAS DE MADERA

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Carga excesiva para el tamaño de viga.
- Descomposición por humedad de lluvias.

**Paso 1:** Apuntalar techos.

**Paso 2:** Verificar los dos extremos de las vigas. Quitar bloques de adobe si es necesario.

**Paso 3:** Desmontar la viga.

**Paso 4:** Si la viga no se encuentra húmeda, la falla es

por un exceso de peso sobre ella. Se debe quitar y cambiar las capas de barro por unas con mayor cantidad de paja que de barro.

**Paso 5:** Reemplazar viga por una nueva y reconstruir todas las uniones.

**Paso 6:** Rearmar muro de adobe si fuera necesario.

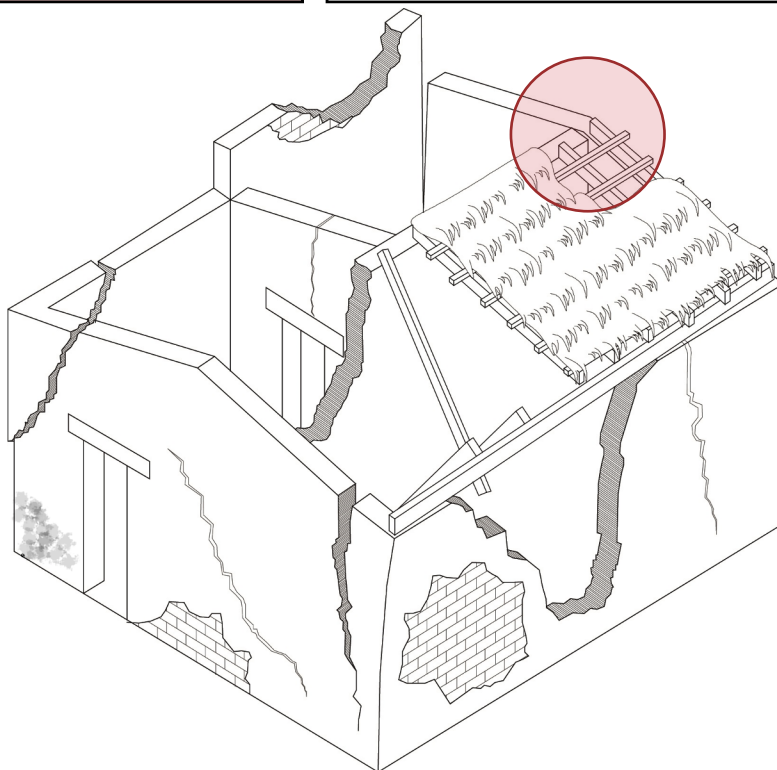
# FICHA #17

## COLAPSO PARCIAL DE TECHO

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Carga excesiva para el techo.
- Deterioro de la viga por la acción de polillas o humedad.
- Sismos.

**Paso 1:** Apuntalar techos y muros.

**Paso 2:** Desarmar y retirar cuidadosamente los tímpanos de adobes afectados.

**Paso 3:** Reparar grietas según la *Ficha 3: "Grietas de menos de 2cm de espesor"* y/o *Ficha 4: "Grietas de más de 2cm de espesor"*

**Paso 4:** Reforzar la estructura con la construcción de una viga collar y mallas de driza según lo indicado en el *Capítulo V: Refuerzo Sísmico*.

**Paso 5:** Construir sobre la viga collar los nuevos tímpanos con quinchas según la *Ficha 11: "Grieta horizontal en tímpanos altos"*.

**Paso 6:** Reponer vigas pares, nudillos, tirantes y viga cumbrera.

**Paso 7:** Reponer entramado de caña brava, plástico, esteras de totora y dos capas de barro y paja de 2,5 cm de espesor, cada una debe ser colocada con un día de diferencia.

# TERMINACIONES



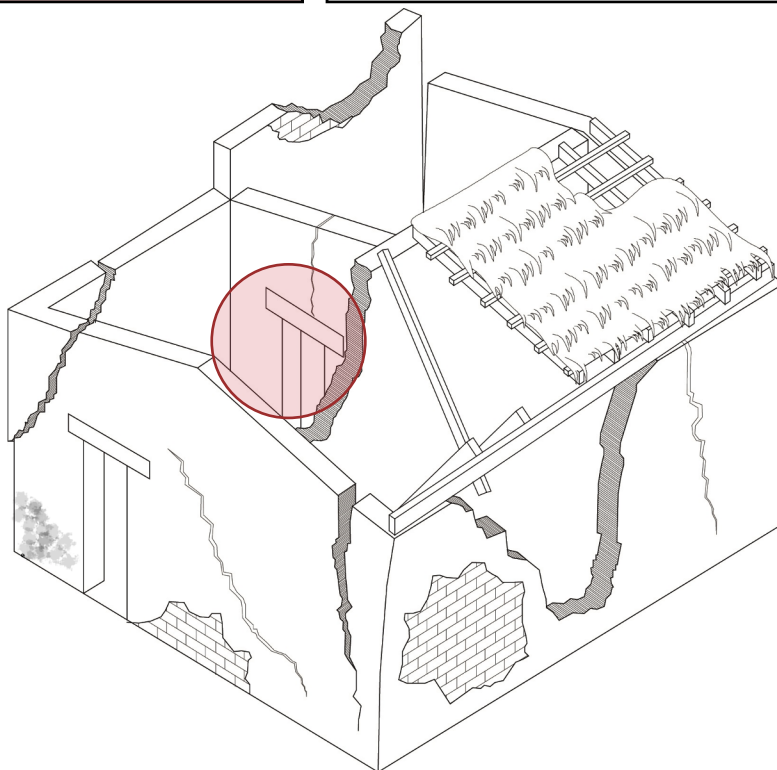
## FICHA #18

# DESCUADRE DE PUERTAS O VENTANAS

### INTESIDAD DEL DAÑO



### MATERIALES NECESARIOS



### CAUSAS

- Asentamientos en muros.
- Sismos.

**Paso 1:** Apuntalar techos y muros.

**Paso 2:** Retirar puertas y ventanas descuadradas en conjunto con sus dinteles.

**Paso 3:** Reparar el encuadre de los vanos, reemplazando los adobes afectados siguiendo la *Ficha 4: "Grietas de más de 2 cm de espesor"*.

**Paso 4:** Reinstalar el dintel el cual debe superar en 0.25 m el ancho de la puerta en ambos lados.

**Paso 5:** Reinstalar puertas y ventanas, reemplazar estas por nuevas en caso de presentar deformaciones permanentes.





# CONCLUSIÓN

Al finalizar la elaboración de este manual aún quedan muchos desafíos pendientes y deudas para con el patrimonio de construcciones de tierra en Chile.

El adobe, y las construcciones que se edifican a partir de él, han llevado por años la carga y estigma social que las posiciona como construcciones relegadas para la clase social baja de nuestro país, ignorando el gran valor patrimonial que estas poseen, la cantidad de historia que circula a través de ellas y opacando las potenciales soluciones constructivas y ambientales que este material puede generar.

Esta connotación social ha derivado a que actualmente nuestro país presenta un gran vacío normativo en construcciones de tierra, especialmente adobe, muy por detrás de otros países de la misma región. Si bien se entiende esto como una forma de desincentivo, debido a su potencial peligro ante sismos, la normativa no se ha hecho cargo de las construcciones patrimoniales que guardan siglos de historia en sus paredes. La solución no está en ignorar, si

no en tomar conciencia y proponer soluciones, como ya lo hacen otros países de la región.

Lo anterior, sumado a la burocracia actual que existe cuando se quiere construir en adobe, ha llevado a los vecinos y vecinas de Livilcar a perder el encanto por tan valiosa metodología constructiva, y hoy en día, ven como una enorme carga el construir y mantener su patrimonio, por sobre el privilegio y orgullo que debería ser.

Nuestro desafío es cambiar esto, es visibilizarles que entre sus calles guardan un patrimonio inigualable, que merece ser cuidado, frente a todas las piedras que surjan en el camino. Es mostrarle el tesoro que tienen en sus manos cuando el mundo corre aceleradamente y por sus calles no transcurre el tiempo, es motivarlos a cuidar y respetar el regalo de sus abuelos.

El presente manual busca eso, espera ser una herramienta útil, desde la ingeniería y la arquitectura, para una construcción sostenible, segura y respetuosa.



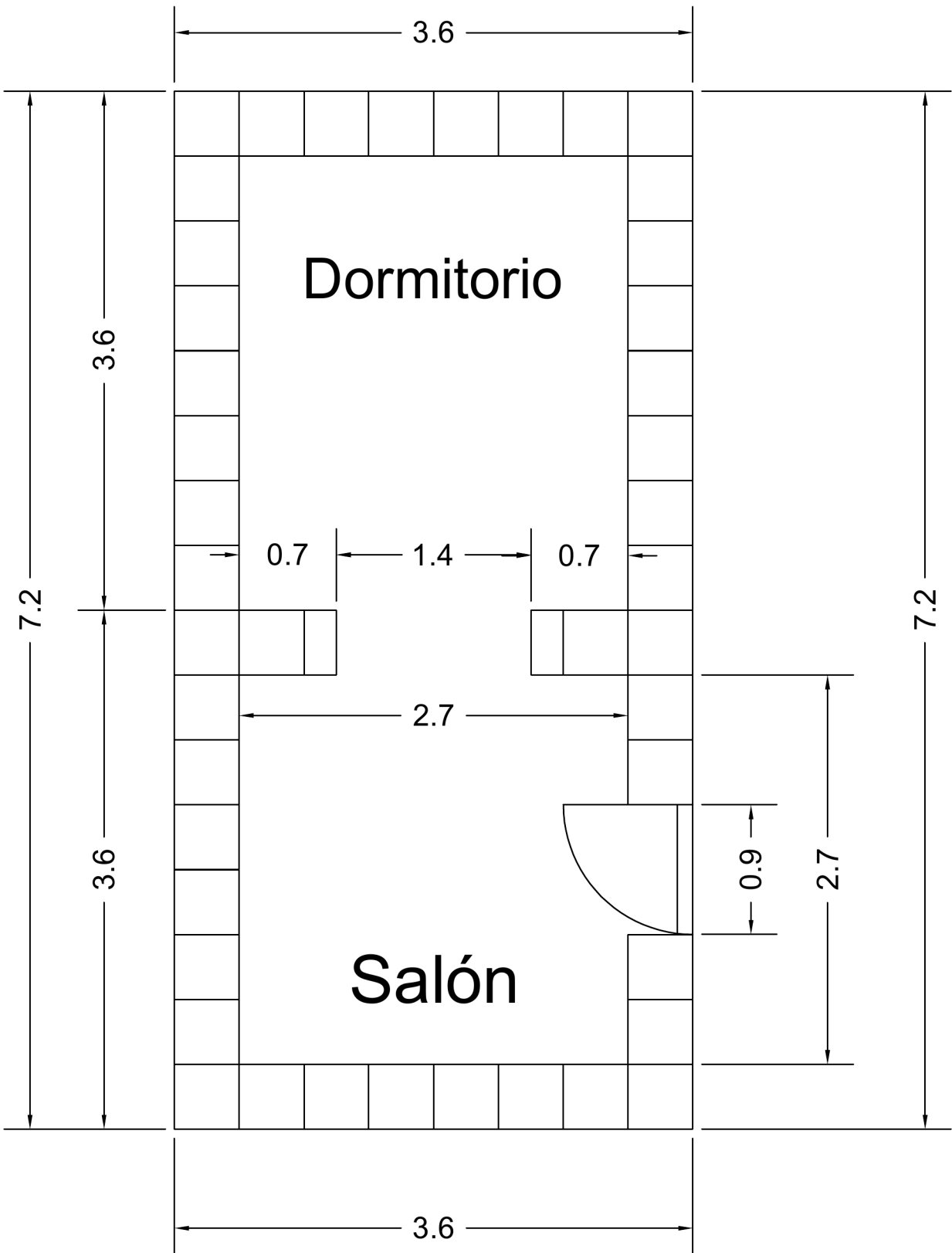


# BIBLIOGRAFÍA

- **Ruiz, C., Aguirre, J., Khlon, C., Khlon, E., & Levi, B.** (1966). Geología y recursos minerales del Departamento de Arica.
- **Campos, J & Comte, D.** (1989). Distribución espacio-temporal del régimen de esfuerzos al sur del Perú y norte de Chile: ¿Evidencias de una etapa de madurez terminal de un ciclo sísmico? Actas 5tas Jornadas de Sismología e Ingeniería Antisísmica.
- **Consejo Nacional de la Cultura y las Artes.** (2012). Chile: Travesías Culturales (1.aed.).
- **Fundación Altiplano & Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.** (2012). Manual Básico de Restauración y Conservación de Construcciones Patrimoniales de Terra y Piedra de Arica y Parinacota (1.aed.).
- **Instituto Nacional de Normalización.** NCh 3332- Estructuras -Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda-Requisitos del proyecto estructural. (2013).
- **El Mercurio.** (2019, 13 diciembre). La importancia de la restauración y rehabilitación de edificios como motor de crecimiento.
- **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú.** (2017). Norma E.080 – Diseño y Construcción con Tierra Reforzada.
- **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú.** (2014). Fichas para la reparación de viviendas de adobe.
- **Ministerio de Vivienda y Urbanismo.** (2013). NTM 002- Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra.
- **Moromi, I.** Gestión del Riesgo: Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe a nivel local [Tesis publicada para optar el grado de Maestro en Gestión de Riesgo de Desastres]. Universidad Nacional de Ingeniería.
- **Pontificia Universidad Católica del Perú, Servicio de Capacitación para la Industria de la Construcción, Gerencia de Investigación y Normalización del SENCICO, Blondet, M., & Vargas, J.** (2015). *Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas.*
- **Torres Gilles, C., & Jorquera Silva, N.** (2018). Técnicas de refuerzo sísmico para la recuperación estructural del patrimonio arquitectónico chileno construido en adobe. *Informes De La Construcción*, 70(550), e252.



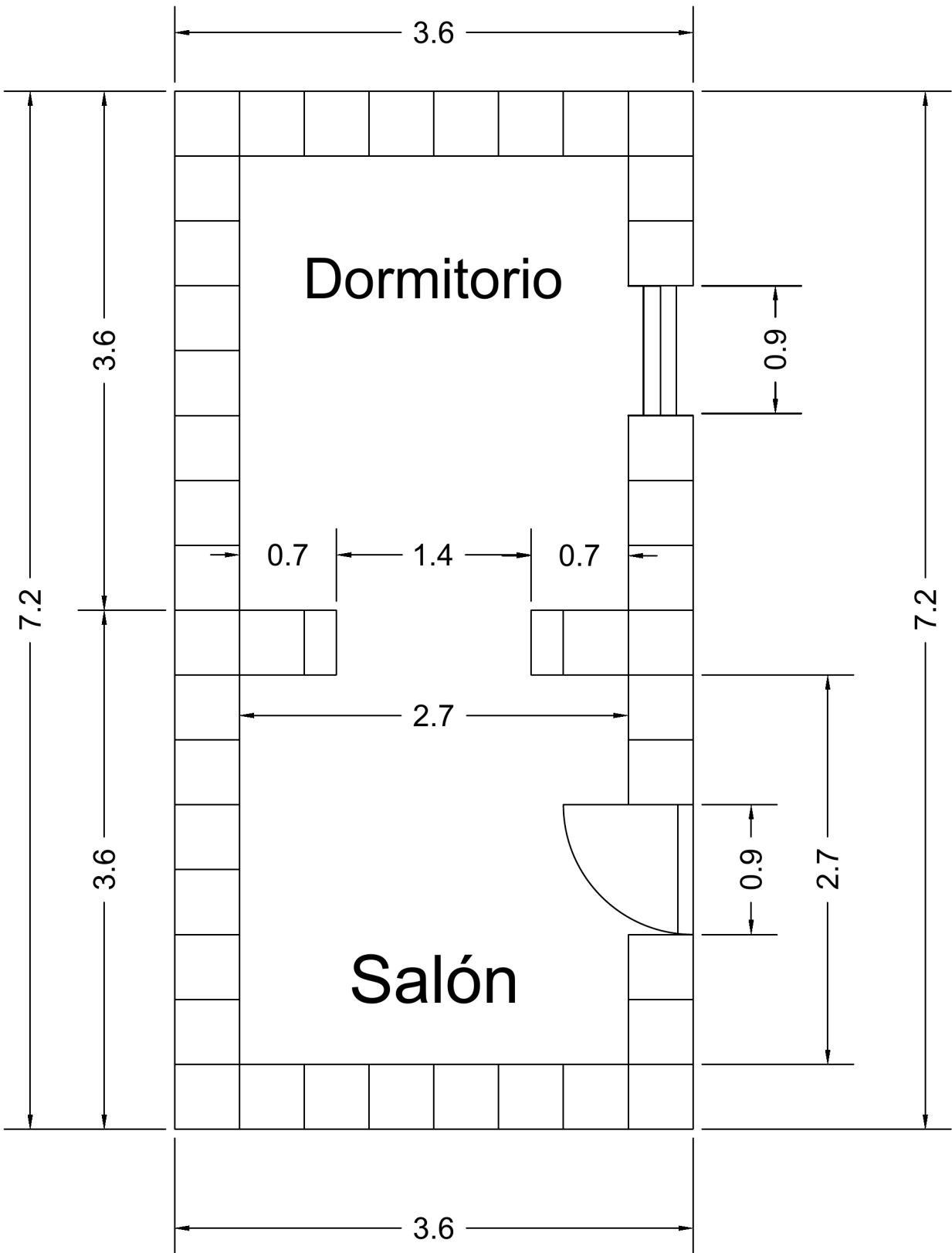
# ANEXOS



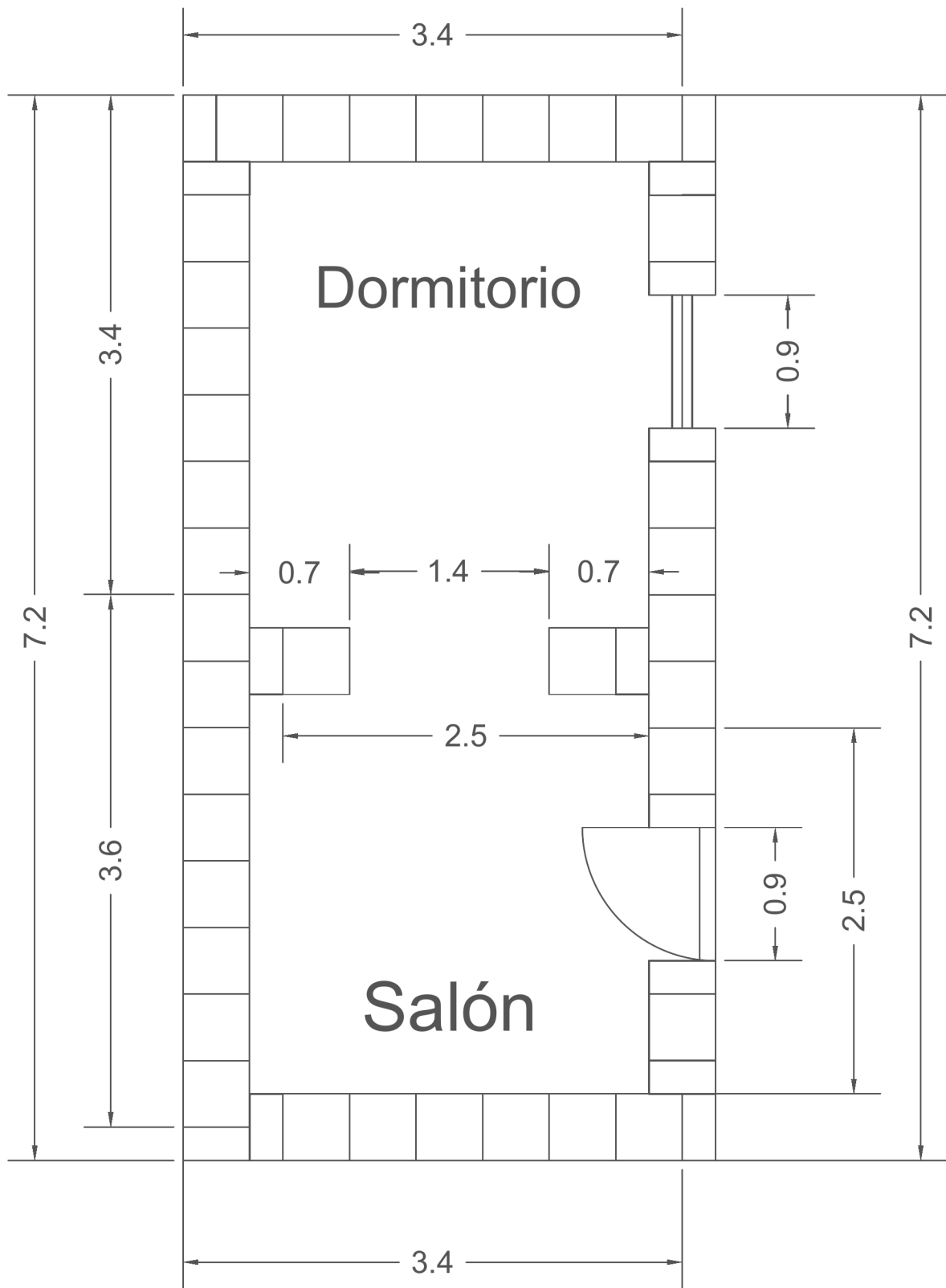
Emplantillado vivienda de dos ambientes	
Tipo	Hilada impar
Unidad	Metros
Escala	1:100



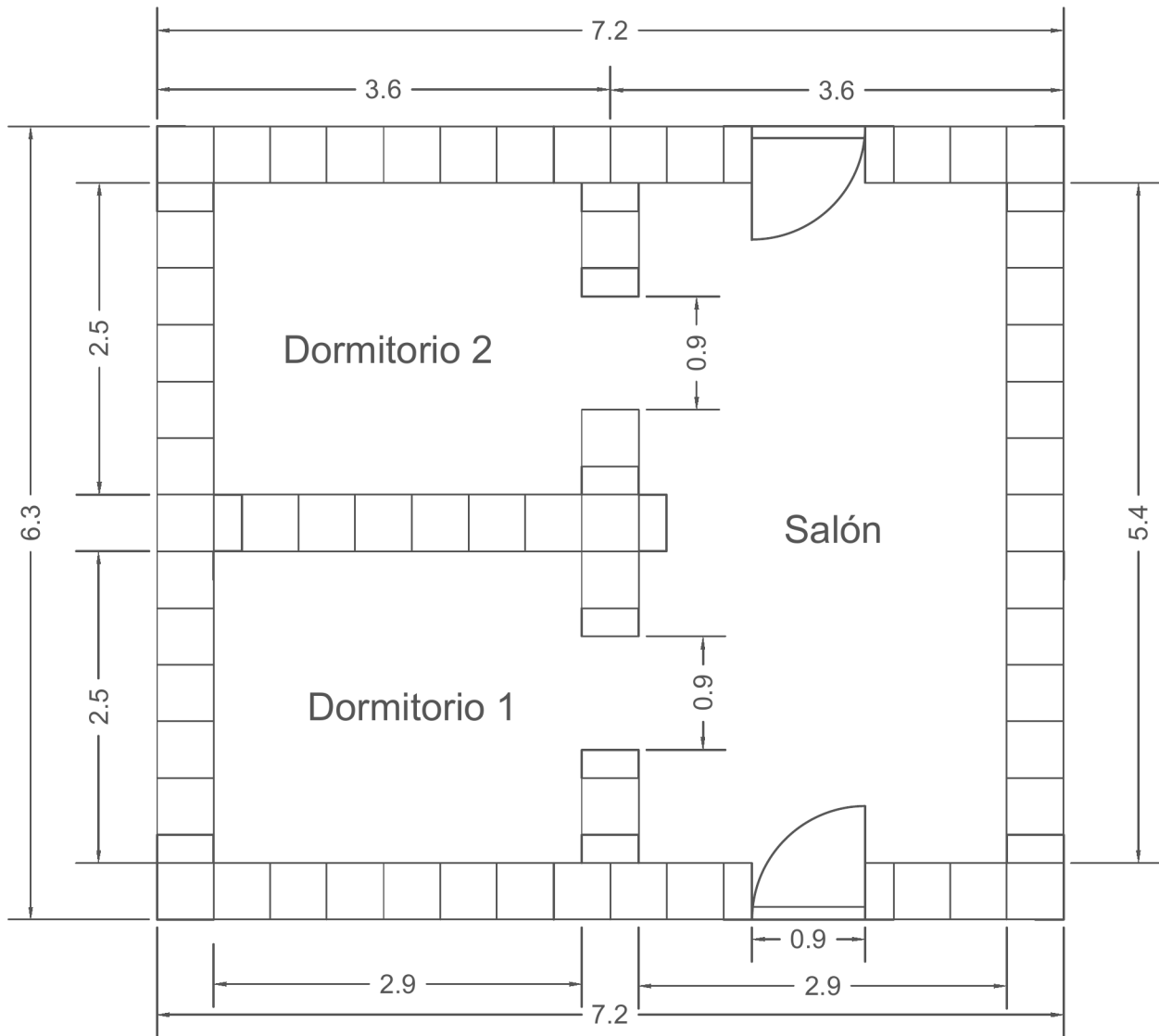




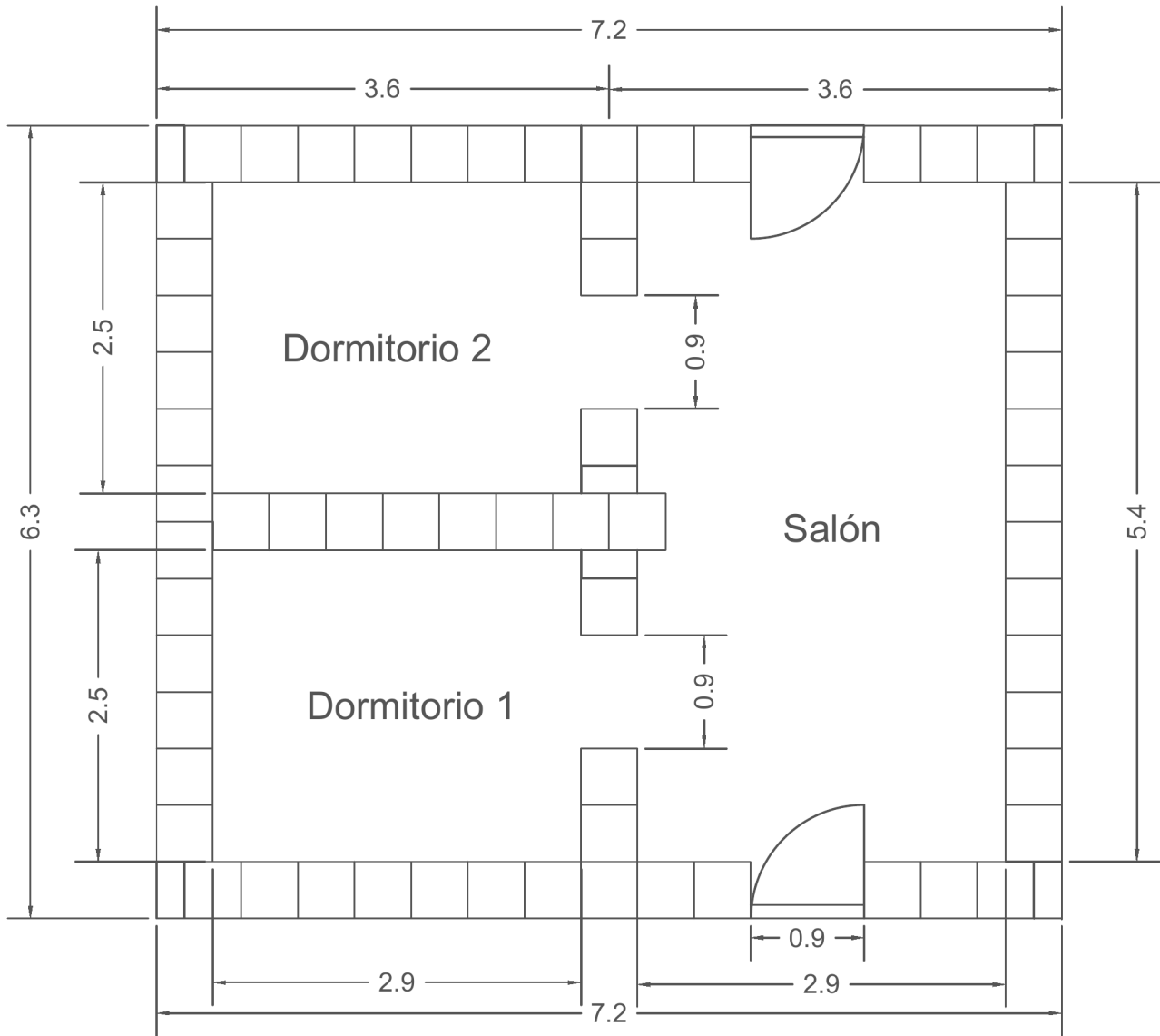
Emplantillado vivienda de dos ambientes	
Tipo	Hilada impar en ventana
Unidad	Metros
Escala	1:100



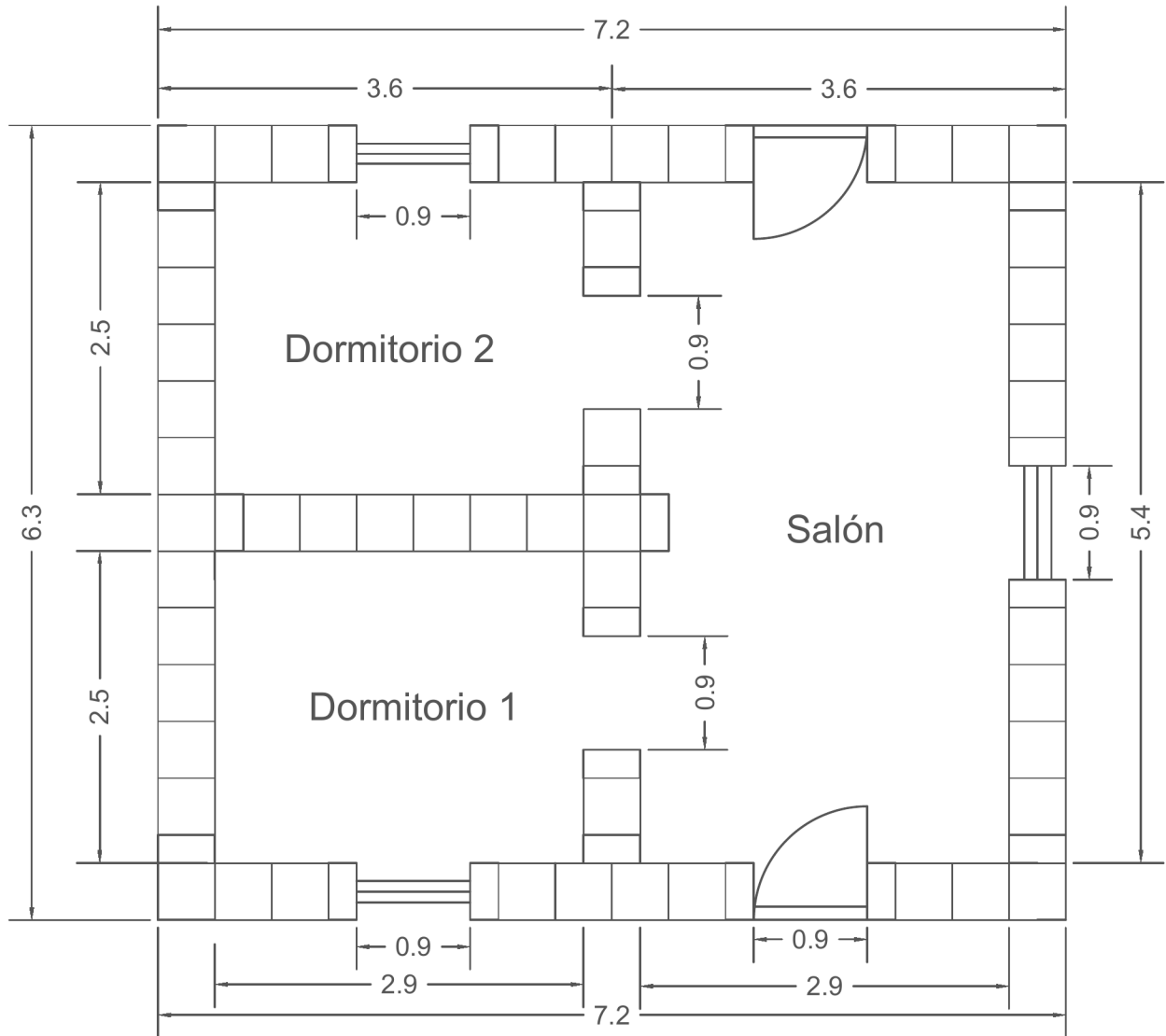
Emplantillado vivienda de dos ambientes	
Tipo	Hilada par en ventana
Unidad	Metros
Escala	1:100



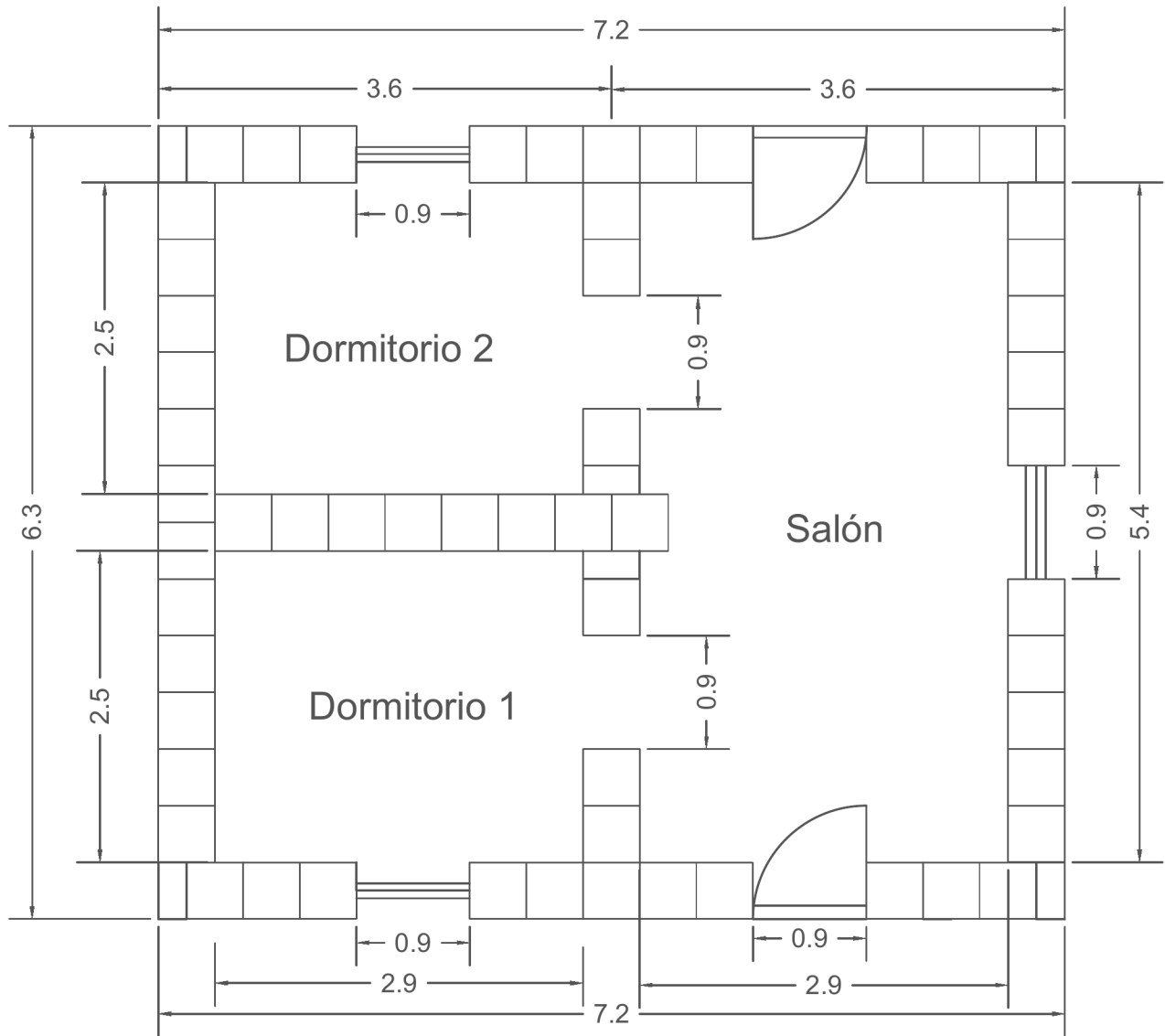
Emplantado vivienda de tres ambientes	
Tipo	Hilada impar
Unidad	Metros
Escala	1:100



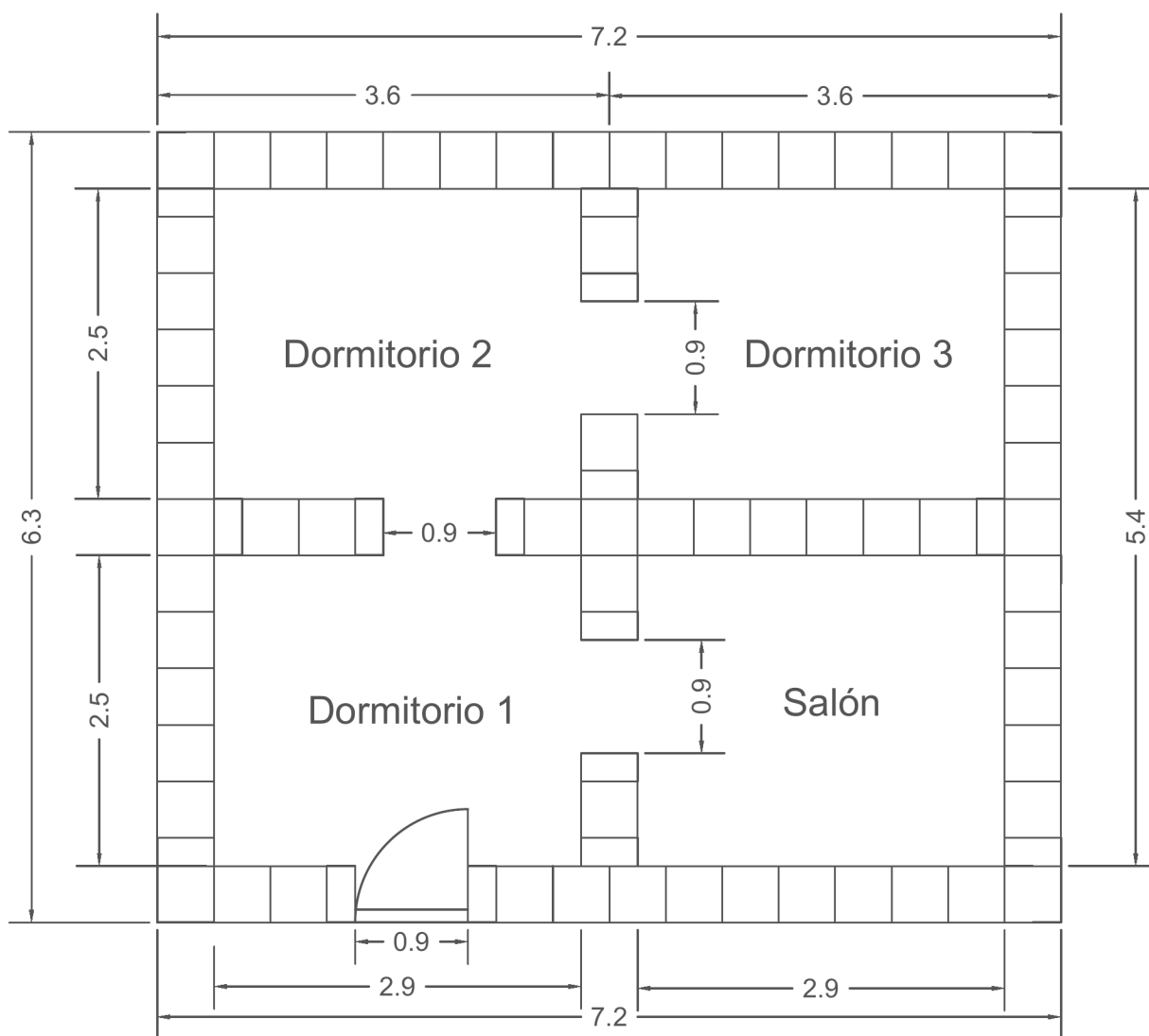
Emplantillado vivienda de tres ambientes	
Tipo	Hilada par
Unidad	Metros
Escala	1:100



Emplantado vivienda de tres ambientes	
Tipo	Hilada impar en ventana
Unidad	Metros
Escala	1:100

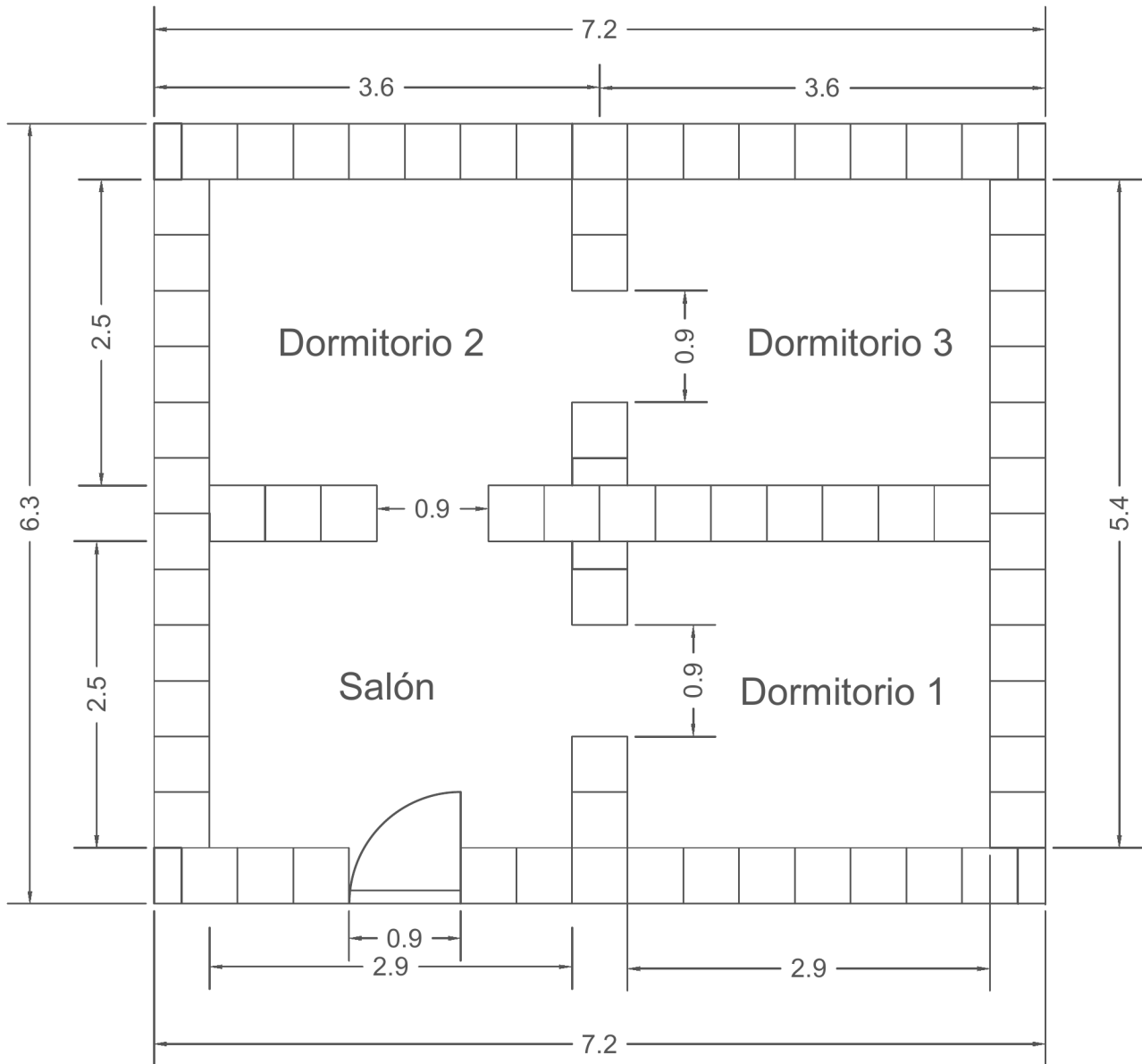


Emplantillado vivienda de tres ambientes	
Tipo	Hilada par en ventana
Unidad	Metros
Escala	1:100

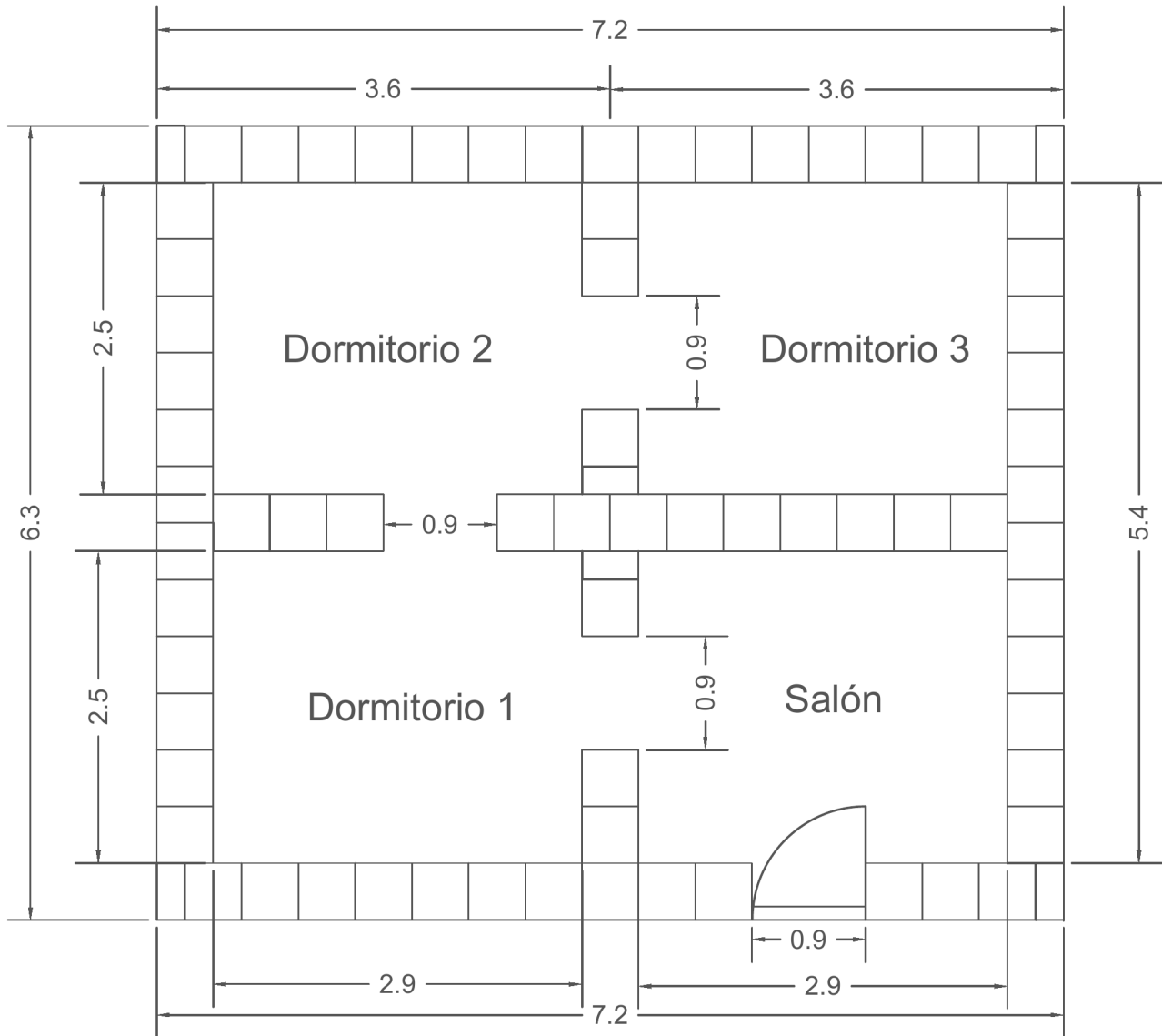


Emplantillado vivienda de cuatro ambientes	
Tipo	Hilada impar
Unidad	Metros
Escala	1:100

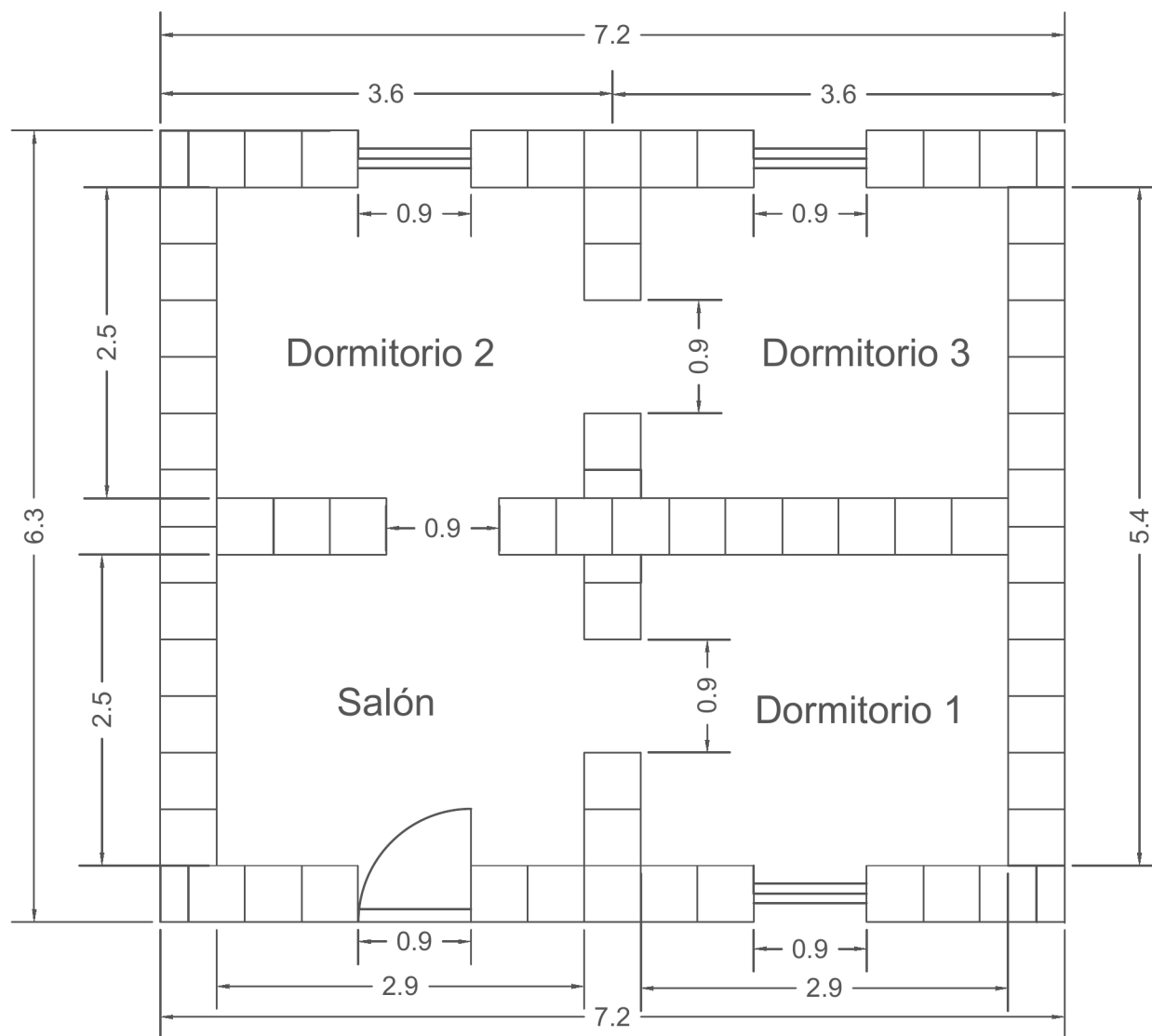




Emplantillado vivienda de cuatro ambientes	
Tipo	Hilada par
Unidad	Metros
Escala	1:100



Emplantillado vivienda de cuatro ambientes	
Tipo	Hilada impar en ventana
Unidad	Metros
Escala	1:100



Emplantillado vivienda de cuatro ambientes	
Tipo	Hilada par en ventana
Unidad	Metros
Escala	1:100





