



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“REHABILITACIÓN DE VIVIENDA DE ADOBE ESTABILIZADO REFORZADO PARA
USO DE UN MUSEO EN LA CIUDAD DE LEÓN, NICARAGUA”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Mónica Alejandra Martínez Rosales

Br. Katherine Vanessa Zamora Gaitán

Tutor:

Ing. Matilde Avilés Meda

Managua, Septiembre 2020

DEDICATORIA

El presente documento lo dedicamos a Dios por regalarnos vida, tiempo, entendimiento para poder concluirlo, en segundo lugar, a nuestros padres y familiares por todo el apoyo que nos brindaron a lo largo de nuestra vida estudiantil y que sabemos nos seguirán brindando a lo largo de nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Agradecemos a los docentes que nos ayudaron a nuestra formación académica, especialmente a la Ing. Matilde Avilés, quien nunca dudo en extendernos su mano para ayudarnos a culminar uno de nuestros mayores logros.

Agradecemos también al Ing. Roger López por todo el apoyo brindado durante el levantamiento de campo y por facilitarnos información que fue vital para la culminación del presente.

RESUMEN

De acuerdo al reglamento nacional de la construcción (RNC-07) la ciudad de León se encuentra ubicada en la zona “C” del mapa Zonificación sísmica de Nicaragua, lo que significa que se encuentra en la zona más sísmica del país. No solo por las fallas tectónicas sobre las que está ubicada, sino porque adicionalmente forma parte del cinturón de fuego del pacífico.

La ciudad de León alberga uno de los patrimonios históricos más grandes y diversos del país, cuenta con viviendas de más de 200 años de existencia ubicadas en el Centro histórico de la ciudad universitaria, dentro de este Centro histórico, encontramos la vivienda popularmente conocida como Casa Juárez, la que será objeto de estudio del presente documento.

En esta tesis se realizó un análisis del estado actual de la vivienda, se identificaron los tipos de sistemas constructivos presentes en la misma, los daños y patologías, que presentaba debidos a su antigüedad, falta de mantenimiento, entre otros, para poder realizar un diagnóstico efectivo, que nos permita crear una propuesta eficiente para solucionar los problemas existentes de manera no invasiva, ni destructiva, procurando la conservación de sus elementos originales.

Para lograr dar esta propuesta se trabajó con normativas regionales, debido a que en nuestro país no contamos con un reglamento propio para construcciones/ rehabilitaciones de adobe/ taquezal, por lo tanto, nos apoyamos en los documentos de países que presentan condiciones sísmicas similares a las de nuestro país como lo son Perú, Colombia y México.

Contenido

Contenido.....	5
1.INTRODUCCION.....	1
2.ANTECEDENTES.....	2
3.JUSTIFICACIÓN.....	3
4.OBJETIVOS.....	5
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
5.MARCO TEORICO.....	6
5.1. ADOBE.....	6
5.2. PROPIEDADES MECANICAS DEL ADOBE.....	7
5.3. ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN SISMICA.....	9
5.3.1. DISMINUCIÓN DEL PESO.....	9
5.3.2. MEJORAMIENTO DE DIAFRAGMA.....	10
5.4. DEGRADACIÓN DEL SISTEMA TRADICIONAL DE ADOBE EN NICARAGUA.....	11
5.5. CAUSAS DEL DETERIORO DEL ADOBE.....	13
5.6. PRINCIPALES CAUSAS DE FALLAS EN EL ADOBE.....	13
5.7. CRITERIOS DE DISEÑO.....	14
5.8. PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL ADOBE.....	18
5.9. MECANISMOS DE FALLAS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE.....	20
5.10. PATOLOGIAS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE.....	25
5.10.1. PRINCIPALES CAUSAS DE DAÑOS EN EDIFICACIONES DE ADOBE.....	26
6.REFORZAMIENTOS.....	36

6.1.	TIPOS DE REFUERZOS PARA REHABILITACION DE MUROS	36
6.1.1.	REFUERZO CON MALLAS	38
6.1.2.	REFUERZO CON MADERAS DE CONFINAMIENTO	40
6.1.3.	REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL POR MEDIO DE DRIZAS.....	41
6.1.4.	REFUERZO CON CORREAS DE NEUMATICOS USADOS.....	43
7.	REHABILITACION DE VIVIENDAS DE ADOBE.....	46
7.1.	REPARACIONES EN AREAS DE VIVIENDA	49
7.1.1.	REPARACIÓN DE GRIETAS O FISURAS EN MUROS DE ADOBE.....	49
7.1.2.	RESTAURACION EN PAÑETES Y REVOQUES	51
7.1.3.	REHABILITACION DE CUBIERTAS Y TECHO	53
8.	CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO.....	55
8.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	55
8.2.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	55
9.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA VIVIENDA.....	57
9.1.	METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO	57
9.2.	INSTRUMENTOS DEL DIAGNÓSTICO	58
9.3.	APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS.....	60
9.3.1.	KIT DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA	60
9.3.2.	FICHAS TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO PARA DETERMINAR EL INDICE DE VULNERABILIDAD.....	61
9.3.3.	CALCULO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD.....	79
9.3.4.	ENTREVISTAS A ESPECIALISTAS.....	85

10.ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO	89
11.PROPOSTA PARA REHABILITACIÓN	93
12.CONCLUSIONES	98
13.RECOMENDACIONES	99
14.BIBLIOGRAFIA	100
15.ANEXOS	I
15.1. Anexo I: Levantamiento fotográfico del sitio.....	I
15.2. Anexo II: Planos de levantamiento	VIII
15.3. Anexo III: Tablas utilizadas de la guía de aplicación del índice de vulnerabilidad del equipamiento turístico.....	XV
15.4. Anexo IV: Entrevistas firmadas	XXI

INDICE DE IMÁGENES

No Pág

Imagen 1.....	6
Imagen 2.....	17
Imagen 3.....	17
Imagen 4.....	18
Imagen 5.....	19
Imagen 6.....	21
Imagen 7.....	21
Imagen 8.....	22
Imagen 9.....	22
Imagen 10.....	23
Imagen 11.....	23
Imagen 12.....	24
Imagen 13.....	24
Imagen 14.....	27
Imagen 15.....	35
Imagen 16.....	36
Imagen 17.....	40
Imagen 18.....	41
Imagen 19.....	43
Imagen 20.....	44
Imagen 21.....	56
Imagen 22.....	56
Imagen 23.....	89
Imagen 24.....	90
Imagen 25.....	90
Imagen 26.....	91
Imagen 27.....	91
Imagen 28.....	92
Imagen 29.....	I
Imagen 30.....	I
Imagen 31.....	II
Imagen 32.....	II
Imagen 33.....	III
Imagen 34.....	III
Imagen 35.....	IV
Imagen 36.....	IV
Imagen 37.....	V
Imagen 38.....	V
Imagen 39.....	VI
Imagen 40.....	VI
Imagen 41.....	VII
Imagen 42.....	VIII

INDICE DE TABLAS**No Pág**

Tabla 1.....	45
Tabla 2.....	63-68
Tabla 3.....	69-75
Tabla 4.....	76-78
Tabla 5.....	80
Tabla 6.....	81
Tabla 7.....	82
Tabla 8.....	83
Tabla 9.....	84
Tabla 10.....	93
Tabla 11.....	94
Tabla 12.....	XV
Tabla 13.....	XV
Tabla 14.....	XVI – XXI

INDICE DE PLANOS**No Pág**

Plano 1.....	IX
Plano 2.....	X
Plano 3	XI
Plano 4.....	XII
Plano 5.....	XIII
Plano 6.....	XIV

1. INTRODUCCION

El presente documento se realizó con el fin de abordar de manera sistemática la rehabilitación de la vivienda “Casa Juárez” ubicada en el departamento de León (Ver página 56), misma que tiene aproximadamente 162 años de existencia y por la falta de mantenimiento dicha vivienda estaba en condiciones de deterioro, se evidenciaron condiciones de deterioro que por la magnitud de los daños en necesario proponer medidas de reforzamiento y/o reestructuración, permitiendo de tal manera la unificación con otras casas que conformaban una sola cuando fue construida. Esta restauración tiene como fundamento el rescate de nuestro patrimonio cultural, destacando así el valor que se le atribuye como parte de nuestro acervo nacional.

Para la rehabilitación de la vivienda se espera lograr una reestructuración integral del sistema, de tal manera que se permita alcanzar un nivel de seguridad equivalente al que tendría una vivienda recién construida en la que se puedan aproximar en la mayor posibilidad a criterios sismorresistentes. Teniendo en consideración y como premisa fundamental el resguardo de la vida de los que usen esta infraestructura.

Por lo anterior, el documento describe los aspectos importantes que intervienen en el proceso de rehabilitación de la vivienda, tomando en cuenta que la vivienda no solo posee daños visibles y superficiales.

Además, se presenta de forma clara los procedimientos y acciones necesarias para realizar dicha tarea con el fin de brindar soluciones óptimas que beneficien de manera directa la recuperación de la misma.

2. ANTECEDENTES

La ciudad de León cuenta con un centro histórico de 366 manzanas que representa el 12.14% del total del área urbana. Dentro de este centro histórico se encuentra la vivienda actualmente conocida como “Casa Juárez” (Ver Pág 56) nombre que fue otorgado en honor a su antigua propietaria la señora Martha Juárez, construida hace un poco más de 100 años a base de adobe y Taquezal y será restaurada para el uso de un centro de arte de la fundación Ortiz Gurdíán,

De acuerdo a lo que narran sus antiguos dueños, Casa Juárez fue adquirida por la familia Juárez Medina en el año 1883, sin embargo, originalmente era una misma con la casa que hoy se conoce como “Casa Norberto Ramírez” y “Casa Deshon” las cuales fueron adquiridas en años anteriores por la fundación Ortiz Gurdíán y también fueron restauradas y convertidas en centro de arte.

Durante su uso como casa de habitación sus dueños hicieron algunas modificaciones internas, como fue la construcción de dormitorios, los que por falta de conocimiento se construyeron utilizando mampostería reforzada, lo que generó un problema estructural ya que los sistemas constructivos son totalmente incompatibles debido a que la rigidez, módulos de elasticidad y comportamiento ante los sismos son diferentes, por lo que al mezclarlos ocasiona que los elementos de concreto al ser estos más rígidos, provoquen fracturas en el adobe o incluso el colapso de las mismas.

3. JUSTIFICACIÓN

En nuestro país se investigan y desarrollan nuevas técnicas cada vez más seguras para la construcción o rehabilitación de viviendas de adobe con el fin de evitar el colapso de las edificaciones durante un evento sísmico. Un ejemplo de esto es el Instituto Nicaragüense de la vivienda urbana y rural, quienes desde el 2006 le apuestan a la construcción de viviendas de ladrillo de barro para contribuir a disminuir el déficit de viviendas a nivel nacional, e incluso desarrollaron la primera fábrica de ladrillos de barro en la comunidad La Gallina.

La rehabilitación de viviendas de adobe incide desde la perspectiva de la valoración de la edificación como patrimonio cultural, buscando la conservación de la misma y permitiendo que su valor permanezca y consolide la memoria colectiva a futuras generaciones. También, aunque no es objeto de este estudio en adobe es una alternativa para la construcción de viviendas nuevas en comunidades en desarrollo, que históricamente se ha construido con adobe.

Existen algunas normas de países sudamericanos que se encuentran en la cadena del pacífico que es altamente sísmica como el caso de Perú y Colombia, mismas que se han utilizado en Nicaragua para avalar construcciones/ rehabilitaciones de adobe, de acuerdo a información suministrada por la Alcaldía de León, de la misma forma en el Reglamento Nacional de la Construcción de Nicaragua se pueden encontrar algunos ítems acerca de los requerimientos que deben cumplir los ladrillos de barro ,esto nos permiten desarrollar con mayor simplicidad la ejecución de la rehabilitación; siempre y cuando seamos cuidadosos y determinemos a priori al estudio técnico los principales deterioros en la estructura.

La fundación Ortiz Gurdián desea ayudar a preservar la historia y cultura de la ciudad por lo que planea restaurar la vivienda permitiéndole unirse nuevamente con las otras dos casas a como fue construida hace más de 100 años, dará lugar a la ampliación del centro de arte apoyando así la cultura de los ciudadanos leoneses y del país entero.

A pesar que restaurar es un trabajo complejo y que puede traer más complicaciones que una construcción nueva, debido a que se debe trabajar con más limitaciones que cuando se desarrolla un proyecto desde sus cimientos, se deben hacer evaluaciones para verificar las condiciones actuales de paredes, columnas y resto de elementos estructurales, adicional se debe trabajar en las partes dañadas de las viviendas sin perjudicar las partes que se encuentran en un buen estado, no obstante, el objetivo principal es conservar la vivienda como patrimonio de la ciudad y los cimientos construidos por nuestros antepasados, debido a que la vivienda se encuentra en el Centro Histórico de la ciudad de León se trabajará en coordinación con la Alcaldía de León y el Instituto Nicaragüense de Cultura.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

✓ Presentar propuesta para la rehabilitación de una vivienda de adobe estabilizado reforzado, conocida como “Casa Juárez” del municipio de León, departamento de León.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Evaluar situación y/o estado actual de la vivienda “Casa Juárez”
- ✓ Diagnosticar daños estructurales en la vivienda, dando solución por medio de técnicas de restablecimiento de viviendas de adobe.
- ✓ Proponer las medidas necesarias para rehabilitar la vivienda basado las conclusiones del diagnóstico.

5. MARCO TEORICO

5.1. ADOBE

El sistema constructivo en tierra cruda, denominado de muros en adobe, está formado básicamente por el aparejado de unidades de tierra cruda secadas al sol (adobes), aglutinados con barro que hace las veces de mortero de pega. Las unidades básicas de este mampuesto son fabricadas y/o moldeadas en diversos formatos y con variadas composiciones granulométricas.

Imagen 1. Bloques de adobe



Fuente: Google Imágenes

La palabra adobe se deriva del árabe “al-tub”, que se refiere a una especie de ladrillo elaborado con una masa de barro hecho de arena o arcilla, la cual era mezclada con paja para luego darle forma de ladrillo y puesta a secar al sol, estos ladrillos hechos de adobe eran utilizados para la edificación de paredes y muros. La técnica de elaboración de estos ladrillos se fue expandiendo por todo el mundo, hallándose en muchas civilizaciones que jamás tuvieron ningún vínculo. Entre sus características está: la de poseer una gran inactividad térmica, esto se debe a su densidad para construir, por lo que es muy útil como regulador de la temperatura interior de la vivienda, durante el invierno conserva el calor y durante el verano conserva la frescura. Como el adobe es un material que es capaz de absorber la humedad atmosférica, tiende a perder su resistencia, a lo que se debe tener cuidado si es expuesto a largas temporadas de lluvia, ya que algunas paredes podrían desplomarse.

Otra característica es que la materia prima para su elaboración, generalmente se puede conseguir en el lugar donde se va a edificar, ahorrando así su transporte.

Se puede concluir entonces que el adobe es un material que, gracias a sus características térmicas, resulta ideal para regularizar la temperatura de los espacios internos de las viviendas situadas en climas fríos o de veranos, sin embargo, no es recomendable en ambientes muy lluviosos.

5.2. PROPIEDADES MECANICAS DEL ADOBE

Las propiedades mecánicas de la tierra, apisonada o en adobe, tienen grandes variaciones según las características del suelo con el que se fabrican y el cuidado en su elaboración. La adición de paja, estiércol y algún otro material orgánico aglutinante tiene el propósito de disminuir la contracción del material y aumentar su resistencia al intemperismo.

El peso volumétrico del adobe, se puede considerar aproximadamente como 17.6 kN/m³ (1.8 t/m³), la resistencia a la compresión puede variar entre 0.49 y 2 MPa (5 y 20 kg/cm²), el módulo de elasticidad se encuentra por el orden de 294 MPa (3000 kg/cm²), la resistencia a tensión se encuentra entre 0.025 y 0.1 MPa (0.25 y 1 kg/cm²), la resistencia a cortante se ha encontrado del orden de 0.05 MPa y menores (0.5 kg/cm² y menores).

Estas resistencias, notablemente bajas, no suelen ser críticas para la capacidad estructural de las construcciones, tanto como lo son el problema de la degradación del material y la dificultad de conectar los muros entre sí y con los techos (Meli, 1998).

Los muros de adobe son generalmente pesados y relativamente rígidos (por lo menos más rígidos que marcos). Lo primero hace que se generen fuerzas de inercia elevadas, ya que éstas dependen del producto de la masa por la aceleración. Lo segundo hace que el período fundamental de vibración, que es típicamente entre 0.1 y 0.4 s, se encuentre en el intervalo donde se ubican los períodos dominantes de los sismos de epicentros cercanos. Por esta razón, las aceleraciones que se inducen en estas construcciones son elevadas y los daños llegan a ser considerables. La debilidad

principal de cualquier estructura de mampostería consiste en su muy baja resistencia en tensión, de la que deriva la imposibilidad de realizar uniones efectivas entre los distintos elementos estructurales.

La incapacidad de transmitir fuerzas de tensión o momentos flexionantes significativos entre uno y otro elemento, no permite canalizar adecuadamente las fuerzas de inercia que se generan en los sismos a los elementos más idóneos para resistirlas (muros paralelos a las fuerzas).

De muchos estudios realizados, así como de las experiencias registradas durante los sismos en viviendas de adobe, se ha identificado los modos principales de falla de estas estructuras. Para fines prácticos se clasifican como estructuras de mampostería y están sujetas a las recomendaciones y normatividad de este tipo de edificación. Sin embargo, presentan debilidades adicionales que en las construidas de mampostería moderna y han sido corregidas, por lo que dichas características deben ser atendidas para reducir la vulnerabilidad de las mismas, ya sea en construcciones nuevas como en la rehabilitación de vivienda existente.

La primera parte del estudio experimental que se realizó por la UNAM (Universidad Nacional de México) fue para determinar las propiedades de la mampostería de adobe que más influyen en el comportamiento sísmico, para los adobes construidos con distintos tipos de suelo y característicos de diferentes regiones.

Se seleccionaron muestras de distintos especímenes con diferentes medidas para la realización de ensayos de compresión y de tensión por flexión. Según la revisión que se realizó, los valores reportados en la literatura caen dentro del intervalo encontrado en las pruebas.

Los resultados demostraron que el tipo de mortero tiene poca influencia en la resistencia a compresión de las pilas, la cual fue ligeramente inferior a la de las piezas. La relación esfuerzo-deformación resultó aproximadamente lineal. Por su parte la resistencia a tensión por flexión resultó sólo ligeramente inferior a la determinada en los adobes solos. Se concluye que las propiedades de un muro de adobe juntado con lodo son

prácticamente las mismas que las de las piezas solas, por lo que se tiene un elemento prácticamente monolítico.

5.3. ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN SISMICA

De acuerdo a Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica (2004) - Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzos de casas en adobe y tapia pisada, Fase 2. Colombia, las construcciones de adobe son reconocidas por ser altamente vulnerables a los sismos, por lo que no es factible proponer varios niveles de intervención como se haría en otro tipo de sistema constructivo, sino que se piensa en una reestructuración integral que permite lograr un nivel de seguridad equivalente al que tendría una vivienda recién construida. Por esta razón para salvaguardar las vidas de sus habitantes, las intervenciones estructurales deben hacerse en forma integral, de tal manera que se retarde lo máximo posible el colapso total o parcial de la vivienda en caso de terremotos extremos, de tal manera que todos los ocupantes puedan desalojar la edificación previo al colapso.

Se recomienda realizar en lo posible todas las intervenciones sugeridas o las que sean pertinentes según sea el caso, pues en conjunto hacen una edificación más segura.

5.3.1. DISMINUCIÓN DEL PESO

Disminuir el peso en una construcción contribuye a que las fuerzas inerciales que se producen a causa de la acción de la carga sísmica se reduzcan; sin embargo, esta medida usualmente es insuficiente y solo es factible en casos de sobrepesos importantes:

1. Reemplazar cubiertas pesadas como teja de barro con capa de mortero por una cubierta más liviana en teja de zinc o de acero galvanizado.
2. Reemplazar sistemas de entepiso con mortero y tabletas por sistemas de madera.
3. Eliminar pisos intermedios o buhardillas.

5.3.2. MEJORAMIENTO DE DIAFRAGMA

Un diafragma efectivo permite distribuir las fuerzas de manera adecuada a los elementos verticales más resistentes y permite absorber los efectos de torsión debido a las irregularidades de la construcción. Para lograr una mejor acción del diafragma, se presentan varias alternativas:

5.3.2.1. VIGAS CORONAS PERIMETRALES

En los casos donde no existen vigas de corona sobre los muros de adobe, se recomienda instalar una viga de amarre en la parte superior e inferior del muro y alrededor de todo el perímetro de la edificación. La viga corona debe ser preferiblemente de madera y debe interconectarse en las intersecciones de muros y en las uniones con muros transversales para garantizar la continuidad del amarre tanto en la parte interna como externa de los muros; en caso que exista un segundo nivel, existen las siguientes recomendaciones de mejoramiento:

5.3.2.2. PLAQUETA DE CONCRETO

Consiste en fundir una plaqueta de concreto sobre el entramado de madera existente. Se debe generar una conexión efectiva a los muros perimetrales. Se debe verificar la resistencia de la madera o colocar apuntalamientos temporales mientras la mezcla de concreto fragua.

5.3.2.3. ENTABLADO COMPLEMENTARIO

Consiste en colocar un entablado en las dos direcciones principales del entrepiso o en la dirección perpendicular; en caso que ya exista un entablado previo, este debe encontrarse en buen estado. El entablado deberá ir adecuadamente conectado a todos los elementos del entablado existente y a los elementos de soporte en todo el perímetro. El nuevo entablado deberá conectarse a los elementos perimetrales de madera o vigas corona existentes, especialmente a los que van en dirección paralela a los elementos de entrepiso ya existentes.

Las alternativas de rehabilitación propuestas, conforman una serie de recomendaciones que buscan disminuir el riesgo sísmico al que está sometido este tipo de edificaciones.

Sin embargo, debe advertirse que las medidas propuestas están dirigidas únicamente a la rehabilitación de viviendas existentes y no a la construcción de nuevas viviendas. No obstante, a escala mundial existen diferentes normativas para la construcción de viviendas nuevas de adobe; por ejemplo, en Perú se cuenta con una normativa (Norma Técnica de Edificación, NTE, 1999). De la misma manera, en Europa hay documentos como los presentados en Minke (2001).

En resumen, las alternativas de rehabilitación propuestas son:

- ✓ Disminuir la masa de las edificaciones.
- ✓ Proporcionar, en la medida de lo posible, un diafragma rígido con adecuadas conexiones y contactos a los muros perimetrales.
- ✓ Proporcionar capacidad a la flexión a los muros estructurales principales de la edificación tanto en el plano del mismo como fuera del plano.

5.4. DEGRADACIÓN DEL SISTEMA TRADICIONAL DE ADOBE EN NICARAGUA

De acuerdo al Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo en casas de adobe y tapia pisada, realizado por ingenieros de la universidad de los Andes aproximadamente un quinto de la población mundial vive en edificaciones de adobe o tapia pisada, sin embargo, este tipo de construcciones han demostrado un comportamiento pobre ante los eventos sísmicos durante los últimos 50 años, provocando con el colapso de las mismas, miles de muertes.

Guillen D. M, (2016) – La Construcción con tierra: Adobe mejorado alternativa contemporánea para la vivienda. Nicaragua, (Conferencia). Detalla que el deterioro de este sistema se ve reflejado en la falta de estudio y en la no existencia de un reglamento que regule de forma general y sencilla la manera de construir una edificación segura y estable, basándose en lineamientos que establezcan requisitos y criterios de diseño que confieran seguridad sísmica, mediante una filosofía de diseño que defina un comportamiento estructural adecuado. Las personas de escasos recursos son las que optan por utilizar este sistema. Como alternativa procuran ahorrar material y cada día las

hacen más débiles, no incluyendo ningún tipo refuerzo el cual garantice la seguridad de la estructura.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento Perú, (2013) – Proyecto de actualización, versión 1 Norma E080 Construcción con Tierra. Lima, Perú. Menciona las principales fallas que afectan la estabilidad en una casa de adobe:

- ✓ Mala calidad en la fabricación de los bloques.
- ✓ Deficiencia de mano de obra en colocación de adobe.
- ✓ Las paredes no son muros de carga.
- ✓ No poseen relación espesor/altura y espesor/largo.
- ✓ Elementos estructurales horizontales débiles.
- ✓ No se repella o se aplica cemento para cambiar su apariencia.

Debido al bajo costo que incluye la construcción con adobe, este continuará siendo utilizado en áreas con riesgo sísmico. Para la población que aún vive en edificaciones de adobe, es de suma importancia el desarrollo de tecnologías constructivas que permitan un mejor desempeño de la estructura ante movimientos sísmicos. Las principales recomendaciones en la construcción viviendas de adobe sismorresistente son:

- ✓ Construir casas de un solo piso.
- ✓ Utilizar techo liviano.
- ✓ Disponer de una adecuada distribución de muros, para proveer soporte mutuo por medio de muros transversales, en intervalos regulares en ambas direcciones.
- ✓ Construir sobre una cimentación firme.

La sumatoria de el no estudio, la no reglamentación adecuada, la modernidad y los mitos; suman a la degradación del sistema tradicional de adobe en Nicaragua, es por ello que, para edificar casas seguras y duraderas, podemos diseñar y construir en base a las Normas Peruanas o colombianas que se nos acercan a nuestra realidad de ser un país altamente sísmico.

5.5. CAUSAS DEL DETERIORO DEL ADOBE

El principal daño del adobe es la degradación, la desintegración y el deterioro del propio material. Esto es muy obvio en la base de una pared y en menor grado en la parte superior o en otras partes de la pared.

Otros problemas de las paredes de adobe son los mecánicos, como las grietas, el desplome (horizontal o vertical), los abombamientos y hundimientos, los deslizamientos horizontales y la inclinación de las paredes. Esto puede afectar también al propio material. Los daños mencionados dependen de la calidad del adobe, así como también de la estructura de la pared. La calidad del adobe depende de la calidad de la tierra utilizada para su producción, el aditivo orgánico y generalmente el procedimiento en su preparación (el tiempo dejado para la fermentación de la tierra, la mezcla de los ingredientes, el período dejado para que se seque, etc.) y también las características geotécnicas del producto final.

La calidad del adobe depende a su vez de la experiencia y formación del artesano. Los daños de una pared de adobe pueden deberse al sistema estructural de la pared (insuficiente aparejo de la pared, incorrecta posición de los adobes en hileras alternas) y también debido a las condiciones climáticas del área (presencia de agua y humedad).

5.6. PRINCIPALES CAUSAS DE FALLAS EN EL ADOBE

De acuerdo a Morales, R., (1993). Manual para la construcción de viviendas de adobe, las principales causas por las que se generan fallas en las construcciones de edificaciones de adobe, son las siguientes:

- ✓ Construcción de edificaciones en terrenos blandos
- ✓ Construcciones de varios niveles, no aptas para soportar carga sísmica
- ✓ Mala calidad de materiales.
- ✓ Mano de obra deficiente que conlleva a una poco adecuada técnica de construcción, sin seguir las normas y procedimientos.

- ✓ Mala proporción en diseño, especialmente en la relación altura: ancho de los muros.
- ✓ Poco o nulo refuerzo horizontal en los muros
- ✓ Mala colocación de los bloques de adobe
- ✓ Refuerzos inadecuados y deficientes en los muros que producen juntas verticales de tres o más hiladas.
- ✓ Deficiente confinamiento y/o arriostres de los muros.
- ✓ Vanos de puertas y ventanas muy anchos y con un deficiente empotramiento de dinteles.
- ✓ Excesiva cantidad de vanos en un mismo muro.
- ✓ Poca o nula protección de los muros contra el debilitamiento por erosión.
- ✓ Falta de rigidez horizontal en el techo
- ✓ Inadecuada longitud de aleros en el techo para proteger los muros contra la lluvia.
- ✓ Techos muy pesados.
- ✓ Soluciones constructivas deficientes para empalmar techos y muros.
- ✓ Uso de materiales no compatibles.

5.7. CRITERIOS DE DISEÑO

Una de las principales razones por las que se ha descontinuado el uso de construcciones con tierra, ha sido por la vulnerabilidad ante fenómenos naturales como son los sismos, esto ha sido en su gran mayoría por errores de diseño, falta de criterios y normativas, que han generado que el material se vea desvirtuado, tal como lo explica la Arq. Dulce María Guillen en su artículo “*Adobe tierra de nuestra tierra*”

Para lograr una mayor estabilidad en construcciones de adobe se debe considerar siempre la acción de contrafuertes que ejercen las paredes en dirección perpendicular entre sí, tal como se expone en el folleto complementario para construcciones de Adobe, para que esta acción estabilizadora de contrafuerte se ejerza eficazmente, es preciso que se cumpla con ésta serie de condiciones.

- ✓ La longitud de las paredes entre apoyos laterales (contrafuertes o paredes transversales), debe modularse cuidadosamente y adecuadamente.
- ✓ Se debe fijar un mínimo para la distancia entre el cruce de paredes y el vano de una puerta o ventana.
- ✓ El espesor de las paredes se debe establecer de acuerdo con la distancia entre paredes transversales y la altura de la misma.
- ✓ Para el buen comportamiento sísmico de las paredes, debe garantizarse la indeformabilidad del cruce entre ellas.
- ✓ Las dimensiones de los adobes y sus proporciones son importantes. Así mismo, una buena unión en las intersecciones, se consigue con adobes colocados en forma cuatrapeada, de tal manera, que la superficie de traslape en el cruce, corresponda a medio adobe, que a su vez corresponde al espesor de la pared, esta condición conduce a adobes cuya longitud sea del orden del doble de su ancho, manteniendo esta unión en toda la altura de la pared.
- ✓ Por otro lado, el espesor de las unidades debe ser pequeño con el objeto de proporcionar mayor eficiencia en la unión. Se recomienda utilizar espesores del orden de 10 a 15 cm.
- ✓ El peso propio de las paredes y un buen traslape de los adobes en la intersección, en la forma descrita anteriormente, asegura un buen comportamiento de la unión en su parte inferior. Sin embargo, la parte superior de las paredes, sin carga sobre ellas, hace que la unión no sea igualmente estable; por esta razón, en esta zona es preciso recurrir a la acción de un elemento de amarre (vigas o solera de coronamiento), que sea lo suficientemente indeformable en el plano horizontal para que contribuya a la indeformabilidad de la unión entre las paredes.
- ✓ Se recomienda que la solera de coronamiento sea de concreto, de madera o de metal. En el caso del concreto, la viga o solera deberá tener un espesor igual que el de la pared. En el caso de amarre de madera o metal, deberán estar constituidos por elementos paralelos, a una distancia igual al espesor de la pared, conectados entre sí formando una celosía.

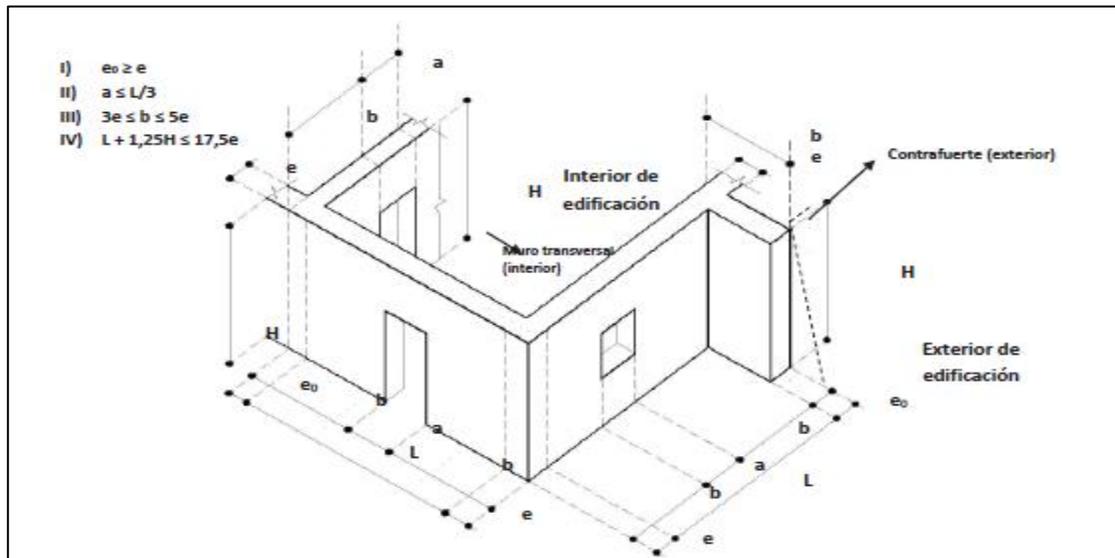
Esta disposición permite dar al conjunto la suficiente rigidez horizontal. Resulta necesario dar peso a las soleras de madera o de metal, adicional al peso del techo; el peso anclado de 2 ó 3 hiladas por debajo de la solera, mediante amarres de alambre grueso galvanizado, próximas a las esquinas, contribuye eficientemente a lograrlo.

En la Norma E.080 de Diseño y construcción con tierra reforzada, Anexo- resolución ministerial No. 121-2017-vivienda de Perú, se establecen los siguientes criterios de configuración de los edificios de tierra reforzada:

1. Muros anchos para mayor resistencia y estabilidad frente al volteo.
2. Los muros deben tener arriostres horizontales (entrepisos y techos) así como arriostres verticales (contrafuerte o muros transversales) según figura 2.
3. La densidad de muros en la dirección de los ejes principales debe tener un valor de acuerdo al factor de uso y tipo de edificación. De ser posible todos los muros deben ser portantes y arriostrados.
4. Tener una planta simétrica respecto a los ejes principales.
5. El espesor (e), densidad y altura libre de muros (H), distancia entre arriostres verticales (L), ancho de vanos (a), así como materiales y la técnica constructiva para construcción de una edificación de tierra reforzada, deben ser aplicados de manera continua y homogénea. La figura 2 establece los límites geométricos a ser cumplidos.

6. Los vanos deben tener las proporciones y ubicación de acuerdo a lo indicado en la imagen 2. Así mismo, se recomienda que sean pequeños y centrados.

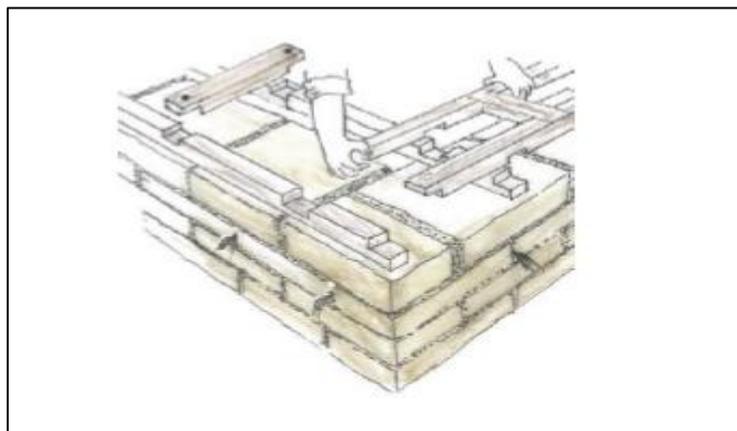
Imagen 2: Límites geométricos de muros y vanos



Fuente: Norma E080- Construcción con tierra, Perú

7. Tener como mínimo una viga collar en la parte superior de cada muro fijada entre sí, así como a los refuerzos, y construidos con un material compatible con la tierra reforzada (madera, caña u otros), ver ejemplo en imagen 3.

Imagen 3: Ejemplo esquemático de un tipo de viga collar



Fuente: Norma E080- Construcción con tierra, Perú

5.8. PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL ADOBE

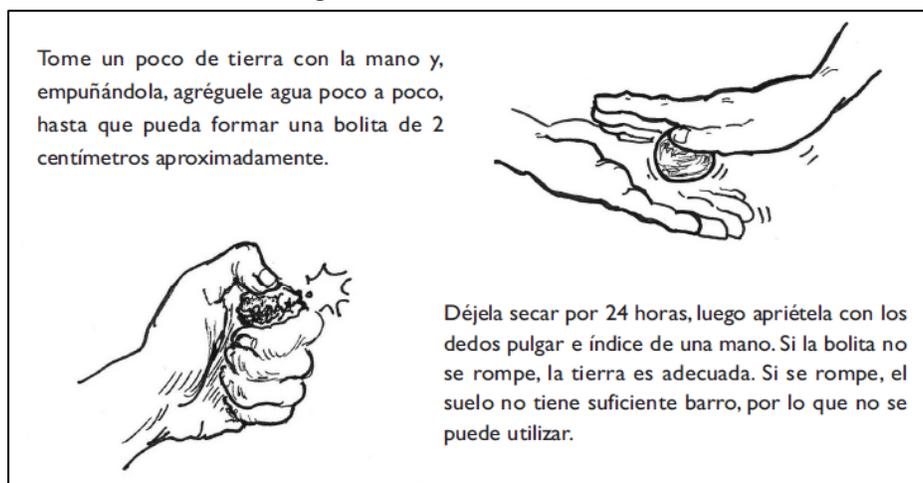
Los adobes no deberán tener grietas, ni estar deformados. Un buen adobe apoyado sobre otros dos, debe resistir el peso de una persona por lo menos durante un minuto. Se debe hacer esta prueba por lo menos cada 50 adobes que se fabriquen.

La dosificación del material es importante ya que está debe estar compuesta en un 20% de material arcilloso y un 80% de material granular para lograr una buena mezcla de adobe.

Existen varias pruebas manuales que se pueden realizar para determinar si las proporciones del material a utilizarse para crear los bloques de adobe son los adecuados, estas se explican en Peña. E – Mi Casa 10 Sistema de adobe sismo-resistente- Mejoramiento de la tecnología para la construcción y difusión de la vivienda popular sismo-resistente, algunas de ellas se describen a continuación:

✓ **Prueba de la bolita:** Esta prueba consiste en preparar una bolita de tierra con la mezcla ya preparada y dejarla en reposo por un lapso de 24 horas, una vez transcurrido este tiempo, se deberá ejercer presión a la misma entre el dedo pulgar y el dedo índice, si al hacer esto la bolita se rompe, esto significa que no posee la cantidad suficiente de barro y por lo tanto esta mezcla no se puede utilizar.

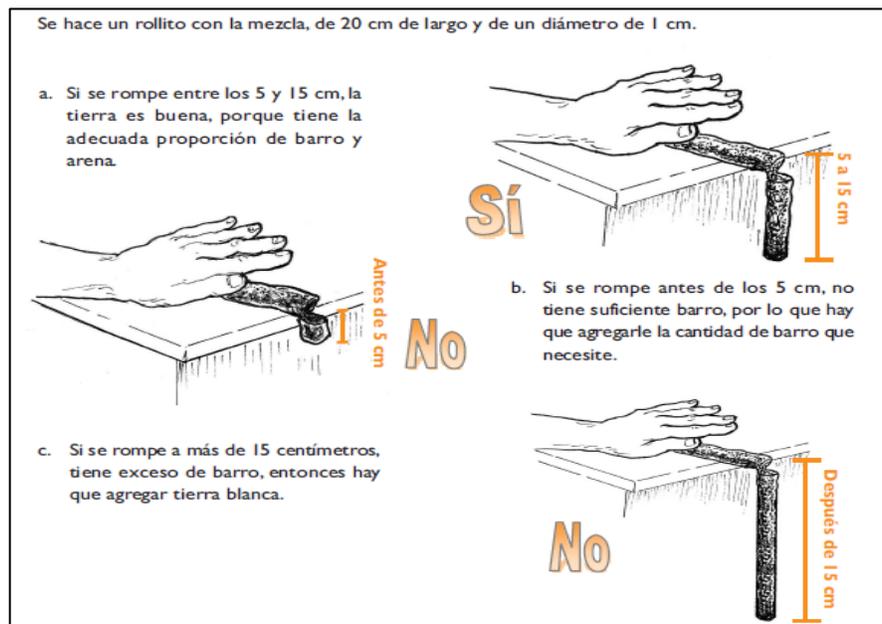
Imagen 4: Prueba de la bolita



Fuente: Taishin, ¡Mi casa 10! Sistema de adobe Sismoresistente

✓ **Prueba del rollo:** Con la mezcla preparar un rollo de aproximadamente 20 cm de largo y 1 cm de diámetro, si el rollo se rompe entre los 5 y 15 cm, quiere decir que cuenta con las proporciones adecuadas de barro y arena, por lo que este es el resultado adecuado, por otra parte, si se rompe antes de los 5cm esta mezcla no contiene suficiente barro y este se le debe agregar y si se rompe después de los 15 cm esta mezcla tiene exceso de barro y se le deberá agregar material granular (arena).

Imagen 5: Prueba del rollo



Fuente: Taishin, ¡Mi casa 10! Sistema de adobe Sismo-resistente.

✓ **Prueba granulométrica:** Esta prueba sirve para determinar la proporción de los componentes principales de la mezcla (arena, limos y arcillas), la prueba consiste en llenar con tierra tamizada (tamiz No. 4), una botella de boca ancha con capacidad volumétrica de un litro, hasta la mitad de su altura y llenar la parte restante con agua; agitar la botella hasta que todas las partículas estén en suspensión.

a. Colocar la botella sobre una mesa y esperar a que todas las partículas de arena reposen al fondo. Las partículas de arena reposarán inmediatamente, mientras que las de limo y arcilla tardarán algunas horas.

b. Finalmente se deberán medir las capas para determinar la proporción de arena y limos con arcilla. Lo recomendado es que la cantidad de arena fluctúe entre 1.5 a 3 veces la cantidad de limos, es decir si hay una altura de 3cm de limos y arcillas, la altura de la arena deberá ser de entre 4.5 a 9cm.

✓ **Prueba del disco:** sirve para poner a prueba la resistencia de la mezcla, consiste en amasar tierra húmeda y elaborar 5 discos de 3cm de diámetro por 1.5cm de espesor y dejarlos reposar por 48 horas, una vez transcurrido el tiempo, tratar de romperlos.

Para esta prueba se presentarán 2 casos:

a. Baja resistencia: este resultado es inadecuado y ocurre cuando los discos se aplastan fácilmente.

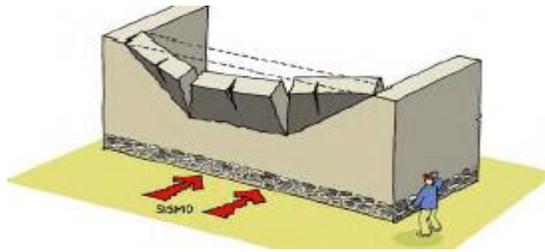
b. Resistencia media o alta: el resultado esperado, este ocurre cuando el disco se aplasta con dificultad o se rompe con un sonido seco.

5.9. MECANISMOS DE FALLAS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE

De acuerdo Capítulo IV- Fallas típicas en viviendas de adobe y tapia pisada del Manual para rehabilitación de viviendas construidas con adobe y tapia pisada, de la asociación colombiana de ingeniería sísmica (2004) existen 8 tipos de fallas/ tipos de agrietamientos lo más comunes que se presentan en las construcciones de adobe, mismas que se describen a continuación:

a) Tipo 1: Falla por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento horizontal en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales adicionales que constituyen el mecanismo de falla. Este tipo de mecanismo de falla es frecuente en muros largos sin restricciones transversales.

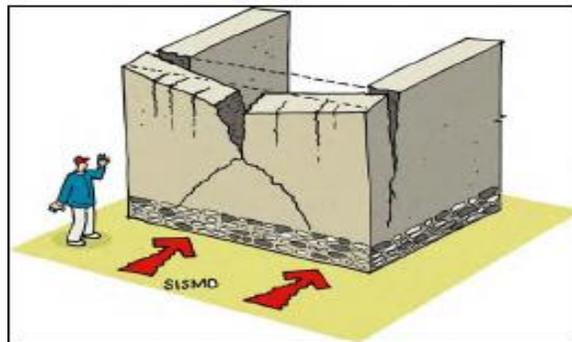
Imagen 6: Representación de tipo de falla por flexión perpendicular



Fuente: AIS, manual para la rehabilitación de viviendas construidas de adobe y tapia pisada, Colombia

b) Tipo 2: Falla por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento vertical en la zona central, agrietamiento diagonal que constituye el mecanismo de falla y fisuración en la parte superior por falta de refuerzo y confinamiento. Este tipo de falla se presenta principalmente en muros altos y cortos o muros largos con restricciones laterales poco espaciadas.

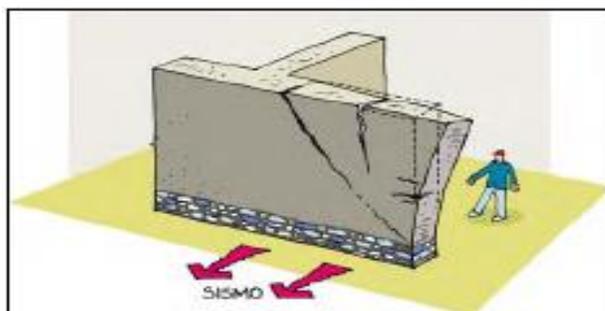
Imagen 7: Ilustración de falla por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento



Fuente: AIS, manual para la rehabilitación de viviendas construidas de adobe y tapia pisada, Colombia

c) Tipo 3: Falla por flexión perpendicular al plano en las esquinas no confinadas de muros sueltos, o en esquinas no conectadas efectivamente con los muros transversales de restricción al mismo.

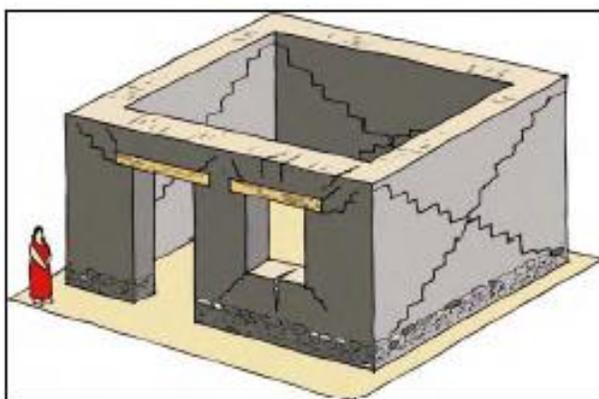
Imagen 8: Representación de falla por flexión perpendicular al plano en esquinas no confinadas de muros sueltos.



Fuente: AIS, manual para la rehabilitación de viviendas construidas de adobe y tapia pisada, Colombia

d) Tipo 4: Falla por cortante en el plano del muro asociada a altos empujes horizontales. En muchos casos estos agrietamientos están asociados a entresijos o cubiertas muy pesadas o con sobrecarga y se ven magnificados con las aberturas correspondientes a las puertas y ventanas en los muros.

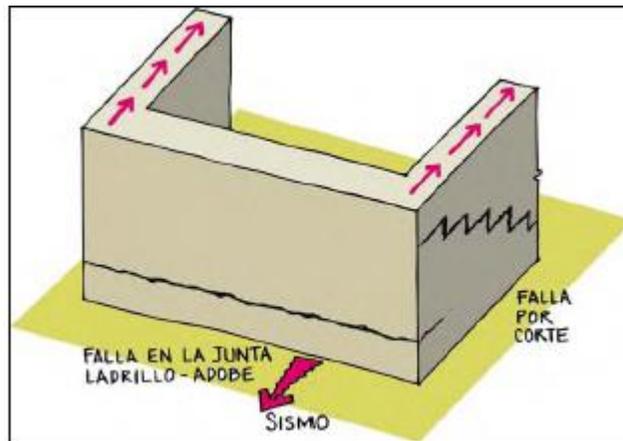
Imagen 9: Ilustración de falla por cortante en el plano del muro asociado a altos empujes horizontales.



Fuente: AIS, manual para la rehabilitación de viviendas construidas de adobe y tapia pisada, Colombia

e) Tipo 5: Combinación de dos o más de los mecanismos antes mencionados.

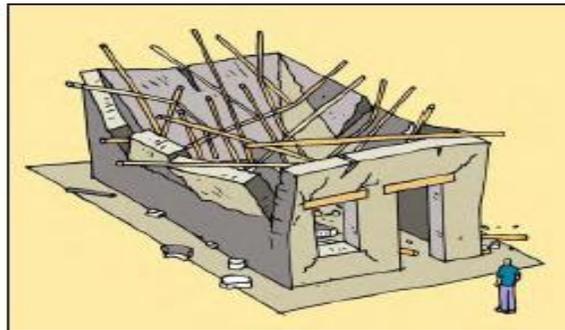
Imagen 10: Ilustración de combinación de dos o más mecanismos de falla.



Fuente: AIS, manual para la rehabilitación de viviendas construidas de adobe y tapia pisada, Colombia

f) Tipo 6: Caída de la cubierta hacia el interior de la vivienda, por encontrarse mal apoyada sobre los muros o porque los muros presentan cualquiera de las deficiencias anteriores del tipo 1 al tipo 5.

Imagen 11: Ilustración de falla en cubierta de techo

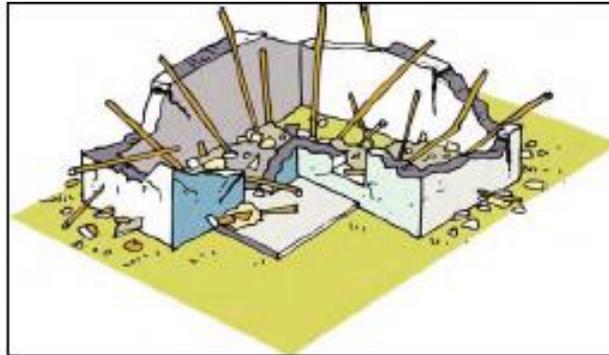


Fuente: AIS, manual para la rehabilitación de viviendas construidas de adobe y tapia pisada, Colombia

g) Tipo 7: Falla generalizada de la cubierta por ausencia de un apoyo adecuado o por mala estructuración de la misma. Usualmente La cubierta falla hacia el interior de la estructura, rompiendo la parte superior de los muros portantes. Este tipo de mecanismo de falla es frecuente en edificaciones con cubiertas muy pesadas, mal concebidas

estructuralmente o con por alto grado de deterioro a causa del ataque de insectos o cambios de humedad.

Imagen 12: Representación de falla generalizada en cubierta por falta de apoyos



Fuente: AIS, manual para la rehabilitación de viviendas construidas de adobe y tapia pisada, Colombia

h) Tipo 8: Falla que se presenta por mala conexión de los muros del primer piso con los del segundo; el entrepiso rompe los muros principales en forma casi horizontal, generando la inestabilidad del segundo piso. Este tipo de mecanismo de falla es frecuente en edificaciones de dos o más pisos, con conexiones deficientes en los muros principales y la ausencia de un diafragma rígido en el entrepiso.

Imagen 13: Ilustración de falla por mala conexión en muros, en edificaciones de dos niveles



Fuente: AIS, manual para la rehabilitación de viviendas construidas de adobe y tapia pisada, Colombia

5.10. PATOLOGIAS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE

En Moyano C. (2014) - Patologías en construcciones de adobe y paja, Senegal se describen los orígenes de las patologías que sufren las edificaciones de adobe, como los siguientes tipos:

a) Estructurales: Son aquellas producidas por movimientos de la estructura. Normalmente producidas por flechas excesivas, asentamientos diferenciales del terreno que provocan deformaciones y desplazamientos de la estructura del edificio, o fallas por sismo. Estos inciden directamente sobre los materiales componentes de los cerramientos, que al modificar la disposición inicial de los mismos originan tensiones internas que no son capaces de soportar, lo que lleva a la aparición de fisuras, grietas y/o desprendimientos de los materiales.

Estas fallas son ocasionadas en su mayoría por sismos, no obstante, también pueden ser causadas por fallas en diseño, por mal cálculo en proporciones de muro en relación largo: ancho, mal cálculo en relación de boquetes y la pared y falla de conexión de cubierta y muros.

b) Térmicas: Son aquellas que tienen como origen variaciones de temperatura sobre los materiales componentes de los cerramientos, y que dependen directamente de la zona geográfica en la que se encuentran, inducen en los materiales movimientos de dilatación y contracción (tensiones mecánicas) que sin las medidas preventivas adecuadas pueden provocar fisuras por comportamiento del movimiento, deterioro de los materiales, etc.

c) Higrotérmicas: Con este tipo de acciones se producen condensaciones, producidas por las variaciones de presión de vapor y temperatura y la falta o fallo de aislamiento e impermeabilización.

d) Atmosféricas: Estos se identifican como fenómenos meteorológicos de lluvia, granizo, nieve, viento, etc. En algunos casos están relacionadas con la humedad

intersticial debida a la absorción de agua por parte de los elementos constituyentes de los cerramientos y también con las filtraciones de agua a través de dichos elementos.

En otros casos, el impacto de la lluvia sobre una cubierta, en función del material que la componga, puede llegar a deteriorar ese material de cobertura. Así mismo, la succión del viento puede provocar desprendimientos de material.

e) Acciones biológicas: Son aquellas acciones que se producen por la intervención de algún organismo biológico y que alteran las condiciones primitivas del material. Por ejemplo, la presencia de moho, excrementos de animales, raíces, ataque por termitas, etc...

f) Daños por el sol: La incidencia directa de la luz solar sobre la cubierta o los muros provoca el calentamiento excesivo de los materiales, provocando dilataciones térmicas que de no ser absorbidas por las juntas que se prevén, provocan fisuras y roturas importantes. En este caso la acción del soleamiento se puede considerar también como una acción térmica. Por otro lado, la acción de la radiación solar sobre los materiales de revestimiento puede provocar un deterioro paulatino a largo tiempo, mermando sus propiedades iniciales.

g) Tiempo: este tipo de daño hace referencia a la vida útil de cada material, son daños que ocurren como consecuencia del paso del tiempo y la falta de mantenimiento.

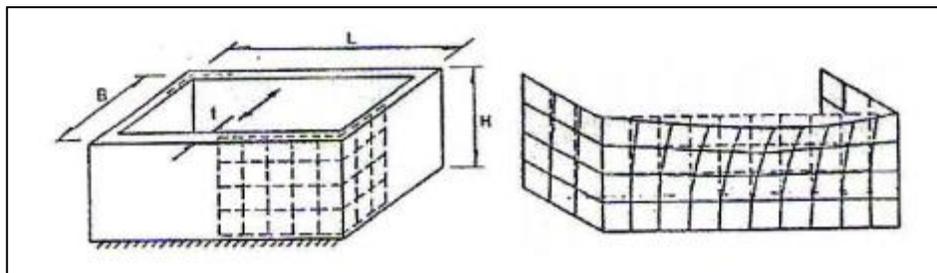
5.10.1. PRINCIPALES CAUSAS DE DAÑOS EN EDIFICACIONES DE ADOBE

5.10.1.1. DAÑOS PRODUCIDOS POR TERREMOTOS

Centro América es una zona altamente vulnerable ante los desastres naturales, tal como se explica en Mojica, F. S. (2013). Sismicidad de Nicaragua 1992-200, esto debido a que se localiza en el borde oeste de la placa Caribe, donde la placa Coco, se sumerge en la placa caribe en la trinchera mesoamericana; Nicaragua se ubica en el borde oeste de la placa Caribe y sus volcanes forman parte del anillo de fuego del Pacífico, esto en combinación con aspectos socio-económicos incrementan el efecto de los fenómenos naturales, especialmente en el caso de los sismos.

Meli et al (1978) determinaron que la vivienda de adobe se caracteriza principalmente por su baja densidad de muros, elevadas relaciones de esbeltez y grandes longitudes, así como por su baja capacidad a resistir movimientos horizontales fuera de su plano, principalmente por la deficiente restricción aportada por el sistema de cubierta. Estas condiciones inducen principalmente grandes fuerzas de flexión fuera del plano de los muros. Meli también determinó que el modo fundamental de vibrar está directamente relacionado con la vibración de los muros longitudinales. De esta forma, la vibración puede inducir momentos flexionantes críticos en la parte superior de las esquinas de la vivienda, y producir el agrietamiento, el cual se propaga de arriba hacia abajo hasta la esquina inferior. Por estos motivos, los muros frontales comienzan a vibrar como una viga en voladizo. El volteo de estos muros puede ocurrir cuando la altura del agrietamiento es suficientemente grande para que la fuerza resultante sea más grande que la resistencia de la sección transversal del muro. En la mayoría de los casos, el volteo del muro ocurre generalmente hacia el exterior de las viviendas debido al efecto restrictivo producido por el sistema de cubierta. Este es el tipo principal de falla producido por los terremotos. Los resultados más importantes de un estudio analítico determinaron que el periodo natural de vibración de viviendas típicas de adobe de un solo entepiso es de aproximadamente 0.09 seg. Un modelo físico a escala instrumentado y probado en una mesa vibradora en la Universidad Nacional Autónoma de México, determinó valores ligeramente menores (0.079 seg).

Imagen 14: Modelo analítico de una vivienda de adobe y primer modo de vibración.



Fuente: Tomada de Google Imágenes

La actual documentación sobre los daños producidos por terremotos intensos es esencial para entender cómo se han comportado históricamente las edificaciones de adobe

durante terremotos. Mientras es cierto que algunas partes o la edificación en su totalidad pueden colapsar durante terremotos fuertes, esto no significa que las edificaciones de adobe sean inestables, simplemente porque los muros estén agrietados. Es necesario hacer previamente una distinción entre muros gruesos y muros delgados, es decir tomar en cuenta la esbeltez de los muros, ya que el comportamiento y la posibilidad de supervivencia ante sismos varía sustancialmente según sea la esbeltez de los muros.

La Norma Peruana de Diseño en Adobe NTE.080 (2000), recogiendo este diferente comportamiento, hace una clasificación del tipo de refuerzo mínimo según la esbeltez de los muros, por otro lado, Tolles en un exhaustivo trabajo sobre las construcciones históricas de adobe en California dice “El comportamiento de una edificación de adobe, es sustancialmente afectado por el espesor de sus paredes. Los muros delgados, intermedios y gruesos son definidos en términos de su relación altura/espesor (SL) de la siguiente manera muros gruesos $SL < 6$; moderados, $6 < SL < 8$; y delgados, $SL > 8$. Las paredes delgadas de adobe pueden resultar inestables tan pronto como se forman las fisuras a través de las paredes. Sin embargo, una pared gruesa de adobe está lejos de perder estabilidad después que la primera fisura se desarrolla”.

Se puede entonces concluir que los muros gruesos tienen mayor posibilidad de supervivencia frente a los sismos que los muros delgados. En lo que respecta a los tipos de falla se pueden catalogar en dos grandes grupos, la falla de los muros por volteo fuera del plano y la falla de los muros debida a fuerza horizontal en su propio plano. De estos dos tipos de falla, la que se presenta primero y por lo tanto a menores niveles de intensidad sísmica es la falla por volteo fuera del plano, cuando este tipo de falla se controla, se producen, a un mayor nivel de intensidad sísmica, las grietas debidas a la fuerza horizontal en el plano del muro, las cuales dependiendo de la esbeltez y de la duración del sismo pueden causar el colapso total o parcial de los muros.

5.10.1.2. DAÑOS POR INFLUENCIA DEL TECHO

De acuerdo al manual para rehabilitación de viviendas construidas con adobe y tapia pisada, de la asociación colombiana de ingeniería sísmica, cuando se presenta una

inadecuada estructuración de la cubierta (muy pocos elementos o configuraciones inestables), se presentan deflexiones y sobreesfuerzos en los elementos que la componen. En el caso de presentarse un terremoto, esto puede inducir al colapso de la cubierta y ocasionar daños importantes en los muros cargueros por las sollicitaciones horizontales generadas por las fuerzas laterales. Las edificaciones con cubiertas pesadas y mal estructuradas son muy susceptibles a colapsar cuando se presenta un sismo.

Así mismo, refiere que los techos, especialmente los techos pesados a dos aguas pueden causar empujes horizontales no previstos en la parte superior de los muros cuando los tijerales no están contruidos adecuadamente. Si a esto se suma que en casos de sismos intraplacas, con foco superficial, la aceleración vertical puede llegar a tener valores importantes, el resultado es el colapso de los muros por el incremento de dicho empuje horizontal con el consecuente colapso del techo dentro de la vivienda.

Es importante mencionar, de acuerdo a la Norma Técnica de Edificación Peruana E-80 en su artículo 6, ítem 6.5 refiere que los techos deberán en lo posible ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los muros; además, deberán estar adecuadamente fijados a éstos a través de la viga solera. Los techos deberán ser diseñados de tal manera que no produzcan en los muros, empujes laterales que provengan de las cargas gravitacionales. En general, los techos livianos no pueden considerarse como diafragmas rígidos y por tanto no contribuyen a la distribución de fuerzas horizontales entre los muros. La distribución de las fuerzas de sismo se hará por zonas de influencia sobre cada muro longitudinal, considerando la propia masa y las fracciones pertinentes de las masas de los muros transversales y la del techo. En el caso de utilizar tijerales, el sistema estructural del techado deberá garantizar la estabilidad lateral de los tijerales. En los techos de las construcciones se deberá considerar las pendientes, las características de impermeabilidad, aislamiento térmico y longitud de los aleros de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar.

Cabe mencionar, que uno de los principales problemas en techos tanto en construcciones de adobe como concreto son las goteras, esto puede ser ocasionado por una mala instalación durante la construcción o bien por la falta de mantenimiento de los mismos. Una cubierta debidamente instalada y con los mantenimientos preventivos y correctivos adecuados puede durar aproximadamente 15 años.

Las consecuencias de las goteras y que es especialmente perjudicial en viviendas de adobe es que generan humedad en los interiores, misma que genera daños a la infraestructura.

5.10.1.3. DAÑOS POR HUMEDAD

El agua y la humedad son enemigos naturales de la construcción con tierra, la resistencia a la compresión y al corte de la mampostería de adobe disminuyen drásticamente con el contenido de humedad. La humedad inferior en los muros corresponde a la presencia de agua impregnada en la zona baja de los muros debido a la ascensión por capilaridad. Esto genera un reblandecimiento de la tierra cruda. Se reconoce al evidenciar manchas de humedad en la zona inferior del muro o palpando zonas reblandecidas. Se puede apreciar tanto en el exterior como en el interior de la edificación.

Por otra parte, la humedad puntual se reconoce con la presencia de zonas aisladas húmedas en los muros de la edificación y reblandecimiento de los mismos. La humedad en las paredes tiene las siguientes causas:

- ✓ Protección inadecuada de los muros contra las lluvias.
- ✓ Presencia de humedad en el suelo y una inadecuada cimentación o ausencia total de ella.
- ✓ Instalaciones de agua defectuosas empotradas en los muros de adobe.
- ✓ En interiores puede ocasionarse debido a infiltraciones o condensaciones en recintos húmedos como baños y cocinas. En una zona puntual puede estar ocasionada por infiltraciones en instalaciones sanitarias.

La presencia de humedad es particularmente peligrosa cuando ocurre en la base de los muros, debido a la carga vertical que soportan, los muros húmedos comienzan a hincharse transversalmente llegando a producir el colapso por el peso propio. Por lo tanto, si un muro en estas condiciones se ve afectado además por fuerzas sísmicas, su posibilidad de supervivencia será mínima.

De acuerdo a la normativa peruana E080-Construcción con tierra se deberán tomar en cuenta las siguientes medidas preventivas para evitar daños por humedad:

- ✓ Cimientos y sobrecimientos que eviten el humedecimiento del muro por ascensión capilar de la humedad del suelo.
- ✓ Recubrimientos resistentes a la lluvia, humedad y viento, que permitan la evaporación de la humedad del muro.
- ✓ En caso de incluir patios interiores, permitir evaporación del agua/ humedad depositada en el suelo o piso.

Por otro lado, la presencia de humedad en los muros puede generar, problemas en el interior de la vivienda, proliferación de hongos u otros organismos y problemas en la salud de los ocupantes debido a la humedad ambiental.

El daño ocasionado por la exposición al agua en muros de adobe es acumulativo e irreparable, pues va debilitando progresivamente el material. Es importante determinar la frecuencia de la exposición del muro a la humedad. Puede ocasionar con el tiempo el desmoronamiento de la zona afectada, tanto del revoque como de zonas puntuales del muro, debilitando la estructura del inmueble.

5.10.1.4. DAÑOS POR EROSION

Es muy notable que las casas de tierra poseen un enlucido cuya finalidad es proteger los muros de acciones erosivas externas tales como el viento, la acción del hombre o animales. Cuando no existe este enlucido o se pierde por falta de mantenimiento, el efecto de la erosión es disminuir la sección neta del muro reduciendo su resistencia al corte y a cargas verticales con los consiguientes efectos adversos en caso de sismos.

De acuerdo a la normativa peruana E080-Construcción con tierra se deben considerar protecciones para prevenir la erosión por viento como lo son las siguientes:

- ✓ Aleros en el techo que protejan el muro de cualquier contacto con la lluvia. En zonas lluviosas se recomiendan aleros no menores de un metro (1 m.) de voladizo, adecuadamente anclados y con peso suficiente para no ser levantados por el viento.
- ✓ Veredas perimetrales que permitan la evaporación del suelo y con pendiente hacia el exterior.
- ✓ Sistemas de drenaje adecuado (material granular suelto, tipo piedras y gravas, con pendiente y colector inferior, evacuador de agua).

5.10.1.5. DAÑOS POR COMBINACION DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

El desarrollo de labores de mantenimiento no siempre garantiza la buena conservación de las construcciones de adobe y en ocasiones la realización de reparaciones inadecuadas puede desencadenar en nuevos mecanismos de degradación en el edificio.

La reposición de los enlucidos con materiales impermeables, como el cemento o las pinturas plásticas, es una de las malas praxis más extendidas en el mantenimiento de las construcciones de adobe, especialmente cuando estas tareas son llevadas a cabo sin la supervisión de un técnico. Debido a su propia naturaleza, los muros de tierra necesitan intercambiar humedad con el medio que los rodea para mantener unas condiciones higrométricas óptimas. Al recubrirlos con un revestimiento que no transpira, se impide que este intercambio se produzca. El adobe, al quedar aislado del ambiente exterior, va aumentando su contenido de agua hasta quedar saturado, reduciéndose notablemente su resistencia e incrementándose el riesgo de desarrollar lesiones derivadas del exceso de humedad.

A menudo se encuentra el adobe combinado con otros materiales como concreto armado, porciones de albañilería de ladrillo o enlucidos de cemento, todos ellos materiales mucho más rígidos que el adobe. Es por lo general el resultado de intervenciones estructurales por daños de sismos anteriores o modificaciones arquitectónicas a la distribución original de la construcción de adobe. Sismos posteriores,

demuestran que las interacciones dinámicas entre ellos producen fisuras en la zona de contacto entre los dos materiales, especialmente cuando se trata de muros relativamente anchos.

El concreto armado y el adobe son totalmente incompatibles debido a que su rigidez, módulos de elasticidad y comportamiento ante los sismos son diferentes, por lo que al mezclarlos ocasiona que los elementos de concreto al ser estos más rígidos, provoquen fracturas en el adobe.

Para el repello muchas veces se utiliza repello de mortero de cemento y esto no es correcto puesto que la capa resultante es poco permeable al vapor de agua y conserva la humedad interior, por lo que se desharía el adobe desde dentro.

Otro de los problemas que se presenta con los repellos de cemento es que el cemento no se adhiere bien al barro de los adobes y frecuentemente la capa de repello se separa del adobe y se cae, dejando expuesta la pared.

5.10.1.6. DAÑOS POR ASENTAMIENTOS O DESLIZAMIENTOS

Estas fallas producen grietas diagonales en las esquinas de los muros desde el borde hacia el interior. Se producen por asentamientos de los muros no uniformes debido a movimientos del terreno o a una sobrecarga descompensada de la cubierta sobre ellos.

Ocurre por lo general en la vivienda rural, en viviendas que se asientan en las laderas de cerros o en terrenos de inclinada pendiente, es necesario realizar un trabajo de corte y relleno para poder ubicar la explanada de la vivienda. Es en este proceso, en el cual la parte del relleno se hace en forma manual y sin criterio técnico, que muchas veces este cede ante el peso de la vivienda produciendo grietas que pueden convertirla en inhabitable.

También es obvio que, si a esta situación de inestabilidad se le suma un efecto sísmico, las probabilidades de colapso total de la vivienda son muy altas ya que lo primero que fallará será el terreno de cimentación.

La ausencia de cimentación facilita que se presenten asentamientos diferenciales que debilitan los muros principales y disminuyen la capacidad de la estructura ante las fuerzas que debe soportar.

El suelo es suelto, blando y de resistencia no uniforme. Por acción del peso de la casa se producen asentamientos no uniformes y grietas en los muros, por falta o deficiencias en el cimiento. Las corrientes de agua subterráneas, la filtración de agua de las lluvias y la continua exposición a la humedad también pueden causar el asentamiento disparejo de la vivienda apoyada en este tipo de suelos.

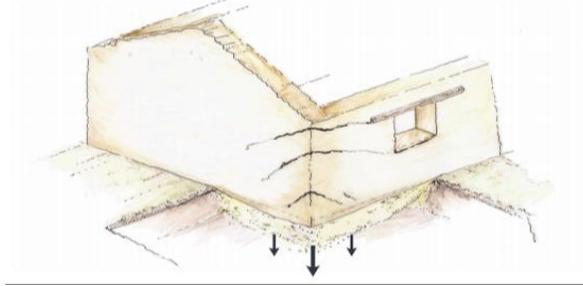
Adicionalmente contribuye a acumular humedad en los muros de tierra disminuyendo su capacidad portante de manera significativa y aumentando el nivel de deterioro con el tiempo.

Estas fallas producen grietas diagonales en las esquinas de los muros desde el borde hacia el interior. Se producen por asentamientos de los muros no uniformes debido a movimientos del terreno o a una sobrecarga descompensada de la cubierta sobre ellos.

Cuando sea necesario el refuerzo de la cimentación a causa de agrietamientos debidos a asentamientos diferenciales, se recomienda colocar elementos de concreto adosados a la zapata de mampostería y conectados al elemento original. Esta acción permitirá aliviar los esfuerzos de contacto del cimiento con el suelo. Asimismo, se recomienda, para evitar la degradación del adobe y de la propia cimentación, la impermeabilización de 500 mm de la base de los muros. En cimentaciones nuevas es necesario elevar la altura del cimiento por lo menos 300 mm arriba del nivel del terreno natural, y existe la opción de colocar piezas de adobe estabilizado en las primeras hiladas.

Es importante también el anclaje de los sistemas de refuerzo a la cimentación, como pueden ser las mallas de alambre ya que los ensayos realizados en el CENAPRED, demostraron que el refuerzo de los muros puede conducir a un cambio en el modo de falla, y así en vez de fallar por cortante se puede producir una falla por deslizamiento o por flexión, lo cual se evitará en buena medida proporcionando un refuerzo íntegro de la estructura y la cimentación.

Imagen 15: Representa falla por asentamiento



Fuente: Fichas para la reparación de viviendas de adobe, Perú

Para determinar las causas del asentamiento se deberán realizar análisis de suelo, con una excavación de aproximadamente 80cm y en dependencia de los resultados obtenidos se podrá determinar si la causa es por humedad o por mala calidad del suelo y tomar las medidas correspondientes.

5.10.1.7. DAÑOS POR HONGOS Y PLAGAS

Una de las principales causas del desgaste y deterioro de viviendas de adobe son las plagas, ya que estas destruyen la estructura de madera de las viviendas. Tal como se expone en Moyano C. (2014)- Patologías en construcciones de adobe y paja estas son especialmente peligrosas ya que la madera queda expuesta al exterior y pueden generar desvinculación de piezas, pérdida de material, desmoronamiento de parte de las estructuras e incluso colapso de los sistemas.

Estos organismos se encuentran dentro de las edificaciones y se alimentan de las sustancias nutritivas de la madera, presentes en vigas, cerchas, suelos o mobiliario. Algunas especies más peligrosas se reproducen y continúan su ataque posteriormente a la colocación de los elementos de madera. Este tipo de plagas provienen normalmente de nidos subterráneos en el terreno y ascienden en busca de madera para su alimentación. La falta de tratamiento de las maderas provoca la atracción de termitas ya que de esta manera pueden alimentarse de ellas.

Por otra parte, otro problema que pueden presentar las construcciones de tierra es la presencia de vegetación enraizada en una parte de la misma. Puede tratarse de

vegetación de líquenes (hongos y algas) o incluso brotes de trigo. Si se prolonga en el tiempo, las raíces a medida que van creciendo- pueden destruir progresivamente la composición del muro, tabique o cubierta. Si existen hongos, estos pueden generar pudriciones blancas, que son corrosivas y descomponen la lignina de la madera, debilitándola y mermando sus propiedades de resistencia mecánica.

Imagen 16: Ilustración de daños ocasionados por plagas



Fuente propia

6. REFORZAMIENTOS

6.1. TIPOS DE REFUERZOS PARA REHABILITACION DE MUROS

Independientemente de los criterios para dimensionar, se deberán colocar refuerzos y arriostramientos que mejoren el comportamiento integral de la estructura. El refuerzo debe controlar las fisuras que se producen en los muros, durante un sismo intenso. La falla de construcciones no reforzadas de tierra por sismo, suele ser frágil, con muy poca o ninguna ductilidad. El mecanismo de falla más común, es el desplome de los muros, a causa de la pérdida de estabilidad lateral, como consecuencia de la destrucción del amarre entre muros en las esquinas y encuentros.

En el reforzamiento de muros hay que tomar muy en cuenta el tipo de mortero a utilizar sin importar el tipo de refuerzo que emplearemos. La integración del mortero y los adobes, por lo general, no se logra alcanzar plenamente, por lo tanto, las juntas son las

zonas de menor resistencia dentro del muro. El mejor mortero, será el que produzca la mayor adherencia con los bloques y esto no necesariamente se obtiene con morteros de mayor resistencia a la compresión. Los morteros se clasifican en dos grupos:

a) Tipo I, en base a cal y arena: Con o sin aglomerantes MORTEROS TIPO I Morteros de cal y arena, cuya relación volumétrica estará comprendida entre 1:3 a 1:5. Podrán emplearse morteros de cemento-cal hidratada – arena, en proporciones 1:1:5 a 1: 1: 10. Su resistencia a compresión, medidas en cubos de 50 mm de lado (ASTM C 109), no será menor de 3MPa (30 kg/cm²). Deberá utilizarse arena gruesa, mallas N^o 4 y 30 de la serie (ASTM). Deberá agregarse la mínima cantidad de agua, que permita una adecuada trabajabilidad y asegure juntas verticales y horizontales completamente llenas. La superficie de los adobes, deberá humedecerse antes del asentado.

b) Tipo II, en base a suelos arcilloso: MORTEROS TIPO II La composición de estos, debe cumplir los mismos lineamientos que las unidades de adobe y de ninguna manera, tendrá una calidad menor de las mismas. Debe reducirse al mínimo la fisuración del mortero, producto del proceso de secado, deberá utilizarse paja seca (cortadas en fibras de alrededor de 50 mm de longitud, en una proporción no menor de 1:3 (paja tierra).

Si con esta proporción, se produce fisuración apreciable en el mortero, deberá aumentarse la cantidad de paja, y/o incorporar arena gruesa a la mezcla. En zonas donde no sea posible conseguir paja, será posible agregar al barro, sólo arena gruesa. Se recomienda dejar remojar el barro como mínimo 48 hs antes de su utilización. Deberá emplearse la menor cantidad de agua que sea necesaria para lograr un mortero trabajable. Las juntas horizontales y verticales, no deberán exceder los 20 mm de espesor y deberán ser rellenadas completamente con mortero. Es posible utilizar aglomerantes o estabilizantes (cemento, asfalto, etc.) en el barro, para mejorar la calidad del mortero o su resistencia a la humedad, en cuyo caso deberá tenerse en cuenta siempre, la necesidad de lograr una mayor adherencia entre el mortero y los adobes. (Ninguno de estos aditivos, podrá lograr una disminución menor de adherencia, que el barro solo).

Con base en las referencias citadas en este documento, se propone tres alternativas para reforzar los muros y proporcionarle resistencia a la flexión para acciones tanto en el plano como fuera de éste. No obstante, existen otras alternativas de rehabilitación como las presentadas por Ginell y Tolles (2000).

6.1.1. REFUERZO CON MALLAS

Esta alternativa de refuerzo ha sido estudiada de manera exhaustiva por los profesores e investigadores de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), tal como lo presentan Vargas y Blondet (2005). La PUCP viene investigando diversas formas de mejorar el comportamiento sísmico de las casas de adobe; por ejemplo, se ha visto que una malla exterior de polímero (geomalla) es efectiva en prevenir el colapso de las estructuras de adobe sometidas a excitación sísmica severa. Sin embargo, en la mayor parte del territorio peruano, la geomalla es difícil de obtener.

La geomalla no solo aumenta por sí misma la resistencia del muro, sino que la cohesión que aporta al adobe contribuye a mejorar sus propiedades, aumentando su resistencia y ductilidad.

Esta alternativa consiste en instalar mallas con vena por franjas horizontales y verticales en las zonas críticas de los muros principales. Los tramos de malla se instalan en la cara interna y externa del muro en forma simultánea.

Las mallas de las dos caras se interconectan con alambrones de 8 mm colocados en orificios previamente perforados, los cuales se rellenan con mortero de cal y arena. El amarre del alambón y la malla se realiza únicamente en las venas de la malla. Los alambrones van espaciados cada 20 cm en promedio en las dos direcciones y posteriormente la malla se recubre con mortero de cal y arena.

Se ha demostrado que la adición de recubrimientos reforzados, o encamisado, es la técnica de rehabilitación más eficiente. Varios han sido los estudios relacionados con la evaluación de su contribución a mejorar el comportamiento ante acciones sísmicas (Hernández, 1979; ICA, 1999). Para su construcción se requiere retirar el techo, de modo

de emboquillar el extremo superior del muro con mortero para evitar la penetración de agua entre el mortero y el muro.

Se recomienda limpiar la superficie del muro, retirando cualquier tipo de recubrimiento y después humedecerla. Para lograr una mejor liga del mortero, es recomendable practicar ranuras en las juntas horizontales y verticales con una profundidad aproximada de un centímetro (SAHOP, 1977). Posteriormente, se aplica una primera capa de mortero tipo I o II, de 1 a 15 mm de espesor; se coloca la malla de preferencia por ambos lados del muro, se sujetan con anclajes de acero, y finalmente se coloca la segunda capa de mortero. El recubrimiento debe tener un espesor total de 25 a 30mm.

La malla puede ser estructural de alambre soldado o malla de gallinero (hexagonal). Para el primer caso, es común usar el menor calibre disponible en el mercado, normalmente calibre 10 (3.43 mm de diámetro). Para el segundo, es conveniente usar malla de alambre calibre 20 (diámetro de 0.89 mm) con aberturas de 50mm. La sujeción de las mallas de alambre soldado se hace con barras de acero de 4, 6 u 8 mm de diámetro que atraviesan el espesor del muro, y cuyos extremos son doblados sobre las mallas con ganchos de 90°. Evidentemente, esto obliga a perforar al muro antes de colocar la primera capa de mortero. Se recomienda usar una densidad de anclajes de 4 a 6 por m para sujetar mallas de gallinero, se han usado grapas de 38 mm de longitud colocadas a cada 300mm. Sin embargo, también este tipo de conector y se ha usado con éxito en los ensayos realizados en el CENAPRED en malla de alambre soldado con densidades de 10 grapas por m.

Una alternativa al encamisado de todo el muro y que tiene por objeto funcionar como una liga entre los muros y lograr una solución más económica, es la de encamisar únicamente los bordes verticales y horizontales, es decir, las esquinas y la parte superior de los muros. En este caso es recomendable usar malla estructural y ser más cuidadosos en el detallado del traslape y conexión de la malla ya que el nivel de los esfuerzos de tensión en las franjas será más elevado.

Como se ha demostrado en los ensayos de mesa vibradora realizados por Hernández y colaboradores (1979), este método resultó el más eficiente para controlar el daño, y ha sido usado en reforzamiento en zonas rurales afectadas por sismos recientes en donde se usó la técnica en viviendas afectadas por sismos recientes en Oaxaca. Cuando se tienen muro con más de cuatro metros de longitud, es recomendable que además se coloquen tensores diagonales en el techo con el objeto de transmitir las fuerzas inerciales de la parte central superior de los muros largos a los muros cabeceros, reemplazando en cierta forma la acción de diafragma rígido con la que no se cuenta debido al tipo de sistema de techo.

Imagen 17: Fotografía de Vivienda reforzada con mallas en paredes



Fuente: Hernández, 1979

6.1.2. REFUERZO CON MADERAS DE CONFINAMIENTO

Consiste en la instalación de refuerzos horizontales y verticales en madera con el fin de aumentar la resistencia a la flexión de los muros y mantener la unidad de la estructura. Los elementos deben colocarse tanto por la cara externa como por la cara interna del muro.

Cuando se use madera como dala o refuerzo se recomienda usar elementos de 50mm - 100 mm como mínimo, que pasen sobre las aberturas y que estén reforzadas en las esquinas con elementos transversales clavados. Los elementos horizontales de los muros se unen mediante platinas de acero de manera que se evite la desarticulación de los diferentes muros y se mantenga siempre unida la edificación.

En principio no se pretende rigidizar los muros sino reforzarlos de manera que la sección del muro trabaje como una sección compuesta de tierra y madera. La compatibilidad de deformaciones entre los dos materiales se garantiza mediante pernos colocados cada 50 cm y mediante puntillas convencionales clavadas sobre las tablas para proporcionar una superficie de contacto rugosa. Los aspectos técnicos de esta alternativa de rehabilitación fueron ideados por los autores del documento “*Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada*” – (2007).

Imagen 18: Vivienda reforzada con madera en superficies verticales de los muros



Fuente: Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada” – (2007)

6.1.3. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL POR MEDIO DE DRIZAS

El sistema de Drizas consiste en un sistema de cuerdas que envuelven los muros de manera vertical y horizontal, a distancias que dependen del tamaño de los adobes, conformando una malla que asegura que los muros de la vivienda no colapsen en el caso de un sismo de gran envergadura. Cada cuerda, tanto vertical como horizontal, es tensada y amarrada, lo que genera una mejora en la resistencia que puede tener un muro de adobe ante un terremoto. El uso de drizas supone ciertas ventajas, como lo son el fácil acceso para disponer del material, el aspecto económico y que no solo actúa para evitar colapsos, sino además mejora el comportamiento de la estructura ante un sismo.

El reforzamiento con Drizas surge el año 2013 gracias a la investigación realizada por un equipo de ingenieros de la Universidad Católica del Perú, liderado por el Ingeniero Julio Vargas Neumann.

Este sistema de reforzamiento estructural de los muros de adobe mediante el sistema de Drizas, fue utilizado por primera vez en Chile el año 2014 durante la restauración de la iglesia de San Pedro de Atacama. Gracias a la experiencia ganada por Fundación Altiplano en la restauración de la iglesia de San Pedro de Atacama, y a la asesoría que ofrece el Ingeniero Julio Vargas Neumann, es posible llevar adelante esta gran innovación en el refuerzo estructural de construcciones de adobe.

Si bien existen antecedentes prehispánicos donde se ve el uso de cuerdas para reforzar estructuras de tierra, es en el año 1970, tras el trágico terremoto de Huaraz en Perú, donde se da inicio a las investigaciones, por parte de un equipo de profesionales, para reforzar construcciones de adobe y garantizar por sobre todo el salvar las vidas de los habitantes de dichos hogares que son muy comunes no sólo en esa parte del Perú, sino en varias zonas de Centroamérica y Sudamérica.

Esta nueva técnica de refuerzo sísmico como trabajo preliminar se ensayó un modelo de vivienda típica de adobe sin refuerzo, a escala natural, sobre la mesa vibradora de la PUCP. Durante el movimiento, los muros de adobe se agrietaron y algunos bloques de adobe se desplomaron. Luego, la casa fue reparada (con inyección de barro tamizado) y reforzada con una malla externa de cuerdas de driza en cada cara de los muros, templadas manualmente. Las drizas sujetaban también una viga collar de madera. Después de someter el modelo reforzado a un nuevo ensayo sísmico más exigente, se observó que el refuerzo brindó integridad estructural y estabilidad al modelo pues evitó el colapso parcial de los bloques.

Además, se elaboró una guía preliminar de diseño de refuerzo. Actualmente, se está realizando un modelo numérico no lineal y un modelo basado en análisis dinámico de bloques rígidos. Los resultados serán comparados con lo observado en el laboratorio. Se espera que estos resultados conlleven al desarrollo de un sistema de refuerzo simple, accesible y barato que permita proteger las construcciones de adobe localizadas en áreas sísmicas.

Imagen 19: Foto ilustrativa de reforzamiento por medio de drizas



Fuente: Tomada de Google imágenes

6.1.4. REFUERZO CON CORREAS DE NEUMATICOS USADOS

Este esquema utiliza correas de corte circunferencial de las bandas de rodadura de los neumáticos usados para reforzar la tensión. Las correas continuas pasan a través de agujeros perforados en las paredes de adobe para envolverlas horizontalmente cada 600mm y verticalmente cada 1.2m. Este refuerzo mejora la resistencia en el plano y fuera del plano de las paredes de adobe a los efectos sísmicos.

Las correas verticales se anclan de la parte de abajo a través de la cimentación y en la parte de arriba con la viga collar. Este sistema puede aplicarse a estructuras existentes de adobe (Charleson, 2011). Ensayos dinámicos realizados en la PUCP indicaron el tipo de falla en la estructura sin llegar al colapso, pero con serios daños en la estructura. Este esquema fue desarrollado en la Universidad de Victoria de Nueva Zelanda y la prueba de agitar la mesa se realizó en la PUCP.

Este sistema evito el colapso del edificio, incluso durante la sacudida simulada del suelo de alta intensidad. Definitivamente esta técnica también es accesible y poco costosa, sin omitir la gravedad de daños en un evento sísmico.

A diferencia de los tres anteriores sistemas descritos, este resulta muy sutil al cumplir con dos objetivos: el primero, confinar el sistema construido en tierra y el segundo,

reciclar un material altamente contaminante y tóxico, como lo es el neumático radial; e ingenioso ya que dándole un manejo sencillo pero cuidadoso al material, se logrará prevenir daños garantizando su durabilidad, al no estar expuesto a factores técnicos que causan disminución en la resistencia como el aire presurizado.

De igual forma, a factores ambientales que causan deterioro, el agua y el sol, se forra la correa con una lámina de polivinilo con pvc en el área que tocara el suelo bajo la cimentación y además, se recubrirá con tierra estabilizada con cal a manera de mortero de pañete, lo cual según los expertos Charleson and French garantizara una mayor duración del material a unos cincuenta años o más.

Imagen 20: Muestra de vivienda reforzada con residuos de neumáticos



Fuente: Charleson, 2011

ESQUEMA DE REFUERZOS DE MUROS DE ADOBE

Tabla 1: Complejidad de Refuerzos

Esquema de refuerzo de la pared	Tipo de edificio		Complejidad en rehabilitación			Costo			Seguridad sísmica		
	Nuevo	existente	sencillo	moderar	complejo	bajo	moderar	alto	bajo	moderar	alto
Refuerzo con malla	X	X	X			X					X
Refuerzo con madera	X	X	X			X					X
Refuerzo con drizas	X	X	X			X					X
Refuerzo con correas de neumáticos usados	X	X		X		X				X	

Fuente: Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada” – (2007)

7. REHABILITACION DE VIVIENDAS DE ADOBE

Las alternativas de rehabilitación propuestas, conforman una serie de recomendaciones que buscan disminuir el riesgo sísmico al que está sometido este tipo de edificaciones. Sin embargo, debe advertirse que las medidas propuestas están dirigidas únicamente a la rehabilitación de viviendas existentes y no a la construcción de nuevas viviendas. No obstante, a escala mundial existen diferentes normativas para la construcción de viviendas nuevas de adobe; por ejemplo, en Perú se cuenta con una normativa (Norma Técnica de Edificación, NTE, 1999) y la normativa E080- Construcciones con tierra. La norma se orienta al diseño, construcción, reparación y reforzamiento de edificaciones de tierra reforzada, inspirada en el desarrollo de una cultura de prevención de desastres y en la búsqueda de soluciones económicas, seguras, durables, confortables y de fácil difusión. Las estructuras existentes incluyen las obras patrimoniales de tierra.

Perú es el único país del cinturón de fuego del Pacífico que cuenta con una norma técnica oficial de construcción en adobe. El Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI) de Perú publicó, en 1987, la Norma de Diseño en Adobe. Actualmente, está vigente su segunda edición, que fue aprobada en 1999 por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción del Perú (MTC, 2000).

En esta se detallan las condiciones que deben cumplir los distintos componentes de la vivienda para garantizar su estabilidad respecto a las sollicitaciones, especialmente de sismos. La condición básica es que los muros de adobe sean portantes y que, estructuralmente, en las paredes no exista otro elemento que actúe como tal.

La normativa también se refiere a las características mecánicas de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada, al diseño sismorresistente, a los elementos estructurales fundamentales, así como al comportamiento de los muros de adobe y tapial, de acuerdo a la filosofía de diseño sismorresistente. Las edificaciones de tierra deben ser construcciones reforzadas para conseguir el comportamiento siguiente:

a) Durante sismos leves, las edificaciones de tierra reforzada pueden admitir la formación de fisuras en los muros.

b) Durante sismos moderados, las edificaciones de tierra reforzadas pueden admitir fisuras más importantes, sin embargo, están controladas por refuerzos, sin producir daños a los ocupantes. La estructura debe ser reparable con costos razonables.

c) Durante la ocurrencia de sismos fuertes, se admite la posibilidad de daños estructurales más considerables, con fisuras y deformaciones permanentes, pero controladas por refuerzos. No deben ocurrir fallas frágiles y colapsos parciales o totales, que puedan significar consecuencias fatales para la vida de los ocupantes.

De la misma manera, las normas colombianas de diseño y construcción sismo resistentes, NSR-98 (Ley 400 de 1997, y sus decretos reglamentarios) se definen los criterios con que se deben evaluar las edificaciones existentes con el fin de estimar su vulnerabilidad sísmica y se fijan las pautas para rehabilitar o reforzar las edificaciones cuando su grado de vulnerabilidad sea inaceptable.

Este resultado se logró por medio de estudios experimentales que realizó La AIS (Asociación de Ingeniería Sísmica) con apoyo de otras entidades que permitieron concluir proponiendo así medidas de rehabilitación y reforzamiento sísmico en viviendas existentes de adobe y tapia pisada.

Este reglamento cabe mencionar, que no fue realizado para construir o ampliar viviendas. Este manual aporta una serie de recomendaciones técnicas para rehabilitación de viviendas existentes y resalta que su uso se lleve a cabo bajo la asesoría de un experto en el área.

Siempre que se desea intervenir en la rehabilitación de una vivienda del tipo en estudio, se procede de manera muy cuidadosa para conservar las características arquitectónicas, que es lo que muchas veces se desea salvaguardar por el valor patrimonial que presentan; sin omitir que se continúe manteniendo la seguridad de los ocupantes.

Es de gran importancia disponer de una guía, normativa o reglamento al momento de ejecutar una restauración del tipo de vivienda investigado en el documento; puesto que

nos facilita el análisis del estado de la vivienda y la obtención de soluciones a problemas de la misma. No obstante, cabe mencionar que el resultado final de la rehabilitación, no depende del nivel de daño que presentó la vivienda sino más bien de la correcta aplicación de las normas durante la restauración, es por ello que se recalca la intervención de un experto.

En nuestro país no poseemos un manual que nos avale en este tipo de restauraciones, sin embargo, nos fundamentamos por medio de las normativas o reglamentos más análogas a la situación sísmica que presenta nuestro país.

Cabe mencionar que este sistema se ha ido envileciendo debido a la poca importancia que se le acredita como técnica constructiva: al igual, que la falta de estudio ya que favorece la no implementación del mismo, por no conocer ventajas o beneficios de este tipo de edificaciones, viciando de esta manera un método de edificación muy efectivo y poco costoso.

Con estas disposiciones, las medidas de rehabilitación propuestas son:

- ✓ Disminuir la masa de las edificaciones.
- ✓ Proporcionar, en la medida de lo posible, un diafragma rígido con adecuadas conexiones y contactos a los muros perimetrales.
- ✓ Proporcionar capacidad a la flexión a los muros estructurales principales de la edificación tanto en el plano del mismo como fuera del plano.
- ✓ Reforzamiento de edificaciones de adobe previendo desastres y en búsqueda de soluciones económicas, seguras y duraderas para sus habitantes.

Con base en experiencias previas en diferentes países del mundo, se ha observado que un buen desempeño sísmico de estructuras de adobe se obtiene si se siguen los principios siguientes (ICA, 1999):

- ✓ La relación de esbeltez del muro, altura entre espesor, no debe exceder a ocho (es recomendable que sea seis)

- ✓ La altura de los muros debe ser menor que 3.5 m
- ✓ La anchura de una abertura debe ser menor que un tercio de la longitud del muro o que 1.2 m.
- ✓ Las estructuras con elementos horizontales de confinamiento han exhibido mejores respuestas que aquellos que no los tienen.
- ✓ Los refuerzos deben ser continuos a lo largo de los muros, deben estar conectadas a los techos y ser reforzadas en las esquinas. La continuidad de los refuerzos se garantiza empalmándose.

Si recordamos que las fuerzas inducidas por los sismos en los muros son producto de la masa de inercia y la aceleración, aquéllas se reducirán si se disminuye la masa. Esta última se puede reducir si se evitan techos pesados, generalmente de tejas de barro, y se sustituyen por techos más ligeros, como son los de lámina. Otro aspecto que es importante considerar para la construcción es que el techo sea rígido en el plano. Con esto se pretende asegurar una distribución uniforme de las fuerzas de inercia entre los muros en dirección de carga. De otro modo, existirán concentraciones excesivas, así como empujes sobre los muros perpendiculares, que se traducirán en colapsos prematuros, tanto parciales como totales.

7.1. REPARACIONES EN AREAS DE VIVIENDA

7.1.1. REPARACIÓN DE GRIETAS O FISURAS EN MUROS DE ADOBE

Las grietas y fisuras existentes en las edificaciones de adobe no significan demolición total o parcial. Investigadores de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) han desarrollado un método para reparar muros agrietados por su contracción con el tiempo, los ciclos de humedecimiento y secado, o por acción de los terremotos.

El método consiste en inyectar pastas de barro líquido, con distintos grados de finura por tamizado del suelo, y diferentes contenidos de agua en la mezcla según el espesor y profundidad de las fisuras y de las paredes a reparar.

Se aplica tanto en las obras patrimoniales de arquitectura en tierra, como en la más humilde casa que sirven de alojamiento a alrededor de la tercera parte de los habitantes

del planeta, lo que significa que podría evitarse la destrucción y colapso de construcciones y obras de arte, especialmente en áreas sísmicas.

Los experimentos demuestran que se restituye al 100% la resistencia original de los muros. Después del primer año de investigación, el proyecto contó con la colaboración del Getty Conservation Institute (GCI).

El método de reparación por inyección de barro líquido se presenta en el “V Congreso Internacional de Arquitectura en Tierra. Tradición e Innovación”, que se celebra en Valladolid, España, del 20-21 de septiembre.

Cabe mencionar que las grietas verticales que surgen, con frecuencia, presentan espesores considerables. Sin embargo, estas fisuras son más aparatosas que peligrosas, aunque se han de estudiar. El sellado de estas grietas y fisuras dependerá de su ubicación y de su grosor, siendo habitual que estén estabilizados, sin embargo, hay que comprobar su profundidad.

- ✓ Frente a grietas menores a 10 mm, picar ensanchando la grieta hasta 10mm y rellenar con mortero fluido.
- ✓ Frente a grietas entre 10 y 20 mm, sin ensanchar rellenar con igual mortero
- ✓ Frente a grietas mayores a 20 mm o grietas acompañadas de desplomes (deformaciones fuera del plano): Desarmar y armar la zona afectada.

Para la reparación puede utilizarse el mortero de cal y arena (1:3), con adición de un 5 al 8% de Yeso, y una pequeña proporción de puzolana o árido procedente de la trituradora de tejas o ladrillos de tejar. En la parte externa, si las grietas son importantes, puede emplearse fábrica de ladrillo siempre que la altura de la reparación no sea elevada.

En definitiva, lograr una excelente restauración de una construcción de adobe, no solo depende de los materiales utilizados sino también de las técnicas empleadas. Es por ello que surge la necesidad de apoyarnos de una normativa que nos dirija durante la intervención de la rehabilitación.

7.1.2. RESTAURACION EN PAÑETES Y REVOQUES

Cuando hablamos de pañetes y revoques, hacemos referencia a un tipo de acabado continuo cuyo fin es mejorar el aspecto y las características de las superficies de muros, tabiques y techos.

Los revoques protegen a los mampuestos de adobes. El uso de revoques de cemento o materiales no tradicionales, impide la evaporación de la humedad del muro, lo cual disminuye la cohesión entre las partículas que conforman el material del muro/adobes; esto produce la disgregación del adobe, afectando la capacidad portante del muro y disminuyendo la vida útil de las edificaciones de adobe. Se debe buscar que la adherencia entre el revoque y el muro de mampuestos de adobe, sea la mayor posible, (materiales homogéneos). La adición de paja en el revoque grueso ayuda a evitar el agrietamiento. La cal ayuda en la plasticidad del material.

Uno de los principales factores que se deben tomar en cuenta al momento de hacer un buen mantenimiento en viviendas de Adobe es sin duda el Revestimiento de dicho adobe, de esta manera se lograra una excelente restauración en pañetes y revoques los cuales son indispensable para limitar los efectos de la intemperie y evitar que la humedad afecte a la resistencia de las construcciones de adobe. Por esta razón deberá estudiarse la posibilidad de proteger los Muros mediante pañetes resistentes a la acción de la erosión y a la intemperie. Estos pañetes pueden ser también de suelo estabilizado.

El uso de pañetes de cemento o materiales no tradicionales, genera un bloqueo del frente de evaporación del muro, lo cual disminuye la cohesión entre las partículas del suelo que conforman el muro. Esto induce pérdidas en la capacidad portante y disminución de la vida útil de las edificaciones de adobe y tapia pisada.

El revoco que protege este sistema constructivo, tradicionalmente está compuesto por mezcla de cal con arena y agua, que al endurecer tiene la propiedad de quedarse adherido al soporte y con el tiempo mejora sus prestaciones de impermeabilidad y dureza. La combinación de estos materiales debe proporcionar plasticidad a la mezcla, logrando así producir menos grietas al momento del secado. Cuando los pañetes de los

muros de fachada tienen muy poco contenido de cal presentan desmoronamiento, lo cual los hace susceptibles a deteriorarse por los factores climáticos.

Muchos tipos de revoques, incluso con cualidades estéticas muy altas, como los esgrafiados, protegen y dan calidad a los muros de mampostería, calicanto o ladrillo.

Según el Diccionario de la Lengua Española (Madrid, 2001) se define el verbo esgrafiar como: “(Del it. Sgraffiare). tr. Trazar dibujos con el grafito en una superficie estofada haciendo saltar en algunos puntos la capa superficial y dejando así al descubierto el color de la siguiente”. La Guía Práctica de la Cal y el Estuco (León, 1998) nos dice que “el esgrafiado consiste en superponer dos tipos de estucos y en vaciar las capas que forman el estuco superior siguiendo un dibujo previo, de modo que salga a la luz el estuco inferior de diferente color y textura. Los motivos que se esgrafían se trasladan al muro por medio de plantillas de madera o bien a través de estarcidos.”

. Por otro lado, las técnicas tradicionales de acabados de fachada confieren a los cascos antiguos de las ciudades, que la hace diferente de lo nuevo, a través de la cual se percibe la historia y la cultura que las hacen apreciada.

De acuerdo a las especificaciones técnicas para construcción de viviendas capítulo 2-itemG, refiere a la manera correcta de aplicación del revoque, logrando así que el recubrimiento con mortero y cal de muros hechos en adobe, tapia pisada o bahareque proteja los muros de los cambios climáticos y posibles filtraciones de agua sobre la edificación. Para la colocación del mortero se debe utilizar una malla de gallinero clavada al muro, obteniendo de esta manera mayor resistencia en los pañetes de los muros de adobe.

7.1.3. REHABILITACION DE CUBIERTAS Y TECHO

En general se presenta gran variedad en las estructuras de cubierta, pero en forma típica éstas están conformadas por elementos de madera rollizos y/o aserrados. Uno de los sistemas de cubierta más utilizados corresponde con la conocida tradicionalmente como de “par y nudillo”, la cual incluye los elementos como, viga cumbrera, vigas correas, elementos diagonales o pares, vigas de madera que atraviesan el vano y descansan en las soleras-tirantes y vigas instaladas en las cajas de los tirantes-soleras que reciben las correas.

Según el manual elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica para la rehabilitación sísmica de viviendas de adobe – (2002), la cubierta debe reconstruirse utilizando elementos de madera que este en buen estado y debidamente inmunizados. Se debe generar un adecuado arriostramiento en la estructura de la cubierta, para mejorar el comportamiento ante las cargas verticales y horizontales.

Los techos serán livianos, distribuyendo su carga, en la mayor cantidad posible de muros y evitando concentraciones de esfuerzos en los mismos. Se puede utilizar teja de barro sobre una capa de papel asfáltico para separar la teja de la madera. Las tejas deben estar adecuadamente amarradas para impedir el deslizamiento de las mismas durante un terremoto.

El sistema de techo deberá fijarse adecuadamente a los muros a través de la viga solera. El sistema estructural del techado, deberá ser diseñado y reconstruido de tal manera que no produzca en los muros, empujes laterales por efecto de las cargas de gravedad. En los techos inclinados, el empuje producido por el techo sobre los muros, deberá ser absorbido por los tirantes.

En general los techos livianos, no pueden considerarse diafragmas rígidos y, por lo tanto, no distribuyen las fuerzas horizontales entre los muros. En consecuencia, la distribución de las fuerzas sísmicas, se hará por zonas de influencia, sobre cada muro longitudinal (paralelo a la dirección del análisis). Considerando la propia masa y las fracciones pertinentes de la masa de los muros transversales y la del techo.

Un diafragma rígido, puede conseguirse mediante el empleo de una viga solera rígida en su plano, firmemente anclada a los muros, junto con un adecuado arrostramiento del techo. En este caso, la distribución de las fuerzas, se hará en función de la rigidez de cada uno de los muros longitudinales. Se tomarán en cuenta las deformaciones por cortante y flexión, así como la influencia en la rigidez de aberturas o vanos si los hubiera.

El sistema estructural del techo, deberá garantizar su estabilidad lateral. De acuerdo a las condiciones climáticas, se definirán la pendiente del techo y la longitud de aleros.

8. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO

8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Casa Juárez data desde aproximadamente la primera mitad del siglo XIX, de acuerdo a información facilitada por la Alcaldía de León, su valor estético representativo de una época le da plusvalía histórica y artística.

El inmueble se encuentra ubicado en un lote que originalmente era cuadrado, pero que posteriormente fue desmembrado, dando lugar a su forma de polígono irregular, de estilo tradicional vernáculo, que cuenta con una extensión superficial de 761m², con una sola planta, cuenta patio interno, su fachada principal es de doble altura.

Su cubierta de techo es a dos aguas con estructura de madera y teja de barro, cuenta con cielo falso de madera machimbrada, piso de ladrillo de concreto y en su fachada 6 vanos de puertas de madera con arcos.

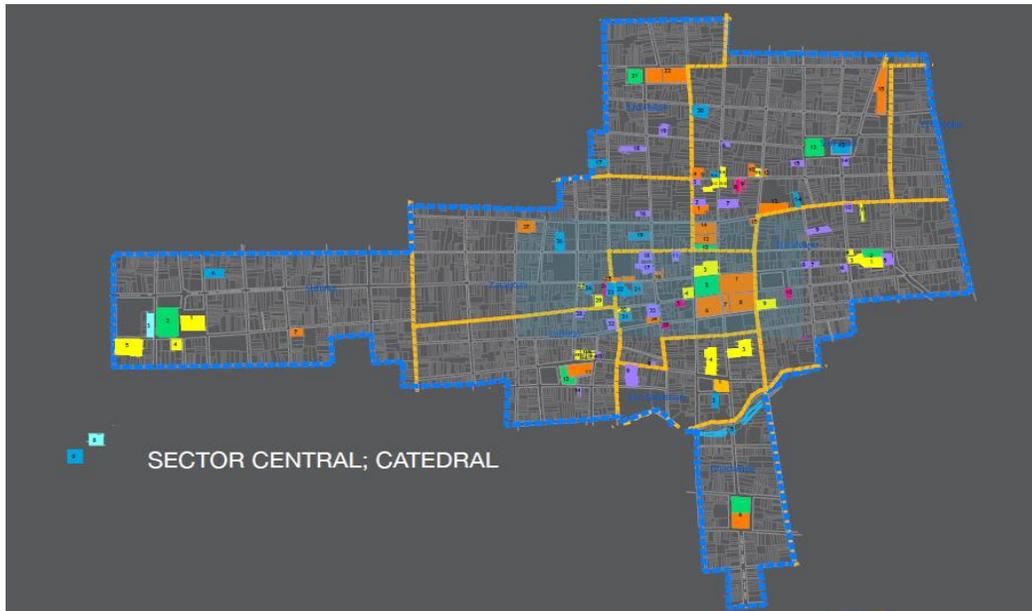
El inmueble ha sido alterado en su distribución interna y sobre el proceso de estos trabajos no hay documentación, sin embargo, a simple vista se pueden destacar construcciones del tipo moderno, con mampostería, enchapes de azulejos y actualmente se encuentran columnas de concreto de fuste cuadrado y circular, que sostienen la techumbre hacia el interior

El nuevo uso de Casa Juárez será comercial, para un museo de la Fundación Ortiz Gudián.

8.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo al Catálogo de bienes patrimoniales del Centro histórico de la ciudad de León (2010) proporcionados por la Alcaldía de León, se sabe que esta cuenta con un centro histórico de 366 manzanas que representa el 12.14% del total del área urbana, dentro del mismo encontramos Casa Juárez. Propiamente en el costado sur de la iglesia San Francisco, Bo. El Sagrario.

Imagen 21: Mapa de macro localización



Fuente: Alcaldía de León

Imagen 22: Mapa de Micro localización



Fuente: Alcaldía de León, google maps

9. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA VIVIENDA

9.1. METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO

✓ **Visita insitu:** El trabajo de campo observacional participativo e interpretativo se ha utilizado, como un método de investigación, durante cerca de setenta años; se afirma en la Antología “Metodos cuantitativos aplicados 2, Chihuahua 2008.

Durante esta visita se deberá realizar la recolección de datos de la vivienda, que permitan conocer el tipo de edificación, sistemas constructivos presentes, complejidad de los daños existentes, entre otros para este paso se hará uso de las tablas de criterios de evaluación establecidas en el kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua, los resultados de estas visitas permitirán determinar las medidas correctivas necesarias para evitar que esta colapse y en caso que la eventualidad genere el colapso, que el tiempo entre el fallo estructural y el colapso permitan el desalojo total de la vivienda.

✓ **Caracterización del sitio:** Se realizará un reconocimiento visual de toda la vivienda interna y externamente, para poder brindar una propuesta de rehabilitación, respetando el sistema constructivo de adobe. Una vez terminadas las visitas de reconocimiento de la vivienda se podrá proceder con la evaluación de la misma basándose en las normas para construcciones de adobe utilizadas a nivel latinoamericano, para hacer un reconocimiento de los problemas que presenta la vivienda, plagas, tipos de fisuras, humedad, entre otras.

✓ **Registro Fotográfico:** La recolección de fotografías es de suma importancia durante las visitas de campo, ya que las mismas pueden ayudar a notar problemas que pudieron ser omitidos u olvidados en las visitas, distinguir el tipo de fisuras para poder determinar a que se deben, etc.

✓ **Registro Patológico:** las más comunes encontradas en la vivienda son de carácter estructural, térmicas, higrotérmicas, biológicas, daños debido a la incidencia directa del sol y a causa de la antigüedad de la vivienda; estos factores patológicos favorecieron el deterioro de la vivienda y es por ello que requiere de rehabilitación. Ver páginas 26 y 27.

✓ **Análisis de la información extraída:** luego de compilar los datos recabados, procedemos a llenar las fichas de levantamiento, estas fichas nos ayudaran en la

consolidación de los resultados. Alcanzando de esta manera una examinación precisa y exhaustiva de la información estudiada.

✓ **Diagnóstico:** Posterior a la reflexión analítica sobre el registro documental obtenido en el campo y elaboración de un informe mediante una descripción detallada, utilizando fragmentos narrativos y citas textuales extraídas de las entrevistas a especialistas, así como una descripción más general en estadísticas descriptivas. Esta investigación de campo interpretativa exige ser especialmente cuidadosa y reflexiva para advertir y describir los acontecimientos cotidianos en el escenario de trabajo y para tratar de identificar el significado de las acciones de esos acontecimientos desde los diversos puntos de vista de los especialistas.

✓ **Procesamiento de resultados:** ya finalizado el análisis del estado actual en el que encontramos la vivienda, se podrá realizar un diagnóstico del estado actual y validar las medidas preventivas/ correctivas necesarias para que la edificación pueda operar de manera segura. En base al diagnóstico se podrá realizar el informe final en el que emitimos una propuesta de rehabilitación presentando la oferta más óptima de acuerdo a la situación que presenta la vivienda.

9.2. INSTRUMENTOS DEL DIAGNÓSTICO

Dada la naturaleza de la estructuración, compuesta esencialmente por muros de adobe contruidos hace más de cien años, para dar inicio a las actividades se debe realizar una visita de reconocimiento y exploración detallada de la vivienda, la principal actividad de este reconocimiento es recopilar información sobre elementos y espacios afectados en la edificación y si estos representan zonas inseguras para los ocupantes, este proceso debe ser preciso y confiable, debido a que en base a esto se logrará la determinación del estado actual de la vivienda y la factibilidad del nuevo uso que le será dado.

Los instrumentos que utilizaremos para diagnosticar el nivel de daño en la vivienda fueron definidos como un proceso realizado por medio de la metodología cualitativa, la cual nos permite realizar una inspección rápida y efectiva sobre la complejidad de los principales elementos de la vivienda, sin requerir de la realización de pruebas de laboratorio exhaustivas, lo que agiliza los tiempos de trabajo en campo, para la obtención de resultados.

Uno de los instrumentos más eficaces que nos permitirán evaluar, diagnosticar y proponer sobre la rehabilitación de vivienda Casa Juárez; se encuentra en el kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua, el objetivo de este manual es evaluar y determinar el nivel de vulnerabilidad de una edificación de mampostería reforzada o no reforzada por medio de una lista de verificación a aplicarse a la condición actual de la vivienda, previo a un evento sísmico, cabe destacar que este mismo será adaptado para que sea compatible al adobe.

En este manual se nos proporcionan las fichas técnicas de levantamiento, que se utilizan para realizar la evaluación estructural, no estructural y funcional de toda la vivienda, aportando de esta manera un mayor análisis y sintetización de daños existentes.

Posterior al levantamiento de datos, durante la visita se procedió a realizar tres entrevistas a especialistas en el área de adobe reforzado. Las entrevistas fueron cualitativas (no son meras conversaciones cotidianas, aunque se aproximan a ellas). Se trata de conversaciones profesionales, con un propósito y un diseño orientados a la investigación social, que exige del entrevistador gran preparación, habilidad conversacional y capacidad analítica. Suelen cubrir solamente uno o dos temas, pero en mayor profundidad. El resto de las preguntas que el investigador realiza, van emergiendo de las respuestas del entrevistado y se centran fundamentalmente en la aclaración de los detalles con la finalidad de profundizar en el tema objeto de estudio.

Debido a que presentamos limitaciones al carecer de información, documentos o reglamentos nacionales que nos avalen en la realización de este tipo de rehabilitaciones en nuestro país, optamos por realizar este tipo de entrevistas puesto que los entrevistados poseen, experiencias en situaciones, tal como las descritas en este documento y no está demás decir que sus aportes nos fueron de gran utilidad durante el proceso de diagnóstico de la situación actual de Casa Juárez y elaboración de propuesta para su rehabilitación.

9.3. APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

9.3.1. KIT DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA

Para el levantamiento, evaluación y diagnóstico del índice de vulnerabilidad de la vivienda, se usó como guía el Kit de instrumentos de evaluación de vulnerabilidad de la infraestructura de destinos turísticos en Nicaragua, desarrollado por docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería y validado por el Sistema Nacional para la prevención, mitigación y atención de desastres y el Ministerio de transporte e infraestructura.

Para poder realizar la valoración de la vulnerabilidad del equipamiento turístico en estudio, se determina a partir de los siguientes elementos:

✓ **Componente funcional:** corresponde a los sistemas de líneas vitales, su funcionamiento y las actividades operativas que se desarrollan dentro de la edificación. Se incluyen además las capacidades y educación, la existencia y aplicación de protocolos de actuación y organización de equipos de trabajo. También se refiere a la distribución y relación entre espacios arquitectónicos y los servicios turísticos y de apoyo al interior del equipamiento turístico y por otro lado a los procesos administrativos y las relaciones de dependencia física y funcional entre las diferentes áreas de un hotel y su entorno.

✓ **Componente estructural:** Aborda los elementos de la edificación que sirven de soporte y lo mantienen en pie ante la ocurrencia de sismos o ante el empuje de olas de grandes dimensiones.

✓ **Componente no estructural:** Incluye los elementos arquitectónicos, instalaciones y equipos de la edificación que están unidos a las partes estructurales, cumplen funciones básicas o que terminan de conformar los ambientes de los locales.

Cada uno de estos componentes se desglosó en un conjunto de elementos específicos o subcomponentes mediante los cuales se diagnostica el estado actual de la edificación en estudio y, en consecuencia, se facilita la evaluación de su vulnerabilidad.

9.3.2. FICHAS TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO PARA DETERMINAR EL INDICE DE VULNERABILIDAD

Casa Juárez fue utilizada durante muchos años como casa de habitación, sin embargo, las intenciones del nuevo propietario es la del uso como museo, lo que lo convierte en un sitio turístico que será visitado por numerosas personas, colegios, universidades, entre otros, por lo que es de suma importancia que el estado de deterioro de la vivienda sea determinado con la mayor exactitud posible y realizar una propuesta de rehabilitación que mejore los soportes estructurales de la vivienda significará salvaguardar las vidas de los visitantes y la prevención de la pérdida de una vivienda que representa parte del patrimonio cultural de la ciudad de León.

El cálculo del índice de vulnerabilidad de acuerdo al Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua se realiza considerando los componentes del estudio (Evaluación estructural, no estructural y funcional), cada uno de estos está compuesto por subcomponentes a los que se les asigna un criterio de vulnerabilidad de acuerdo a las características de la vivienda en estudio, este criterio se logra durante la inspección realizada en el levantamiento de campo. La puntuación asignada a cada criterio se clasifica en el siguiente orden

- ✓ **Vulnerabilidad baja (1):** Corresponde a aquellos subcomponentes donde no se logra obtener información para evaluar al componente o que solo presente daños superficiales.
- ✓ **Vulnerabilidad media (2):** Indica que el elemento evaluado se encuentra en un estado de deterioro considerable y debe ser corregido o mejorado para evitar que represente un peligro a sus habitantes. Hay debilitamiento parcial de algunos elementos principales evaluados en la vivienda.
- ✓ **Vulnerabilidad alta (3):** Indica que el elemento evaluado, se encuentra en un estado muy deteriorado y debe ser atendido de manera inmediata. También corresponde a la falta de adopción de los principales criterios de diseño y ocupación para el uso de la vivienda.
- ✓ **Datos con valores 0:** Indica que el elemento evaluado no presenta ningún peligro para los habitantes del inmueble o se encuentra en buen estado y/o es de reciente uso.

También representa que los principales criterios constructivos y de uso de materiales se corresponden con las normativas nacionales.

La evaluación se hace en base a 23 subcomponentes que fueron seleccionados a partir de revisiones bibliográficas por parte de los autores del Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua y posteriormente fueron sometidos a un proceso de validación y valoración por expertos. El resultado además de precisar el listado de subcomponentes, ayudo a obtener una ponderación colegiada del peso o importancia que cada uno de ellos tiene en la valoración de la vulnerabilidad de equipamiento turístico. Se asume que no todos los subcomponentes tienen el mismo grado de relevancia en la determinación de la vulnerabilidad, por lo que se establecieron los siguientes pesos y sus correspondientes significados:

✓ **Peso (1):** El subcomponente posee una importancia moderada para la evaluación de la vulnerabilidad del equipamiento turístico de manera que, si bien aporta el análisis, eventualmente puede prescindirse del mismo y se obtendrán igualmente el nivel de vulnerabilidad.

✓ **Peso (2):** El subcomponente posee una importancia total para la evaluación de la vulnerabilidad del equipamiento turístico, ya que su consideración en el análisis se hace necesario para poder determinar el grado de exposición al daño de las edificaciones en estudio.

✓ **Peso (3):** El subcomponente posee una importancia total para la evaluación de la vulnerabilidad del equipamiento turístico, ya que su consideración es imprescindible en el análisis para poder determinar el grado de exposición al daño de las edificaciones en estudio. Es decir, si éste subcomponente no se incluye en el análisis, definitivamente no se podrá determinar la vulnerabilidad del equipamiento turístico.

Los espacios vacíos significan que el criterio no aplica al sistema constructivo:

Abreviaturas= MC: Mampostería Confinada; MR: Mampostería Reforzada; A:Adobe; T: Taquezal

Tabla 2: Evaluación Estructural

EVALUACION ESTRUCTURAL						
Componente	Sub Componente	Criterios	Sistema Constructivo			
			MC	MR	A	T
Sistema Constructivo	Sistema Constructivo y estructural	Mampostería confinada	0			
		Mampostería reforzada		0		
		Adobe			3	
		Taquezal				0
		Mixto u otros	3	0	3	3
Características estructurales	Antigüedad de la vivienda	Año de construcción:				
		Menor a 12 años	0	0	0	0
		De 12 a 49 años	0	0	0	0
		Más de 50 años	0	0	3	3
	Modificaciones en la estructura	No ha sido modificada	0	0	0	0
		Modificación, intervención o ampliación adecuada con normativa y compatibilidad de materiales	0	0	0	0
		Modificación inadecuada, incompatibilidad de materiales en elementos estructurales del sistema constructivo	3	0	3	3
	Retiro entre estructuras	Cuenta con retiro de 5cm mínimo entre estructuras	0	0	0	0
		Edificio adosados o sin retiros y con sistemas constructivos diferentes	3	0	3	3
	Geometría	Forma en planta	Regular, simétrica	0	0	0
Semi irregularidad, simple			1	0	1	1
irregular, poco simple, asimétrica o compleja			0	0	0	0
Relación en planta		Relación entre longitud y ancho, $< \text{ó} = a 2.5$	0	0		0
		Relación entre longitud y ancho, $> a 2.5$	0	0		0
		Adobe: Esbeltez horizontal igual o menor a 10 veces el espesor del muro			0	
		Adobe: Esbeltez horizontal mayor a 10 veces el espesor del muro			0	
Relación vertical		Relación entre altura y dimensión mínima de la base $< \text{ó} = a 2.5$	0	0		0
		Relación entre altura y dimensión mínima de la base $> a 2.5$	0	0		0
		Adobe: Esbeltez horizontal igual o menor a 8 veces el espesor del muro			0	
		Adobe: Esbeltez horizontal mayor a 8 veces el espesor del muro			0	
Distribución de muros		Entre el 65% - 55% de muros en ambas direcciones	0	0	0	0
		Más del 70% de muros en una dirección	0	0	0	0
	Muros se concentran en una dirección	0	0	0	0	

Vigas	Material de vigas	Concreto: _____				
		Madera: _____ <u>X</u> _____				
		Metálico: _____				
		Otros: _____				
	Existencia de vigas	No se logró observar / No sabe	0	0	0	0
		Posee las vigas necesarias según sistema constructivo (VA,VI,VC)	0	0	0	0
		No tiene vigas	0	0	0	0
	Dimensiones de vigas	No se logró observar / No sabe	0	0	0	0
		Dimensión de viga de concreto > ó = 0.15m / Taquezal viga de madera > ó = 0.15m	0	0	0	0
		Dimensión de viga de concreto < 0.15m / Taquezal viga de madera < 0.15m	0	0	0	0
	Refuerzos longitudinales	No se logró observar / No sabe	0	0		
		Contiene un mínimo de 4 varillas corrugadas	0	0		
		La viga tiene menos de 4 varillas corrugadas	0	0		
	Espaciamiento entre vigas	No se logró observar / No sabe	0	0		
		Espaciamiento < ó = a 2.5m	0	0		
		Espaciamiento > a 2.5m	0	0		
Estado del recubrimiento de vigas	Recubrimiento intacto	0	0	0	0	
	Hay desprendimiento del recubrimiento, el acero está expuesto y está oxidado	0	0	0	0	
Agrietamiento y fisuras en vigas	No hay fisuras	0	0	0	0	
	Fisuras menores a 1.5 mm	0	0	0	0	
	Fisuras entre 1.5 mm y 3 mm	0	0	2	2	
	Grietas > ó = a 3mm	0	0	0	0	
Columnas	Material de columnas	Concreto: _____				
		Madera: _____ <u>x</u> _____				
		Metálico: _____				
		Otros: _____				
	Existencia de columnas	No se logró observar / No sabe	0			0
Si tiene		0			0	
No tiene		0			0	

EVALUACION ESTRUCTURAL						
Componente	Sub Componente	Criterios	Sistema Constructivo			
			MC	MR	A	T
Columnas	Dimensión de columna	No se logró observar / No sabe	0			0
		Dimensión de columnas de concreto > ó = 0.15m / Taquezal columna de madera > ó = 0.15m	0			0
		Dimensión de columnas de concreto < 0.15m / Taquezal columna de madera < 0.15m	0			0
	Refuerzos longitudinales	No se logró observar / No sabe	0			
		Contiene un mínimo de 4 varillas corrugadas	0			
		La columna tiene menos de 4 varillas corrugadas	0			
	Separación entre columnas	No se logró observar / No sabe	0			0
		Mampostería confinada: Espaciamiento entre columnas de concreto < ó = a 3m/ Taquezal separación entre piezas verticales > ó = 0.60m	0			0
	Estado del recubrimiento de columna	Mampostería confinada: Espaciamiento mayor a 3m/ Taquezal separación entre	0			0
		Recubrimiento intacto	0			
	Agrietamiento y fisuras en columna	Hay desprendimiento del recubrimiento, el acero está expuesto y está oxidado	0			
		No hay fisuras	0			0
		Fisuras menores a 1.5 mm	0			0
		Fisuras entre 1.5 mm y 3 mm	0			0
Mampostería/ Paredes	Material de paredes	Grietas > ó = a 3mm	0			3
		Bloques de concreto: _____				
		Ladrillo de barro: _____				
		Bloque de adobe: _____ x _____				
	Otros: _____					
Posición de la mampostería/ colocación de bloques o ladrillos	No se logró observar / No sabe	1	0	1		
	Bien cuatropeado	0	0	0		
	Mal cuatropeado	0	0	0		
	Hay combinación de materiales	3	0	0		

EVALUACION ESTRUCTURAL						
Componente	Sub Componente	Criterios	Sistema Constructivo			
			MC	MR	A	T
Mampostería/ Paredes	Altura máx. de la pared	Promedio de altura de la pared < ó = 6m	0	0		
		Promedio de altura de la pared > 6m	0	0		
	Unión de la mampostería con vigas y columnas	No se logró observar / No sabe	0			
		No hay separación entre elementos	0			
		Existe separación entre elementos	0			
	Calidad y estado de las juntas	No se logró observar / No sabe	1	0	1	
		Buen estado y aspecto, junta de 1 cm en bloque o ladrillo, 2.5cm en adobe	0	0	0	
		Deterioro y desgaste, junta > < a 1 cm en bloque o ladrillo, 2.5 cm en adobe	0	0	0	
	Repello	Tiene repello adecuado al sistema, en buen estado			0	0
		No tiene repello, o el repello no corresponde con el sistema existente, en mal estado			3	3
	Agrietamiento y fisuras en muros	No hay fisuras	0	0	0	
		Fisuras menores a 1.5 mm	0	0	0	
		Fisuras entre 1.5 mm y 3 mm	2	0	2	
		Grietas > ó = a 3mm	0	0	0	
	Características de grietas	No tiene grietas	0	0	0	
		Lineal con respecto a mampostería	0	0	0	
		En diagonal o en nodos	0	0	0	
	Filtración de agua y presencia de humedad	No se logró observar / No sabe	0	0	0	0
		No hay humedad ni filtración de agua	0	0	0	0
		Exposición a la humedad esporádica	0	0	2	2
		Exposición a la humedad constante	0	0	0	0
	Zócalo o sobre cimiento	Zócalo en buen estado con altura mínima de 0.60m			0	0
		Zócalo en estado regular, a menos de 0.60 m de altura			0	0
		No existe zócalo			0	0

EVALUACION ESTRUCTURAL						
Componente	Sub Componente	Criterios	Sistema Constructivo			
			MC	MR	A	T
Vanos	Ubicación de vanos	En mampostería retiro $> \text{ó} = 0.60\text{m}$ de columna	0	0		
		En mampostería retiro $< 0.60\text{m}$ de columna	0	0		
		En adobe y Taquezal retiro $> \text{ó} = 1.20\text{ m}$ de esquinas y vano con dimensión $<$ de 1.20 m			0	0
		En adobe y Taquezal retiro $< 1.20\text{ m}$ de esquinas y vano con dimensión $>$ de 1.20 m			0	0
	Elemento de refuerzo en vano	No se logró observar / No sabe	0	0	0	0
		Posee vigas y columnas de refuerzo en la mampostería/ posee dintel en adobe y Taquezal	0	0		0
Techo	Pendiente de techo	Pendiente adecuada: entre el 6% y 15% cubierta metálica; mayor a 30% cubierta de tejas; 2% losa; 30% para zonas con riegos por caídas de ceniza	0	0	0	0
		Pendiente inadecuada: $< 6\%$ cubierta metálica; menor a 30% cubierta de tejas; losa sin pendiente	0	0	0	0
	Cubierta de techo	No se logró observar / No sabe	0	0	0	0
		Un solo tipo de cubierta de techo (metálica, teja, barro, prefabricado)	0	0	0	0
		Combinación de diferentes tipos de cubierta de techo	0	0	0	0
	Estructura de techo	No se logró observar / No sabe	0	0	0	0
		Fijación y unión de elementos estructurales de forma adecuada y en buen estado (soldadura, empernado, etc.)	0	0	0	0
		Fijación y unión entre elemento de forma inadecuada	0	0	3	3

EVALUACION ESTRUCTURAL						
Componente	Sub Componente	Criterios	Sistema Constructivo			
			MC	MR	A	T
Techo	Calidad y estado de materiales de la estructura de techo	No se logró observar / No sabe	0	0	0	0
		Estado óptimo y de conservación de la estructura principal	0	0	0	0
		Estado regular con algunas piezas dañadas	2	0	2	2
		Alto deterioro de elemento. Para el adobe: se ha realizado reemplazo de la estructura y cubierta de techo por una más liviana	0	0	0	0
	Aleros	Para sistema constructivo de adobe y Taquezal aleros > ó = 1m			0	0
		Para sistema constructivo de adobe y Taquezal aleros < 1m			0	0
		No hay alero			0	0
Suelos y Cimentaciones	Tipo de suelo	Firme	0	0	0	0
		Semicompacto	0	0	0	0
		Blando	0	0	0	0
	Pendiente de suelo	Con pendientes < ó = del 15%	0	0	0	0
		Con pendientes entre 15% y 20%	0	0	0	0
		Pendientes > del 20%	0	0	0	0
	Cimientos	No se logró observar ningún tipo de daño	0	0	0	0
		Hay socavación del terreno y se ve parte de los cimientos expuestos	0	0	0	0
		Hay un posible asentamiento en algunos de los cimientos	0	0	0	0

Fuente: propia, basada en tablas del de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua

Tabla 3: Evaluación No Estructural

EVALUACION NO ESTRUCTURAL			
Componente	Sub componente	Criterios	Valor
Cielo Falso	Tipo de estructura	No tiene cielo falso, pasar al siguiente compoonente.	
		Ligera (poliestireno, caña de castilla, PVC), bien fijada.	0
		Ligera (poliestireno, caña de castilla, PVC), mal fijada.	
		Pesada (fibrocemento, gypsum, madera), bien fijada.	
		Pesada (fibrocemento, gypsum, madera), mal fijada.	
	Estado del material y estructura de soporte	Buen estado con todos sus elementos, no impide el funcionamiento de otros	
		Regular estado con el 80 % de sus elemenntos.	
		Mal estado con elementos faltantes, se identifica humedad u otras patologias, impide el funcionamiento de otros componentes.	3
Particiones livianas	Tipo de particiones livianas	No tiene particiones livianas, pasar al siguiente componente.	
		Madera / plywood: _____	
		Fibrocemento: _____	
		Electromalla: _____	
		Otros: _____	
	Estado y estructura de soporte	Material y estructura en buen estado.	
		Material y estructura en estado regular con daños superficiales.	
		Material y estructura en mal estado con piezas quebradas que requieren de sustitución.	
	Fijación	Fijación adecuada a piso y paredes	
		Fijación en estado regular que se puede mejorar con acciones correctivas.	
		Mal fijado que puede significar la caída total de los elementos.	

EVALUACION NO ESTRUCTURAL			
Componente	Sub componente	Criterios	Valor
Puertas	Dimensiones	Dimensiones de puerta mayor a 0.90m de ancho mínimo libre.	0
		Puertas entre 0.90m x 2.10m y 0.80m x 2.10m.	
		Dimensiones menores o iguales a 0.70m x 2.10m en la mayoría de los ambientes. (Las puertas de 0.70m x 2.10m, no aplica. Solo para baño)	
	Estado y mantenimiento	Material y cerradura en buen estado y buen funcionamiento.	
		Material y cerradura en regular estado, piezas viejas o desgastadas pero con funcionamiento.	1
		Material y cerradura en mal estado, elementos dañados, piezas quebradas y cerradura mala.	
	Fijación y abatimiento	Buena fijación, abatimiento al exterior, no afecta la circulación.	0
		Fijación media, menos del 50% del total de puertas tienen abatimiento al interior, afecta la circulación.	
		No aplican si no existen portones.	0
	Portones en acceso	Portón en buen estado, con sistema de apertura fácil que no afecta el funcionamiento de la puerta, ni la circulación.	
		Portón en estado regular, con sistemas de apertura fácil, su funcionamiento no afecta el abatimiento de la puerta.	
		Portón en mal estado, elementos dañados o corroídos, cerradura en mal estado o con dificultad para apertura.	

EVALUACION NO ESTRUCTURAL			
Componente	Sub componente	Criterios	Valor
Ventanas	Tipos de ventanas	Madera : _____X_____	
		Aluminio y vidrio: _____	
		Madera y vidrio: _____	
		Otros: _____	
Ventanas	Calidad del material	Material resistente que no se rompe o daña fácilmente, ni causará daños a las personas	0
		Es de un material frágil que puede romperse fácilmente y ocasionar daños a personas	0
	Estado	Buen estado con todos sus componentes	0
		Estado medio, con la mayoría de sus componentes	0
		Mal estado, piezas faltantes o patologías que dañan los elemento y requieren de un reemplazo inmediato	0
	Fijación	Fijación adecuada a piso y paredes	0
		Fijación que requiere algunos elementos a reforzar	0
		Fijación inadecuada, ventana caída o desubicada	0
	Verjas	No tiene verjas	0
		Bien adosado a la pared, en excelentes condiciones	0
		Mal adosado con daños, que puede desprenderse fácilmente	0
	Sistema eléctrico	Estado de la red eléctrica	Buen estado, conexiones adecuada y correcto funcionamiento, apagadores y tomacorriente con sus elementos completos
Regular estado, cables adecuados con correctos funcionamiento			2
Mal estado con mal funcionamiento con apagadores y tomacorriente sin protección, sistema de cableado de la red con muchas uniones			0

EVALUACION NO ESTRUCTURAL			
Componente	Sub componente	Criterios	Valor
Sistema eléctrico	Fijación y canalización	Fijación correcta, canalización adecuada de los cables eléctricos, no afectan elementos estructurales (no se rompieron paredes para la instalación de la red) u otros componentes	0
		Más de 60% de elementos fijados, la mayoría de las redes canalizadas	0
		No hay fijación ni canalización, o se hicieron cortes en las paredes para ubicar redes	3
	Panel eléctrico	Panel accesible, protegido de golpes o humedad, funcionando adecuadamente con al menos los breakers necesarios y debidamente señalizados	0
		Panel poco accesible, funcionando inadecuadamente, breakers no señalizados	2
		No se encontró panel. Se utiliza una cuchilla	0
	Otras redes o servicios (Internet, TV cable, telefonía fija)	No aplica si no cuenta con otras redes	0
		Red canalizada y fijada, equipo fijo	0
		Red fijada, equipo ubicado en un sitio adecuado	2
		Red no anclada, equipo sin fijar con posibilidad de caída	0
Sistema hidrosanitario	Sistema de distribución de agua potable	Todas las tuberías y accesorios en buen estado, funcionando al 100% sin fugas, las redes subterráneas y externas a la vivienda para reparaciones posteriores	0
		Tuberías muy antiguas o deterioradas, con fugas y accesorios en mal estado. Redes superficiales o expuestas	0

EVALUACION NO ESTRUCTURAL			
Componente	Sub componente	Criterios	Valor
Sistema hidrosanitario	Depósitos/ Almacenamiento de agua	No cuentan con depósitos o tanques de almacenamiento	0
		Cuenta con un tanque de almacenamiento de agua con su propia estructura, funcional y suple la demanda del hogar o cuenta con barriles para el almacenamiento del agua. La ubicación de esto no obstruye la circulación	
		Los tanques o barriles de almacenamiento están en mal estado y su ubicación obstruye la circulación o está ubicado sobre la estructura de techo de la vivienda sin el adecuado reforzamiento	
	Sistema de distribución sanitaria	Todas las tuberías y accesorios están en buen estado, no hay fugas	0
		Tuberías en regular estado, hay fugas visibles, solo requiere acciones correctivas	
		Tuberías muy antiguas o deterioradas con fugas y accesorios en mal estado	
	Drenaje pluvial (Bajantes y canales)	No tiene	0
		Fijación y piezas en buen estado, funcionando adecuadamente y limpieza periódica	
		Piezas en regular estado, fijación en la mayoría de los elementos	
		Mal estado o piezas dañadas, poca fijación en los elementos, obstrucciones de piezas	
	Letrina	No tiene letrina	0
		Retiros adecuados en buen estado y funcionamiento adecuado	
		Respeto a los retiros mínimos, regular estado	
		Retiros inadecuados, mal estado, funcionamientos inadecuado	

EVALUACION NO ESTRUCTURAL			
Componente	Sub componente	Criterios	Valor
Otros elementos no estructurales	Elementos decorativos (molduras, paneles decorativos en paredes, altos relieves en vanos)	No hay elementos decorativos	0
		Elementos en buen estado con piezas completas, buena fijación, su ubicación no afecta la circulación u otros componentes	0
		Parte de los elementos decorativos se ven desgastados, buena fijación y ubicación	2
		Los elementos decorativos tienen piezas faltantes y requieren reemplazo, fijación inadecuada y mal ubicado afectando la circulación y otros componentes	0
	Estado de cercas o muros perimetrales	No existen cercas o muros perimetrales	0
		Buen estado de acuerdo a normativa del sistema usado, elementos a plomo	0
		Mal estado, sin cumplimiento a normativa del sistema usado, elementos inclinados, puede ocasionar daños	3
	Mobiliario y equipo	No existen mobiliarios o equipos de grandes dimensiones	0
		Su ubicación no afecta la circulación ni pueden ocasionar daños, está bien fiado a la estructura adecuada (muros resistentes o piso)	1
		La ubicación afecta la circulación y puede provocar daños, no está fijado a una estructura adecuada y contenido no asegurado. No se permite fijación de mobiliarios o equipos grandes en sistemas constructivos de adobe y Taquezal	0

Fuente: propia, basada en tablas del de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua

Tabla 4: Evaluación Funcional

EVALUACION FUNCIONAL			
COMPONENTE	SUB COMPONENTE	CRITERIOS	VALOR
Preparación del hogar	Conocimiento del riesgo	Conoce los riesgos a los que esta expuesto y construyo obras de mitigación.	0
		Poco conocimiento de los riesgos a los que esta expuesto sin embargo tiene algunas medidas de mitigación.	2
		No conoce los riesgos, no hay ninguna medida de mitigación	0
	Ubicación de la vivienda	La vivienda esta alejada de laderas, ríos, causes, etc, respetando los retiros adecuados	0
		La vivienda esta ubicada próxima a laderas, ríos, causes, etc, al límite de los retiros, pero construyo medidas de mitigación	0
		La vivienda esta ubicada a las orillas de laderas, ríos, causes, etc, sin respetar retiros, no existen medidas de mitigación	0
	Plan de respuesta familiar	Tienen un plan de respuesta familiar ante sismos y/o tsunamis en su vivienda, que conoce toda la familia. Definió su zona de seguridad, en un espacio adecuado	0
		No existe un plan de respuesta y no saben como actuar ante una emergencia. No cuenta con una zona de seguridad	3
	Participación en simulacros	Participa en los simulacros	0
		No participan en los simulacros	3
	Recursos materiales	Estan preparados con una mochila de emergencia con botiquin basico, radio, foco, silbato, reserva de comida, agua, documentos importantes y ropa, conocen los números de emergencia	0
		Estan preparados con algunos de los elementos de primera necesidad y conocen los números de emergencia	0
		No estan preparados con ninguno de los elementos de la mochila de emergencia y no conocen los números de emergencia	3

EVALUACION FUNCIONAL			
COMPONENTE	SUB COMPONENTE	CRITERIOS	VALOR
Preparación del hogar	Mantenimiento	Realiza acciones de mantenimiento preventivo a la vivienda	0
		No realiza acciones de mantenimiento preventivo, pero realiza acciones colectivas a los componentes de la vivienda	0
		No realiza ningun tipo de mantenimiento	3
Organización de la comunidad	Brigadas	Conoce la organización de los COBAPRED o brigadas y participa de las actividades que ejecutan	0
		No conoce ningun tipo de organización brigadas y no ha participado en ningun tipo de actividad	3
	Zona de seguridad (concentración)	Conoce los puntos de encuentro y zonas de seguridad, hace uso de ellos	0
		No conoce los puntos de encuentro y zonas de seguridad	3
	Rutas de evacuación	Conoce la ruta de evacuacion establecida hacia la zona de seguridad	0
		No conoce la ruta de evacuacion hacia la zona de seguridad	3
	Alarmas de emergencia	La familia conoce el sonido de alarma de emergencia y actua al instante	0
		Tiene desconocimiento de la existencia de una alarma de emergencia	3

EVALUACION FUNCIONAL			
COMPONENTE	SUB COMPONENTE	CRITERIOS	VALOR
Accesibilidad	Accesibilidad externa	Conexión directa a una vía vehicular que permite el acceso eventualmente a vehículos de servicio y de emergencia, pasillo exterior de acceso sin cambios de nivel o con rampas de acceso y ancho libre de un metro	0
		Conexión a una vía vehicular a menos de 150 metros que permite el acceso eventualmente a vehículos de servicio y de emergencia, pasillo exterior con cambios nivel y acceso con ancho menor a un metro	2
		No hay conexión directa a una vía vehicular, impidiendo el acceso eventual a vehículos de servicio y de emergencia. No hay un pasillo exterior de acceso. Existen obstáculos o elementos externos que pueden caer (árboles, postes, rótulos, etc).	0
	Pasillos internos de la vivienda	Ancho y alto mínimo libre de 0.90 m x 2.44m desde el nivel de piso terminado	0
		Dimensión menor a ancho y alto mínimo libre a 0.90m x 2.44m con obstáculos	0
Capacidad especial	Dimensiones de ambiente	Dimensión de acuerdo a normativa, cumple con un mínimo de 7 m2 de construcción por habitante	0
		Las dimensiones inadecuadas, hay menos de 7 m2 de construcción por habitante	0
Iluminación y ventilación	Iluminación y ventilación natural	Todos los ambientes cuentan con iluminación y ventilación natural	0
		Más del 30% de los ambientes requieren de iluminación y ventilación artificial	0
		Más del 50% de los ambientes requieren de iluminación y ventilación artificial	0

Fuente: propia, basada en tablas del de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua

9.3.3. CALCULO DEL INDICE DE VULNERABILIDAD

El método del índice de vulnerabilidad propuesto por Benedetti Petri, retoma una serie de parámetros estructurales y no estructurales que se consideraron los más importantes en estructuras de mampostería, de los cuales para obtener el índice de vulnerabilidad se debe realizar la suma ponderada de los valores numéricos asignados a cada uno de los parámetros en estudio. El estado de conservación, el tipo y calidad de los materiales para evaluar los parámetros que calificados individualmente en una escala numérica (afectada por un peso W_i , que trata de enfatizar su importancia relativa en el resultado final), proporciona un valor numérico de la calidad estructural o vulnerabilidad sísmica de los edificios.

Para la construcción del índice de vulnerabilidad en viviendas se retoman componentes que se consideraron de importancia de cada una de las metodologías, ajustándolos de acuerdo a documentos de referencias nacionales como son el Reglamento nacional de la construcción 2007 y su actualización en el capítulo MP-001 "Norma mínima de diseño y construcción de mampostería", Nueva cartilla de la construcción, manual de Adobe, cuaderno comunitario ¿Cómo conservar nuestras casas y edificios antiguos?, Normas mínimas de dimensionamiento para desarrollos habitacionales, entre otros.

Una vez determinados los criterios de evaluación, se debe aplicar un promedio a cada componente, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio } (\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Criterios}}{n}$$

Siendo n =el total de criterios de cada componente.

Con el resultado anterior, cada criterio se multiplica por un factor (W_i) que varía entre 0.25 y 1.5 peso definido de acuerdo al nivel de importancia de los parámetros que se fijaron dentro del sistema del edificio; representa el peso de cada componente con respecto al total de su vulnerabilidad.

Tabla 5: Valores del factor Wi

Item	Tipo de Evaluación	Componente	Factor Wi				
			Codigo	MC	MR	A	T
1	II. Evaluación Estructural	Sistema constructivo	SC	4.2%	4.8%	4.8%	4.8%
2		Características estructurales	CAE	4.8%	6.0%	6.0%	6.0%
3		Geometría	G	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%
4		Vigas	VG	10.8%	9.0%	5.4%	10.8%
5		Columnas	CL	10.8%			10.8%
6		Mampostería	MP	9.6%	16.2%	17.4%	6.6%
7		Vanos	VN	4.2%	6.6%	9.0%	4.8%
8		Techo	T	5.4%	6.0%	7.8%	6.6%
9		Suelos y cimentaciones	SC	3.6%	4.8%	3.0%	3.0%
10	III. Evaluación No Estructural	Cielo Falso	CF	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
11		Particiones livianas	PL	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
12		Piso	P	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
13		Puertas	PT	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
14		Ventanas	VT	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
15		Sistema Eléctrico	SE	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
16		Sistema Hidrosanitario	SHS	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%
17		Otros elementos	OE	1.8%	1.8%	1.8%	1.8%
18	IV. Evaluación Funcional	Preparación del hogar	PH	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%
19		Organización de la comunidad	OC	4.6%	4.6%	4.6%	4.6%
20		Accesibilidad	ACC	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%
21		Capacidad Espacial	CE	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%
22		Iluminación y ventilación	ILV	3.6%	3.6%	3.6%	3.6%
				100%	100%	100%	100%

Fuente: Tomado de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua

La evaluación del índice de vulnerabilidad (Iv) se obtendrá de aplicar la sumatoria de todos los componentes ponderados, a como se presenta en el siguiente proceso:

$$Iv = \sum_{i=1}^{23} \bar{X} * Wi$$

El resultado obtenido debe ser evaluado en un rango de 0 hasta 3, siendo la escala de resultados los siguientes parámetros:

Tabla 6: Escalas para obtener índice de vulnerabilidad

Escala	Índice de vulnerabilidad
1.00-1.50	Vulnerabilidad baja
1.51-2.25	Vulnerabilidad media
2.26-3.00	Vulnerabilidad alta

Fuente: Tomado de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua

Para obtener el índice de vulnerabilidad de cada componente se deben seguir los siguientes pasos (Ver tablas 7, 8 y 9):

- a)** En la primera columna se describen los componentes por tipo de evaluación.
- b)** En las filas se presentan todos los subcomponentes asignados a cada componente de evaluación.
- c)** En el espacio de intersección de los componentes y subcomponentes se debe escribir el valor asignado al criterio seleccionado en el levantamiento de campo (Componentes, subcomponentes y criterios de evaluación).
- d)** Columna de promedios de criterios de cada componente.
- e)** Columna de los pesos asignados a cada componente, de acuerdo a tabla 5: de valores W_i .
- f)** En esta columna se muestra el índice de vulnerabilidad, se realiza la ponderación del promedio por el factor W_i . Posterior a este proceso se realiza la sumatoria total de todos los valores obtenidos en esta columna para obtener el índice de vulnerabilidad.

Para finalizar y obtener un resultado unificado que nos indique, que tan vulnerable está la vivienda ante cualquier evento, se tomara en cuenta también la seguridad ocupacional de la misma y la capacitación de las personas que la administran.

Tabla 9: Índice de vulnerabilidad funcional

Componente/ Subcomponente		Conocimiento del riesgo	Ubicación de la vivienda	Plan de respuesta familiar	Participación en simulacros	Recursos materiales	Mantenimiento	Brigadas	Zonas de seguridad	Rutas de evacuación	Alarmas de emergencia	Accesibilidad externa	Pasillos internos de la vivienda	Dimensiones de ambientes	Iluminación y ventilación natural	Promedio	Wi (%)	Índice de vulnerabilidad	
Evaluación funcional	Preparación del hogar	2	0	3	3	3	3									2.333	4.2	0.098	
	Organización de la comunidad							3	3	3	3					3	4.6	0.138	
	Accesibilidad											2	0			1	3.8	0.038	
	Capacidad espacial													0		0	3.8	0	
	Iluminación y ventilación													0		0	3.6	0	
Total																		0.27	

Fuente: propia, basada en tablas del de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua

$$IV = \sum IVE + IVNE + IVF$$

$$IV = 0.27 + 0.17 + 0.56 = 1$$

9.3.4. ENTREVISTAS A ESPECIALISTAS

9.3.4.1. Entrevista Arq. Arturo Chamorro Baca

Una vez realizadas varias visitas al sitio, para realizar levantamiento de los daños en paredes, techos y estructura de madera, se procedió a consultar con especialistas en el tema con experiencia en proyectos de este tipo, esto con el objetivo de adentrar más en el tema, considerando que las normas sobre construcciones y/o rehabilitaciones de edificaciones de adobe no son de nuestro país, por lo que también se considera importante empalmar las normativas con especialistas de nuestra tierra.

Para este paso se utilizó el tipo de entrevista mixta, en la que al entrevistado se le hacen algunas preguntas, pero el responde de manera libre y espontánea, pudiendo abarcar otros temas, aparte del consultado por el entrevistador (ver anexo IV, página XX-XIII, entrevistas firmadas)

El primer entrevistado fue el Arq. Arturo Chamorro Baca quien fue catedrático de Sistemas constructivos en la Universidad Americana y ha trabajado en rehabilitaciones de viviendas de adobe en la ciudad de León, como lo son la casa Norberto Ramírez y la casa Deshon, mismas que de igual manera fueron rehabilitadas para ser utilizadas como museo de la fundación Ortiz Guardián, comenta que es común que por la falta de conocimiento de sistemas constructivos la gente toma como medida de mantenimiento de sus viviendas el repello de paredes de adobe/Taquezal con mortero sin saber que esto más bien impide que el adobe pueda respirar, el sugiere que el repello sea del mismo material en este caso arcilla y cal como aglomerante principal

De igual manera comenta que al momento de buscar la madera para las estructuras de viviendas de adobe los propietarios erróneamente seleccionan maderas dulces que a pesar de que en su mayoría son curadas, al no recibir el mantenimiento necesario, estas a la larga atraen a las plagas como el comején que generan daños a las vigas y columnas, propiciando así a lo largo el colapso de las mismas, por lo que el sugiere utilizar maderas que por su misma naturaleza son amargas y sin ser curadas repelen las plagas como lo son el cedro, pochote, no obstante, indica que, aunque la madera por sí

misma no atraiga plaga está debe ser protegida y curada, tal cual como se haría con una madera dulce.

9.3.4.2. Entrevista Ing. Andy Woods

Por otra parte el Ingeniero Andy Woods quien imparte clases en la Universidad Nacional de Ingeniería expone que en dependencia de los daños que presenten las paredes, hay diferentes materiales que pueden utilizarse para reforzarlas ya sea con malla de gallinero que es de fácil acceso para toda la población, geomalla que es un refuerzo más especializado y por lo mismo su costo es superior y caña que al igual que la malla de gallinero es de fácil acceso a la población y adicionalmente ayudan a mantener la temperatura agradable al interior de las viviendas.

9.3.4.3. Entrevista Ing. Marco Palma

Para poder determinar la magnitud del daño estructural en las paredes de adobe el Ing. Marco Palma mismo que trabaja en el departamento de estructura de la Universidad Nacional de Ingeniería, sugiere se haga uso de la Ingeniería forense misma que facilita el diagnóstico y generación de alternativas para reforzamientos.

Evaluar los daños estructurales que posee una vivienda de adobe, se lleva a cabo mediante visitas técnicas de inspección para establecer el estado del sistema constructivo de estas edificaciones y así valorar el nivel de agravio existente en la edificación. La esencia de valorar es reconocer los criterios de valor dados por el especialista y los que ostenta la vivienda; estos se obtienen a través de un acercamiento minucioso, los cuales son: el valor histórico, el estético y el simbólico.

Un método muy eficaz para determinación de daños en la estructura es la Ingeniería Forense, esta se encarga de la investigación de las causas que han desencadenado un cierto evento y de las consecuencias producidas, y a partir de ello, determinar las medidas correctivas y preventivas del fallo.

De esta manera, conocidas las consecuencias del fallo, es posible valorar el daño causado en concepto de pérdida de productividad, costes de reparación de la estructura, afección a otros equipos adyacentes, etc.

Del mismo modo, conocidas las consecuencias de los retrasos que se han producido en la construcción de la infraestructura, es posible valorar los extra-costes

derivados de dichos retrasos como consecuencia, por ejemplo, de la prolongación de los medios humanos y materiales destinados a la ejecución de dichos trabajos.

Tomado en cuenta que un especialista en el área de la Ingeniería que, usando su experiencia profesional junto con las técnicas propias de la Ingeniería Forense y de la valoración de daños y aplicándolas a un conjunto de evidencias objetivas, es capaz de dictaminar con mayor exactitud acerca de la ocurrencia de un determinado evento, durante o después de la rehabilitación.

Luego de valorar, se determina con mayor facilidad métodos precisos para intervenir en la restauración total o parcial de la vivienda. Tomando en cuenta la necesidad de reforzar o demoler cualquier estructura existente en la misma.

No obstante; hay que verificar por medio de la norma técnica más ajustada a nuestra realidad, los procedimientos que se ejecutaran durante la restauración, tomando en cuenta que necesitamos proporcionar mayor estabilidad en la estructura con materiales que garanticen seguridad a los ocupantes, sin incurrir en gastos exagerados.

De las entrevistas se puede decir que, las construcciones de casas con adobe son de bajo costo y es por ello que muchas viviendas son edificadas con este sistema, no obstante, cabe mencionar que es una buena opción para el autoconstrucción de viviendas.

En relación a los diversos métodos de intervención y la valoración patrimonial de la obra, en función de los recursos económicos asignados para su recuperación, demuestran que aquellas intervenciones que responden a criterios más apropiados en cuanto a compatibilidad material y capacidad resistente, en general se aplican a obras de mayor valoración histórica, las cuales cuentan con amplios recursos para su ejecución. En cambio, edificaciones de menor alcance (viviendas) no siempre se ven beneficiadas por intervenciones con materiales adecuados ya que los recursos son restringidos.

Adicional a la ayuda brindada por los especialistas, se cuenta con el apoyo de la Alcaldía de León, quienes trabajan en conjunto con Patrimonio y que estarán en constante supervisión de la rehabilitación de la vivienda, misma que de acuerdo al Catálogo de bienes patrimoniales del Centro Histórico de la ciudad de León, se encuentra ubicada en la zona central.

La Alcaldía de León otorgo para el uso del documento de estudio y recomendaciones algunos documentos que se pueden usar como guías para dar recomendaciones certeras, que han sido utilizadas en las otras viviendas que ya han sido rehabilitadas.

10. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO

Durante las visitas a la vivienda para realizar el diagnóstico de su infraestructura y toma de notas antes de realizar la intervención, se encontraron las siguientes deficiencias a ser corregidas:

- ✓ Construcciones híbridas de mampostería de bloques incrustadas en el adobe, que durante un evento sísmico podrían presentar daños por combinación de sistemas constructivos.
- ✓ Enchapes de azulejos en baños y cuartos.
- ✓ Pisos de cerámicas en todas las áreas de la casa que se habían remodelado con el tiempo

Imagen 23: Interior de la vivienda, donde se encuentran construcciones modernas de mampostería y fachaleta de azulejo.



Fuente propia

- ✓ Remodelaciones a las paredes de adobe existentes.

- ✓ Abertura de nuevos accesos, al igual se encontraron sellados accesos originales de la vivienda.

Imagen 24: Pared en la que se selló un boquete del diseño original de la misma y presenta desgaste en repello



Fuente: Propia

- ✓ Cielos falsos en malas condiciones, por diferentes patologías, como humedad y presencia de hongos.

Imagen 25: Cielo falso presenta daño.



Fuente: Propia

- ✓ Estructura del techo en mal estado, por presencia de plagas (comején).

Imagen 26: Estructura del techo en mal estado, reforzada con clavadores para estabilizarla



Fuente: Propia

- ✓ Muro oeste presenta madera de Taquezal dañada por presencia de plagas, deterioro en repello y muro ocasionado por el tiempo y la falta de mantenimiento del mismo, adicional se presenta combinación de sistemas constructivos.

Imagen 27: Daño visible en columna de madera



Fuente: Propia

- ✓ Desgaste visible en repello de paredes. Se puede observar que hay cables eléctricos cruzando la vivienda sin ningún tipo de recubrimiento.

Imagen 28: Desgaste en repello de paredes



Fuente: Propia

- ✓ Se encontró una pared con tres tipos de sistemas constructivos.

11. PROPUESTA PARA REHABILITACIÓN

Procesado los resultados del trabajo en campo, en conjunto con las fichas técnicas para evaluar y determinar el estado de la vivienda “Casa Juárez”, se obtuvo la siguiente tabla de resultados:

Tabla 10: Tabla de resultados del índice de vulnerabilidad

Datos Generales:		
Nombre del evaluador	Mónica Martínez/ Katherine Zamora	
Nombre del dueño de la vivienda	Mercantil Santa Clara, S.A.	
Municipio	León	
Dirección exacta	Bo. El Sagrario, costado sur iglesia San Francisco	
Sistema constructivo	Mixto (Adobe/ taquezal y particiones internas de mampostería)	
Resultados:		
Índice de vulnerabilidad obtenido	1	
Tabla de evaluación de componentes:		
Componente	Observaciones de campo	Recomendaciones
Componente con vulnerabilidad alta	N/A	N/A
Componentes con vulnerabilidad media	N/A	N/A
Componente con vulnerabilidad baja	Estructurales, no estructurales y funcionales	Aunque el Índice de vulnerabilidad total es bajo, se deberá priorizar dar mantenimiento correctivo a los subcomponentes que fueron evaluados con un peso igual a 3, de acuerdo a cada tabla de componentes (estructurales, no estructurales, funcionales)

Fuente: Tomado de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua.

Tabla 11: Propuestas de estrategias para rehabilitación de la vivienda Casa Juárez en función de las prioridades

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE MEJORA EN FUNCIÓN DE LAS PRIORIDADES				
Importancia de atención	Componente	Subcomponente	Estrategia de mejora	Requerimientos para la mejora
Prioridad 1	Evaluación estructural	Características estructurales	El sistema constructivo de adobe y el de mampostería no deben combinarse debido a que poseen diferentes comportamientos que pueden afectar la resistencia del adobe durante eventos sísmicos	Demoler todas las estructuras modernas que no sean compatibles con el sistema de adobe/taquezal
Prioridad 2	Evaluación estructural	Mampostería	Se deben mejorar los repellos existentes en las paredes ya que estos protegen la estructura e integridad de las paredes	Aplicar repello con cal apagada que es compatible con el tipo de sistema constructivo
Prioridad 3	Evaluación estructural	Techos	Algunas piezas de la cubierta de techo se encuentran en mal estado por lo que se recomienda cambiarlas, de igual forma las vigas de soporte de madera que presentan daño por plaga, deben cambiarse	Cambiar las tejas que se encuentran dañadas y cubrir las partes del techo en que no hay teja, de igual forma se sugiere cambiar las láminas de zinc oxidadas y colocar en las áreas donde no hay, cambias las vigas de madera que soportan el techo y se encuentran dañadas
Prioridad 4	Evaluación no estructural	Sistema eléctrico	Actualmente el sistema eléctrico no se encuentra canalizado, por lo que se sugiere hacer estos trabajos, tanto para la parte eléctrica como para sistemas especiales	Utilizar tubería conduit PVC con certificado UL para canalizar el sistema eléctrico, rotular panel de breakers, no mezclar cables eléctricos y de sistemas especiales en la misma tubería
Prioridad 5	Evaluación no estructural	Cielo falso	En las áreas donde se encontro cielo falso de machimbre se observo desgaste en las láminas y en otras áreas se encontro cielo raso de plycem con marcas de humedad.	Se sugiere hacer cambio de las piezas que presenten daños y unificar el material.para todas las áreas.
Prioridad 6	Evaluación no estructural	Otros elementos no estructurales	El muro perimetral del costado oeste presenta daños significativos que podrían representar el colapso del mismo, se deberá unificar un solo sistema constructivo en este. Los paneles decorativos de madera tienen piezas faltantes y algunas dañadas.	Se deberá cambiar las vigas y columnas del sistema de taquezal y utilizar un repello de cal apagada. En el caso de los paneles decorativos se deben sustituir las piezas dañadas y completar las restantes.
Prioridad 7	Evaluación funcional	Preparación del hogar	Se recomienda trabajar en conjunto con los bomberos para una capacitación del personal que trabajará en el museo, para que sepan como actuar en caso de emergencias.	Tener a mano un botiquín de emergencia y extintores, los sistemas especiales (alarma y detección de incendio, cctv) deben recibir mantenimiento para trabajar siempre en las mejores condiciones.
Prioridad 8	Evaluación funcional	Organización de la comunidad	Trabajar en conjunto con los bomberos para establecer rutas de evacuación y puntos de reunión del museo en casos de emergencia	Preparar un manual de emergencia que debe ser manejado por los trabajadores del museo.

Fuente: propia, basada en tabla de prioridades del Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua

Es necesario realizar un cambio a toda la estructura del techo de la vivienda, esto debido a que la estructura de madera presenta daños por plagas y por la falta de mantenimiento preventivo y correctivo (Ver anexo II, página X, plano de levantamiento techo).

Tal como se presenta en el anexo fotográfico Plano 1; los actuales habitantes utilizaron clavadores para soportar las vigas de madera que se encuentran dañadas, adicional se observa que en los sitios donde hay cielo falso este presenta daños por desgaste y por presencia de termitas; por la parte externa hay áreas que presentan ausencia de tejas, láminas de zinc que soportan la teja están oxidadas y los golosos no cuentan con el recubrimiento adecuado, lo que denota que no se le ha hecho mantenimiento para prevenir goteras en mucho tiempo.

Por lo antes expuesto se recomienda que, durante la instalación del techo previo a colocar las tejas, se instalen lámina de zinc liso prepintado, esto ayudará a evitar filtraciones por goteras, considerando que las tejas son delicadas y pueden sufrir fisuras durante su instalación de tal manera que esta medida disminuirá la incidencia de la humedad y el peso de la estructura de techo en comparación a recubrir los vértices de teja con mortero, también se recomienda cambiar todos los soportes de madera que presenten daño y utilizar madera de Genízaro, previamente curada.

En el caso del cielo falso de machimbre se sugiere descartar las láminas que estén en mal estado y las que aún sean funcionales se deberán curar y pintar con barniz.

Se recomienda evitar dejar espacios entre el techo y el cielo desde el exterior en el que puedan ingresar animales como palomas o murciélagos ya que tienden a provocar daños en los cielos y pueden generar otro tipo de plagas.

Tal como el caso del techo, la estructura de madera de la vivienda presentaba daños, por lo que se recomienda hacer cambio de todos los elementos de las columnas, soleras y alfajías que presenten daños, se sugiere utilizar una madera dura que por sí misma evite las plagas, en la vivienda actualmente se encontraron diferentes tipos de madera,

como es cedro, pochote y en algunas de las estructuras se encontraba genízaro, se sugiere seguir trabajando con este último para todas los elementos estructurales.

En paredes, se requiere eliminar todos los repellos de mortero de cemento que se le han aplicado a las paredes de adobe, debido a que estos no permiten la transpiración del adobe, provocando así que la humedad se acumule en las paredes, lo que puede ocasionar daños irreparables en la estructura de las mismas, es mejor aplicar repello de cal apagada, esto debido a que la cal es el conglomerante que por sus propiedades físicas y mecánicas es el más compatible con las construcciones de tierra, este ha sido el más utilizado a lo largo de la historia.

Este mortero se obtiene mezclando cal viva con agua dentro de un recipiente en las mismas proporciones (1:1) para que este se añeje, se sabe que mientras más tiempo tenga la mezcla, mejora sus propiedades, por lo que se sugiere hacer esta mezcla al inicio de la rehabilitación que al momento de su uso hayan transcurrido semanas desde que se hidrato la cal viva.

En la fachada principal se recomienda darle mantenimiento al repello de la pared y del zócalo, utilizando el mortero de cal apagada previamente descrito, esto ayudará a prevenir la aparición de humedad en las paredes.

En paredes internas, principalmente en el área de la sala de estar, algunos de los boquetes originales de la vivienda fueron sellados y otros nuevos fueron abiertos, por lo que es preferible retornar la vivienda a su estado natural, debido a que durante el diseño original se debió tomar en cuenta la proporción de la pared con la de cada boquete para puertas o ventana, tal como se manifiesta en la normativa E080 de Perú; en la mayoría de las viviendas tanto de adobe como de concreto sus habitantes realizan remodelaciones sin tener tomar en cuenta el criterio estructural o considerar el daño que representa abrir nuevos boquetes en paredes, ampliar los ya existentes o incluso algo tan simple como clavar en las mismas, ya que esto las debilita y a largo plazo en caso de someterlas a carga sísmica u otros tipos de fenómenos como huracanes que ejercen carga de viento en paredes, más cuando se toma en cuenta que León es una ciudad expuesta también volcanes como el Momotombo o el cerro negro, por lo que en caso de

ocurrir una erupción volcánica, sus paredes deberán soportar la carga de cenizas en techo, por lo que las alteraciones al diseño original de estas puede transformarse en su colapso o el de la vivienda.

Por otra parte, hay paredes que presentan daños significativos, su estado de deterioro es notable a simple vista hasta para ojos no expertos en el tema, uno de estos casos son la pared oeste de la vivienda casa Juárez, se podría decir que este muro es el que presenta un estado más crítico, este colinda con un consultorio médico y en el pasado conformaron una misma casa, por lo que fue construido por sus nuevos habitantes como muro perimetral una vez que la desmembraron. Dicho muro es un híbrido de taquezal y piedra cantera y viga corona de concreto, en este las columnas de madera están irreparablemente dañadas por plagas y si no fuera por las vigas de madera del taquezal que le agregan algo de rigidez en conjunto con la base de piedra cantera, probablemente ya hubiese colapsado.

Para este caso se propone cambiar todas las columnas de madera, se recomienda también reforzar esta pared con malla convencional o malla de gallinero, esto le añadirá soporte a la pared, se debe mantener la estructura de Taquezal, sin embargo, es recomendable cambiar todas las regletas por otras nuevas, utilizando madera de Genízaro.

Aunque la madera de Genízaro es amarga por naturaleza y por lo tanto no atrae plagas es recomendable curarla y darles el mantenimiento preventivo anualmente para evitar los estados de deterioro de estructuras principales que se observan en la mayoría de las edificaciones de adobe. Por solicitud del propietario se eliminarán todas las instalaciones sanitarias, esto debido a que la casa se unificara a otras edificaciones que ya son utilizadas para museo y que cuentan con sus propios servicios sanitarios y cumplen con la normativa, para la cantidad de personas que se espera visiten el museo a diario.

12. CONCLUSIONES

✓ Basado en el estudio de vulnerabilidad, se evaluó la situación y/o estado actual de la vivienda “Casa Juárez”, dando como resultado a través del cálculo del índice de vulnerabilidad un equivalente a 1, lo cual nos indica que la vivienda “Casa Juárez” no representa un peligro para sus habitantes, si bien durante un evento sísmico de magnitudes catastróficas ésta podría colapsar pero daría el tiempo necesario para que todas las personas pudiesen desalojar preservando sus vidas, que es un indicador de importancia en el momento de evaluar como una edificación segura para su uso.

✓ Se lograron diagnosticar daños estructurales en la vivienda, entre los principales daños se deben a:

1. La combinación de sistemas constructivos dentro de la vivienda.
2. El uso de mortero de concreto ayudo a deteriorar los revoques de las paredes de adobe ya que no había permeabilidad en los muros.
3. Presencia de plagas en algunas columnas y vigas de madera, que ha tenido como consecuencia daños severos en las mismas, especialmente en techos.

✓ Proponemos las siguientes medidas necesarias para rehabilitación de la vivienda

1. Demoler todas las estructuras modernas que no sean compatibles con adobe y Taquezal.
2. Aplicar repello con cal apagada que es compatible con este tipo de sistema constructivo en estudio.
3. Cambiar las vigas de madera que soportan el techo y que presentan daños por hongos y/o plagas; también cambiar columnas que están dañadas debido al mismo factor ya que éstas generan mayor aporte estructural al techo.
4. Dar mantenimiento preventivo y correctivo a canales y techos antes de cada invierno, para evitar la aparición de humedad y hongos como consecuencia de la misma y en general dar mantenimiento a toda la vivienda, utilizando materiales acordes al tipo de sistema constructivo.

13. RECOMENDACIONES

Una vez obtenidos los resultados del levantamiento y con el cálculo del índice de vulnerabilidad recomendamos seguir la tabla 11 (página 94) organizada por prioridades de acuerdo a los componentes y subcomponentes de la vivienda, enfatizando las áreas más vulnerables de la misma, se sugiere además realizar una segunda fase de desarrollo de proyecto, previo al inicio de la rehabilitación, en la que se realicen diseño de especialidades (estructura, electricidad, sistemas especiales, drenaje pluvial, etc) programación y costos de los elementos a rehabilitar.

Recomendamos también siempre trabajar con materiales que se acoplen al tipo de sistema constructivo, por ejemplo, considerar siempre pintura especial, es decir una pintura que no selle los poros de la pared, de tal manera que de esta se pueda evaporar toda la humedad en lugar de acumularse en su interior.

Dado al nuevo uso de la vivienda (abierto para el público), se sugiere crear condiciones para discapacitados, como facilitar la circulación con la inclusión de rampas para los desniveles.

Una vez que la vivienda este en uso se recomienda dar mantenimiento anual al techo, siempre previo al inicio del invierno, esto ayudará a evitar la aparición de goteras que conlleva a otro tipo de patologías como presencia de humedad. En el techo también se deberá evitar el desarrollo de vegetación, no solo porque que las raíces de las mismas pueden ocasionar daños en las tejas, sino también porque ayuda a la proliferación de hongos que eventualmente daña la estructura de madera.

14. BIBLIOGRAFIA

Adobe reforzado, (1983). Recuperado de <http://www.predes.org.pe/adobereforzado-construcciones-realizada>.

Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica (2004) - Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzos de casas en adobe y tapia pisada, Fase 2. Colombia.

Blondet M, (2010) – Manual de Construcción de Adobe Reforzado con Geomalla. Lima, Perú.

Hastings I, (2015)- Reconstrucción y mejoramiento de la vivienda de adobe en Montaña de Guerrero, México.

Matus, R. A., Herrera, E. R. G., Tizapa, S. S., & Villasana, J. L. C. desarrollo de propuestas estratégicas de rehabilitación y refuerzo para la vivienda guerrerense de adobe.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento de Perú, (2010) – Normativa Técnica E080- Diseño y construcción con tierra reforzada. Lima, Perú.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento Perú, (2013) – Proyecto de actualización, versión 1 Norma E080 Construcción con Tierra. Lima, Perú.

Mojica, F. S. (2013). Sismicidad de Nicaragua 1992-2007. Universidad y Ciencia, 3(4).

Morales, R., Torres, R., Rengifo, L., & Irala, C. (1993). Manual para la construcción de viviendas de adobe. Lima, Peru.

Moyano C. (2014)- Patologías en construcciones de abobe y paja, Senegal

PUCP- Manual técnico para el reforzamiento de las viviendas de adobe existentes en la costa y la sierra. Lima, Perú.

Sistema constructivo orgánico: Adobe, (2015). Recuperado de https://www.academia.edu/7556741/SISTEMA_CONSTRUCTIVO_ORG%C3%81NICO_ADOBE

Una arquitecta al rescate del adobe, (2016). Tomado de <http://www.elnuevodiario.com.ni/especiales/338039-arquitecta-rescateadobe/>.

UNI (2020)- Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua. Managua, Nicaragua

15. ANEXOS

15.1. Anexo I: Levantamiento fotográfico del sitio

Imagen 30: Fachada principal, presenta desgaste en pintura y repello, se observa en zócalo en buen estado.



Fuente: Propia

Imagen 31: Habitaciones nuevas construidas con mampostería



Fuente: Propia

Imagen 32: Patio interno, se observan columnas de madera con pedestales de concreto que soportan la estructura de techo y la presencia de aleros.



Fuente: Propia

Imagen 33: Pared que colinda con consultorio, presenta notable desgaste en columnas de madera y presenta mezcla de sistemas constructivos



Fuente: Propia

Imagen 34: Soportes de madera de techo presentan daño, por lo que fueron reparadas adosando clavadores.



Fuente: Propia

Imagen 35: Desgaste en repello de paredes, pared vecina construida con otro tipo de sistema constructivo



Fuente: Propia

Imagen 36: Sistema sanitario que se encuentra en la vivienda actualmente, las paredes son de mampostería.



Fuente: Propia

Imagen 37: Paredes de servicios sanitarios fueron construidas con mampostería



Fuente: Propia

Imagen 38: Desgaste en repello de paredes de adobe, se observan fisuras menores a los 2mm en bloque de adobe.



Fuente: Propia

Imagen 39: Vano de puerta de construcción original que fue sellado



Fuente: Propia

Imagen 40: Cubierta de techo, piezas de teja de barro dañadas/ faltantes



Fuente: Propia

Imagen 41: Cubierta de techo, golosos presenta desgaste, no están protegidos contra goteras



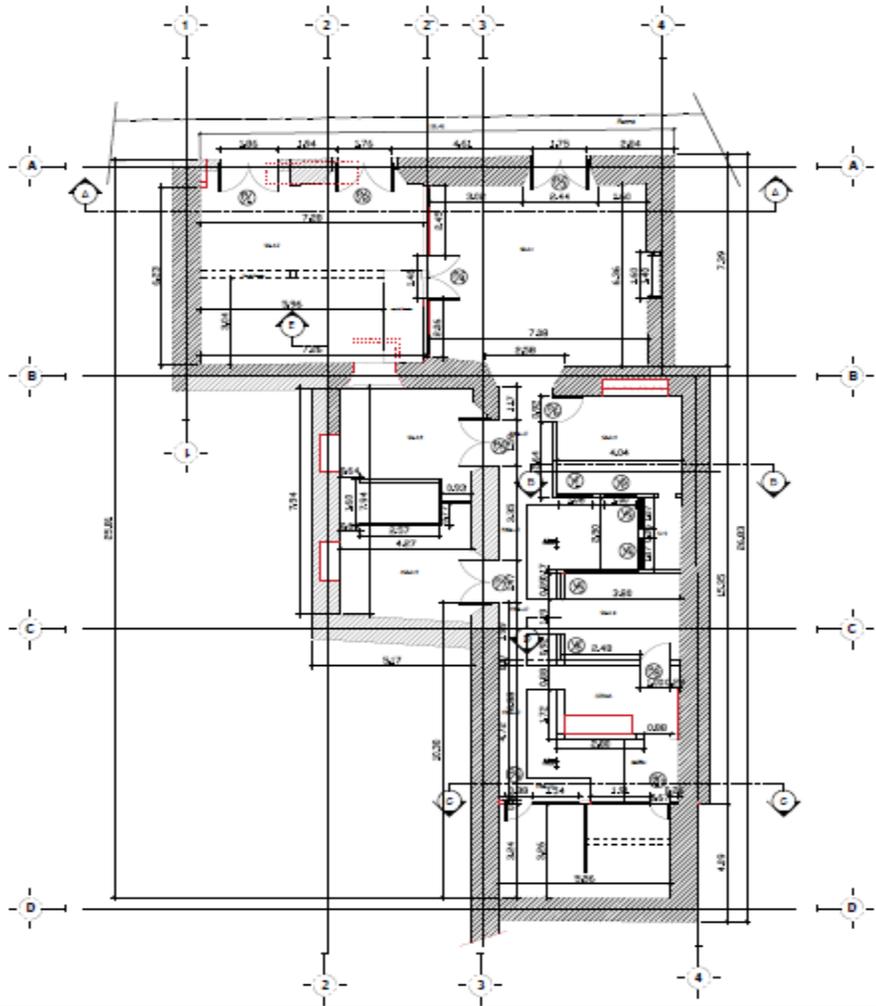
Fuente: Propia

Imagen 42: Cubierta de techo con ausencia de teja de barro y lámina de zinc oxidada



Fuente Propia

15.2. Anexo II: Planos de levantamiento



PLANO DE LEVANTAMIENTO FISICO
CASA MARTA JUAREZ

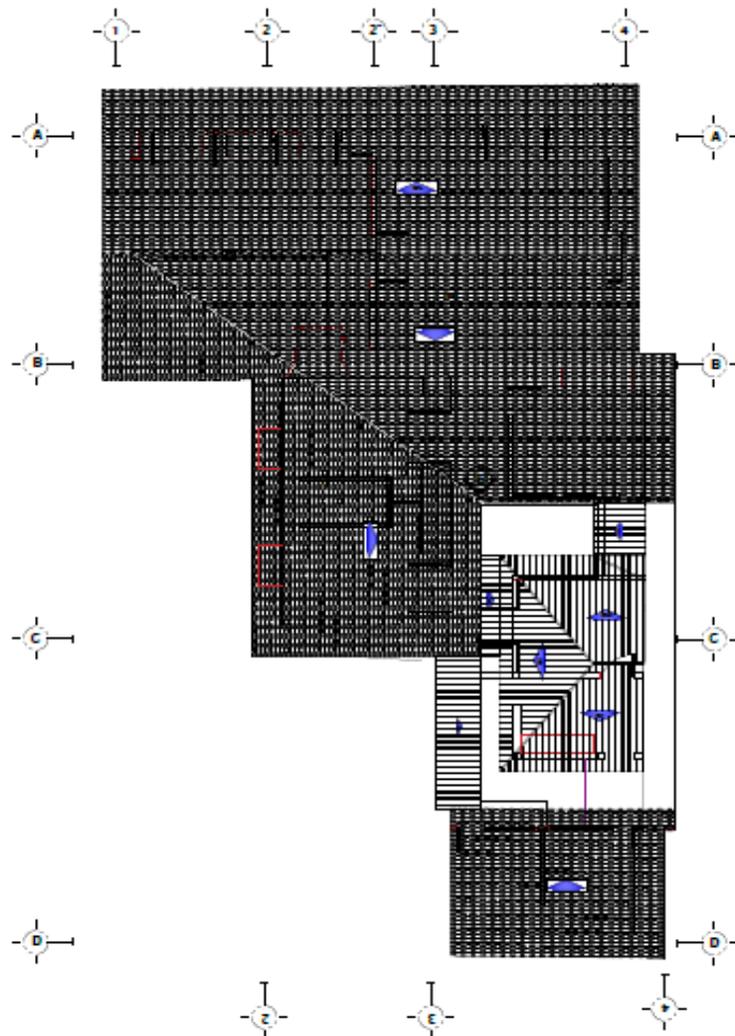
ESCALA: 1:100



PROYECTO:
LEVANTAMIENTO CASA JUAREZ (CENTRO DE ARTE)

PROPIETARIOS:

PROYECTO:	CASA JUAREZ	
ELABORACION:	ELABORACION: ARQUITECTONICA	
FECHA:	17/6	1/7/6
FECHA:	MAYO 2020	
PROYECTISTA:	MONICA MARTINEZ	
PROYECTISTA:		
PROYECTISTA:		
PROYECTISTA:		



PLANO DE TECHOS
 CASA MARTA JUAREZ
 ESCALA: 1:100

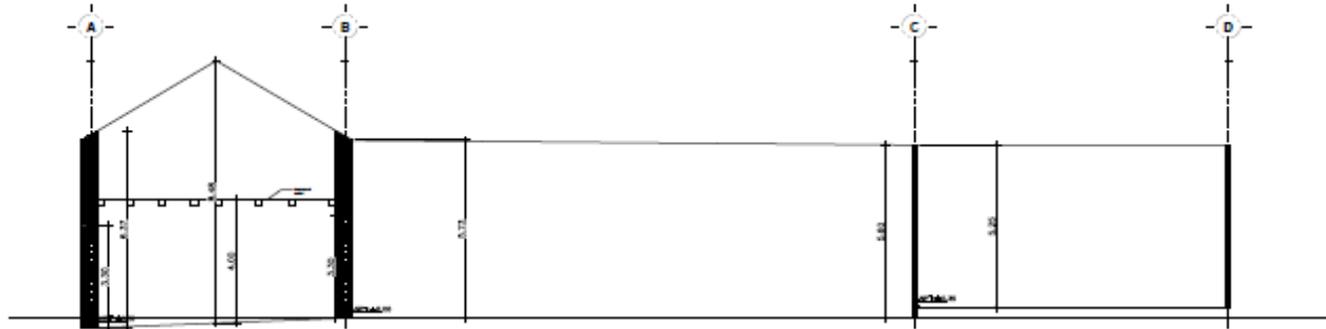


PROYECTO:
 LEVANTAMIENTO O.CASA JUAREZ (CENTRO DE ARTE)

PROPIETARIOS:

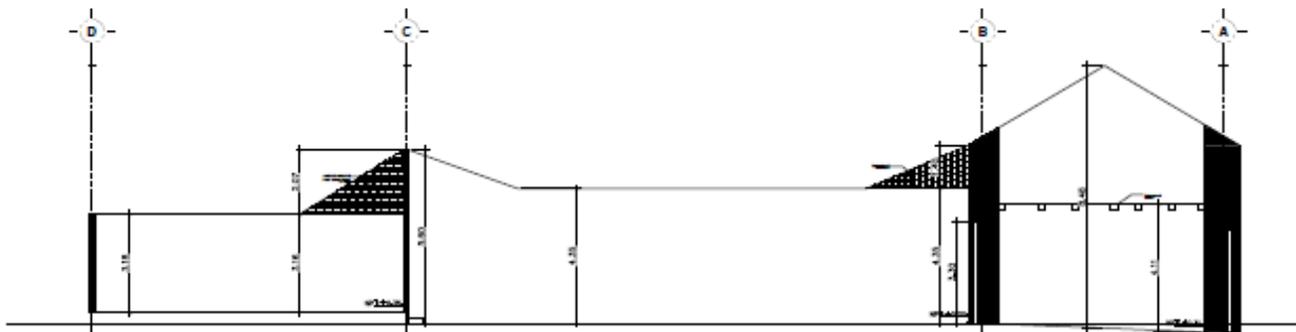
DISEÑADA POR		DINA WREZ	
ELEVACIONES Y SECCIONES			
FECHA	HOJA	27 de	
MES DE 2000			
PROYECTADA POR			
DINA WREZ			
PROYECTADO POR			
DINA WREZ			
PROYECTADO POR			
DINA WREZ			





ELEVACION ESTE EJE No 1

ESCALA _____ 1:100



CORTE ARQUITECTONICO A

ESCALA _____ 1:100

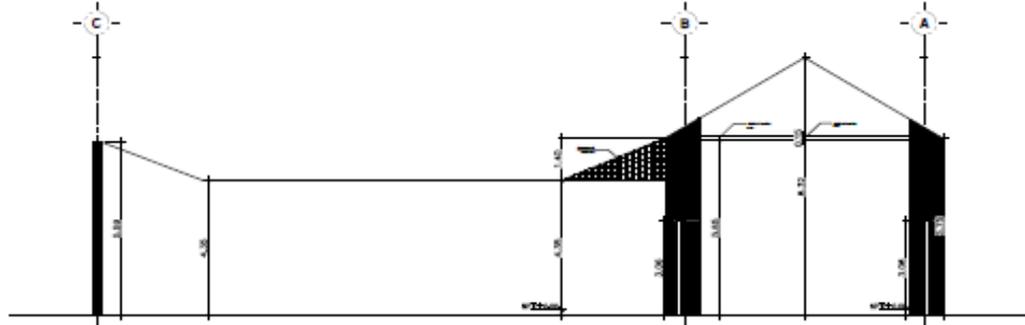


PROYECTO:
LEVANTAMIENTO CASA JUAREZ (CENTRO DE ARTE)

PROPIETARIOS:

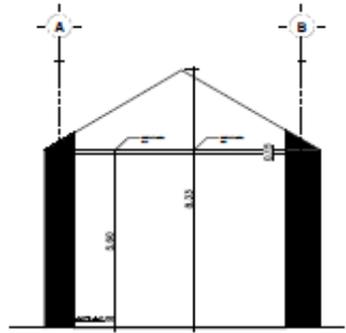
CLIENTE:	CASA JUAREZ
TITULO:	ELEVACIONES RECTORIALES
FECHA:	10/08/2020
PROYECTISTA:	MONICA MORALES
PROYECTO:	
ESTADO:	
OTROS:	





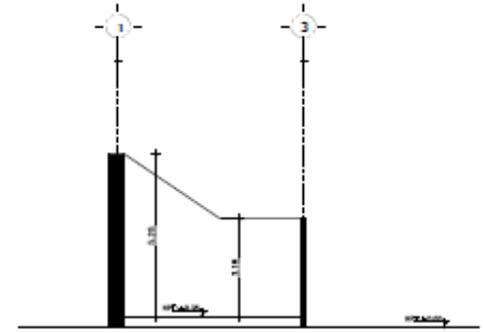
ELEVACION OESTE EJE No 4

ESCALA _____ 1:100



CORTE ARQUITECTONICO C

ESCALA _____ 1:100



ELEVACION NORTE EJE D

ESCALA _____ 1:100

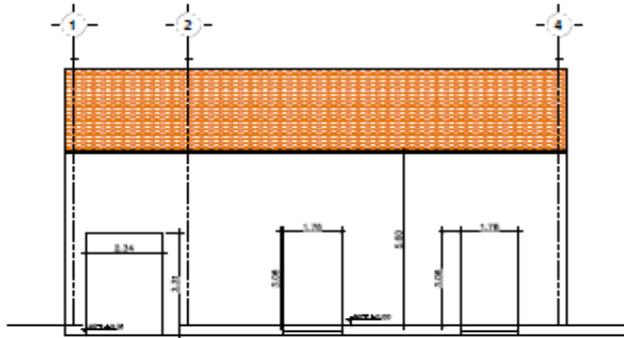


PROYECTO:
REMODELACION CASA JUAREZ (CENTRO DE ARTE)

PROPIETARIOS:

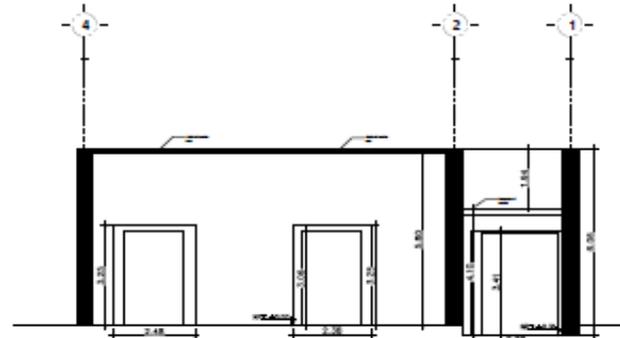
DISEÑADOR		DIAZ JUAREZ	
ELEVACIONES RECONSTRUCION			
FECHA	PROYECTO	S / A	
MAYO 2000			
PROYECTO			
DISEÑADOR			
PROYECTO			
PROYECTO			





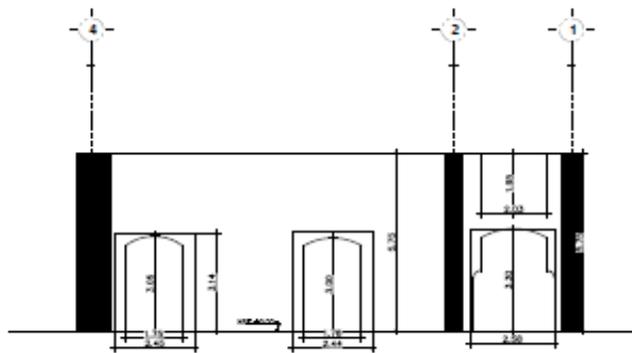
FACHADA PRINCIPAL

ESCALA _____ 1/100



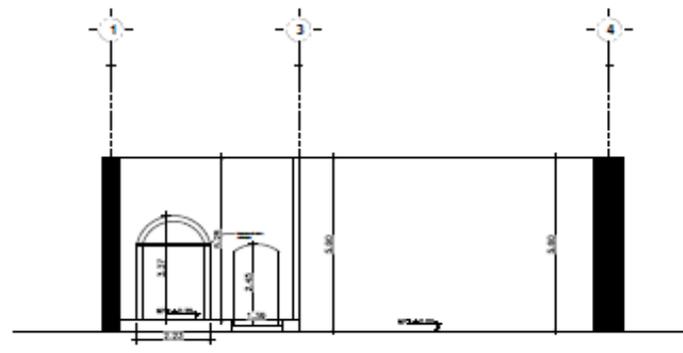
ELEVACION SUR EJE A

ESCALA _____ 1/100



ELEVACION SUR EJE B

ESCALA _____ 1/100



ELEVACION NORTE EJE C

ESCALA _____ 1/100



PROYECTO:
LEVANTAMIENTO CASA JUAREZ (CENTRO DE ARTE)

PROPIETARIOS:

PROYECTO:	CASA JUAREZ
TÍTULO:	ELEVACIONES PROYECCIONES
FECHA:	14/02/2020
PROYECTISTA:	MÓNICA ARRIETA
PROYECTISTA:	
PROYECTISTA:	
PROYECTISTA:	



15.3. Anexo III: Tablas utilizadas de la guía de aplicación del índice de vulnerabilidad del equipamiento turístico

Tabla 12: Propuesta de estrategias de mejora en función de las prioridades

Importancia de atención	Componente	Subcomponente	Estrategia de mejora	Requerimientos para la mejora
Prioridad 1				
Prioridad 2				
Prioridad 3				
Prioridad 4				

Fuente: Tomado de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua.

Tabla 13: Tabla de resultados del índice de vulnerabilidad

Datos Generales:		
Nombre del evaluador		
Nombre del dueño de la vivienda		
Municipio		
Dirección exacta		
Sistema constructivo		
Resultados:		
Índice de vulnerabilidad obtenido		
Tabla de evaluación de componentes:		
Componente	Observaciones de campo	Recomendaciones
Componente con vulnerabilidad alta		
Componentes con vulnerabilidad media		
Componente con vulnerabilidad baja		

Fuente: Tomado de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua.

Tabla 14: Evaluación Estructural, No Estructural y Funcional.

DESTINOS TURÍSTICOS RESILIENTES						
Determinación del índice de vulnerabilidad ante sismos en viviendas.						
Ficha de levantamiento						
Abreviaturas: MC: Mampostería Confinada; MR: Mampostería Reforzada; A: Adobe; T: Taquezal						
EVALUACION ESTRUCTURAL						
Componente	Sub componente	Criterios	Sistema constructivo			
			MC	MR	A	T
Sistema constructivo	Sistema constructivo y estructural	Mampostería confinada	1			
		Mampostería Reforzada		0		
		Adobe			3	
		Taquezal				3
		Misto u otros	3	3	3	3
Características Estructurales	Antigüedad de la vivienda*	Año de construcción: _____				
		Menor a 12 años:	1	1	1	1
		De 12 a 49 años:	2	2	2	2
	Modificaciones en la estructura*	Más de 50 años:	3	3	3	3
		No ha sido modificado.	0	0	0	0
		Modificación, intervención o ampliación adecuada con normativa y compatibilidad de materiales.	1	1	1	1
	Retiros entre estructura	Modificación inadecuada, incompatibilidad de materiales en elementos estructurales del sistema constructivo.	3	3	3	3
Cuenta con retiro de 5cm mínimo entre estructuras.		0	0	0	0	
	Edificios adosados o sin retiros y con sistemas constructivos diferentes.	3	3	3	3	
Geometría	Forma en planta	Regular, simétrica.	0	0	0	0
		Semi irregular, simple.	1	1	1	1
		Irregular, poco simple, asimétrica o compleja.	3	3	3	3
	Relación en planta	Relación entre longitud y ancho ≤ 2.5	0	0		0
		Relación entre longitud y ancho > 2.5	3	3		3
		Adobe - esbeltez horizontal igual o menor a 10 veces el espesor del muro.			0	
		Adobe - esbeltez horizontal mayor a 10 veces el espesor del muro.			3	
	Relación vertical	Relación entre altura y dimensión mínima de la base ≤ 2.5	0	0		0
		Relación entre altura y dimensión mínima de la base > 2.5	3	3		3
		Adobe - esbeltez horizontal igual o menor a 8 veces el espesor del muro.			0	
Distribución de muros	Adobe - esbeltez horizontal mayor a 8 veces el espesor del muro.			3		
	Entre el 65% - 55% de muros en ambas direcciones.	0	0	0	0	
	Más del 70% de muros en una dirección.	1	1	1	1	
	Muros se concentran en una dirección.	3	3	3	3	
Vigas	Material de vigas	Concreto _____				
		Madera _____				
		Metálico _____				
		Otros _____				
	Existencia de vigas*	No se logró observar/ No sabe	1	1	1	1
		Posee las vigas necesarias según sistema constructivo (VA, VI, VC).	0	0	0	0
		No tiene vigas.	3	3	3	3
	Dimensiones de viga	No se logró observar/ No sabe	1	1	1	1
		Dimensión de viga de concreto ≥ 0.15 m / Taquezal viga de madera ≥ 0.15 m.	0	0	0	0
		Dimensión de viga de concreto < 0.15 m / Taquezal viga de madera < 0.15 m.	3	3	3	3
	Refuerzos longitudinales*	No se logró observar/ No sabe.	1	1		
		Contiene un mínimo de 4 varillas corrugadas.	0	0		
La viga tiene menos de 4 varillas corrugadas.		3	3			
Espaciamiento entre vigas	No se logró observar/ No sabe	1	1			
	Espaciamiento ≤ 2.5 m	0	0			
	Espaciamiento > 2.5 m	3	3			
Estado del recubrimiento de Viga	Recubrimiento intacto.	0	0			
	Hay desprendimiento del recubrimiento, el acero está expuesto y oxidado.	3	3			

DESTINOS TURÍSTICOS RESILIENTES

Determinación del índice de vulnerabilidad ante sismos en viviendas.

Ficha de levantamiento

	Agrietamiento y fisuras en vigas	No hay fisuras.	0	0	0	0	
		Fisuras menores a 1.5 mm.	1	1	1	1	
		Fisuras entre 1.5 mm y 3mm.	2	2	2	2	
		Grietas mayores o igual a 3mm.	3	3	3	3	
Columnas	Material de columnas	Concreto _____					
		Madera _____					
		Metálico _____					
		Otros: _____					
	Existencia de columnas*	No se logró observar / No se sabe	1				1
		Si tiene.	0				0
		No tiene.	3				3
	Dimensión de columnas	No se logró observar / No se sabe	1				1
		Dimensión de columnas de concreto ≥ 0.15 m / Taquezal columna de madera ≥ 0.15 m	0				0
		Dimensión de columnas de concreto < 0.15 m / Taquezal columna de madera < 0.15 m	3				3
	Refuerzos longitudinales*	No se logró observar/ No sabe	1				
		Contiene un mínimo de 4 varillas corrugadas.	0				
		La columna tiene menos de 4 varillas corrugadas.	3				
	Separación entre columnas	No se logró observar / No se sabe	1				
		mampostería confinada: Espaciamiento entre columnas de concreto ≤ 3 m / Taquezal separación entre piezas verticales ≤ 0.60 m.	0				0
		mampostería confinada: Espaciamiento > 3 m / Taquezal separación entre piezas verticales > 0.60 m.	3				3
Estado del recubrimiento de la columna	Recubrimiento intacto.	0					
	Hay desprendimiento del recubrimiento, el acero está expuesto y oxidado.	3					
Agrietamiento y fisuras en columnas	No hay fisuras.	0				0	
	Fisuras menores a 1.5mm.	1				1	
	Fisuras entre 1.5 mm y 3mm.	2				2	
	Grietas mayores o igual a 3mm.	3				3	
Mampostería / Paredes	Material de paredes	Bloque de concreto _____					
		Ladrillo de Barro _____					
		Bloque de Adobe _____					
		Otros _____					
	Posición de la mampostería / colocación de bloques o ladrillos	No se logró observar/ No sabe	1	1	1		
		Bien cuatrapiado.	0	0	0		
		Mal cuatrapiado.	2	2	2		
		Hay combinación de materiales.	3	3	3		
	Altura máxima de la pared	Promedio de altura de la pared ≤ 6 m.	0	0			
		Promedio de altura de la pared > 6 m.	3	3			
	Unión de la mampostería con vigas y columnas	No se logró observar/ No sabe	1				
		No hay separación entre elementos.	0				
		Existe separación entre elementos.	3				
	Calidad y estado de las juntas	No se logró observar/ No sabe	1	1	1		
		Buen estado y aspecto, junta de 1cm en bloque o ladrillo, 2.5 cm en adobe.	0	0	0		
		Deterioro y desgaste, junta mayor o menor a 1cm en bloque o ladrillo, 2.5 cm en adobe.	3	3	3		
Repello	Tiene repello adecuado al sistema, en buen estado.				0	0	
	No tiene repello, o el repello no corresponde con el sistema existente, en mal estado.				3	3	
Agrietamiento y fisuras en muros	No hay fisuras.	0	0	0			
	Fisuras menores a 1.5 mm.	1	1	1			
	Fisuras entre 1.5 mm y 3mm.	2	2	2			
	Grietas mayores o igual a 3mm.	3	3	3			
Características de grieta	No tiene grietas.	0	0	0			
	Lineal con respecto a mampostería.	1	1	1			
	En diagonal o en todos.	3	3	3			

DESTINOS TURÍSTICOS RESILIENTES

Determinación del índice de vulnerabilidad ante sismos en viviendas.

Ficha de levantamiento

	Filtración de agua y presencia de humedad	No se logró observar/ No sabe	1	1	1	1	
		No hay humedad, ni filtración de agua.	0	0	0	0	
		Exposición a la humedad esporádica.	1	1	2	2	
		Exposición a la humedad constante.	3	3	3	3	
Zócalo o sobresimiento	Zócalo en buen estado con altura mínima de 0.60m de altura			0	0		
	Zócalo en estado regular, a menos de 0.60m de altura.			2	2		
	No existe zócalo.			3	3		
Muros	Ubicación de vanos	En mampostería retro \geq 0.80m de columnas.	0	0			
		En mampostería retro $<$ 0.60m de columnas.	3	3			
		En adobe y taquizal retro \geq 1.20m de esquinas y vano con dimensión menor de 1.20m.			0	0	
		En adobe y taquizal retro $<$ 1.20m de esquinas y vano con dimensión mayor a 1.20m.			3	3	
Elementos de refuerzo en vanos	No se logró observar/ No sabe	1	1	1	1		
	Posee vigas y columnas de refuerzo en la mampostería / Posee dintel en adobe y taquizal.	0	0	0	0		
	No posee vigas y columnas de refuerzo en la mampostería / No posee dintel en adobe y taquizal.	3	3	3	3		
Techo	Pendiente de Techo	Pendiente adecuada: entre el 6% y 15% cubierta metálica; mayor a 30% cubierta de tejas; 2% losa; 30% para zonas con riesgo por caída de ceniza.	0	0	0	0	
		Pendiente inadecuada: menor al 6% cubierta metálica; menor de 30% techo de tejas, losa sin pendiente.	3	3	3	3	
	Cubierta de techo	No se logró observar/ No sabe	1	1	1	1	
		Un solo tipo de cubierta de techo (metálica, de teja, de barro, o prefabricado).	0	0	0	0	
		Combinación de diferentes tipos de cubierta de techo.	3	3	3	3	
	Estructura de Techo	No se logró observar/ No sabe	1	1	1	1	
		Fijación y unión de elementos estructurales de forma adecuada y en buen estado (soldadura, empasado, etc.).	0	0	0	0	
	Calidad y estado de materiales de la estructura de techo	Fijación y unión entre elementos de forma inadecuada.	3	3	3	3	
		No se logró observar/ No sabe	1	1	1	1	
		Estado óptimo y de conservación de la estructura principal.	0	0	0	0	
	Aleros	Estado regular, con algunas piezas dañadas.	2	2	2	2	
		Alto deterioro de elementos. Para el adobe: se ha realizado reemplazo de la estructura y cubierta de techo por una más liviana.	3	3	3	3	
Para sistema constructivo de Adobe y Taquizal. Aleros \geq 1.00 m.				0	0		
Suelos y cimentaciones	Tipo de suelo	Para sistema constructivo de Adobe y Taquizal. Aleros $<$ 1.00 m.			2	2	
		No hay aleros.			3	3	
		Firme	0	0	0	0	
	Pendiente del suelo	semicompato	2	2	2	2	
		Blendo	3	3	3	3	
		Con pendientes \leq del 15%	0	0	0	0	
	Cimientos	Con pendientes entre 15% y 20%	2	2	2	2	
		Pendientes $>$ del 20%	3	3	3	3	
		No se logró observar ningún tipo de daño.	0	0	0	0	
		Hay socavación del terreno y se ve parte de los cimientos expuestos.	Hay un posible asentamiento en algunos de los cimientos.	1	1	1	1
				0	0	0	0
				3	3	3	3

EVALUACIÓN NO ESTRUCTURAL

Componente	Sub componente	Criterios	Valor
Cielo Falso	Tipo de estructura	No tiene cielo falso, pasar al siguiente componente.	0
		Ligera (poliestireno, caña de castilla, PVC), bien fijada.	0
		Ligera (poliestireno, caña de castilla, PVC), mal fijada.	1
		Pesada (fibrocemento, gypsum, madera), bien fijada.	1
		Pesada (fibrocemento, gypsum, madera), mal fijada.	3
	Estado del material y estructura de soporte	Buen estado con todos sus elementos, no impide el funcionamiento de otros componentes.	0
		Regular estado con el 80% de sus elementos.	1
		Mal estado con elementos faltantes, se identifica humedad u otras patologías, impide el funcionamiento de otros componentes.	3

DESTINOS TURÍSTICOS RESILIENTES

Determinación del índice de vulnerabilidad ante sismos en viviendas.

Ficha de levantamiento				
	Fijación	Fijación adecuada.	0	
		Fijación que requiere algunos elementos a reforzar.	2	
		Fijación inadecuada, ventana caída o desubicada.	3	
	Verjas	No tiene verjas.	0	
		Bien adosado a la pared, en excelentes condiciones.	0	
		Mal adosado con daños, que puede desprenderse fácilmente.	3	
Sistema eléctrico	Estado de la red eléctrica	Buen estado, conexiones adecuadas, y correcto funcionamiento, apagadores y tomacorrientes con sus elementos completos.	0	
		Regular estado, cables adecuados, con correcto funcionamiento.	2	
		Mal estado con mal funcionamiento, apagadores y tomacorrientes sin protección, sistema de cableado de la red con muchas uniones.	3	
	Fijación y canalización	Fijación correcta, canalización adecuada de los cables eléctricos, no afectan elementos estructurales (no se rompiere paredes para la instalación de la red) u otros componentes.	0	
		Más del 60% de elementos fijados, la mayoría de las redes canalizadas.	2	
		No hay fijación ni canalización, o se hicieron cortes en las paredes para ubicar redes.	3	
	Panel Eléctrico	Panel accesible, protegido de golpes o humedad, funcionando adecuadamente con al menos los breakers necesarios y debidamente señalizados.	0	
		Panel poco accesible, funcionando inadecuadamente, breakers no señalizados.	2	
		No se encontró panel. Se utiliza una "Cuchilla".	3	
	Otras Redes o servicios (internet, TV cable, telefonía fija)	No aplica, si no cuenta con otras redes.	0	
		Red canalizada y fijada, equipo fijo.	0	
		Red fijada, equipo ubicado en un sitio adecuado.	2	
			Red no anclada, equipo sin fijar con posibilidad de caída.	3
	Sistema hidrosanitario	Sistema de distribución de agua potable	Todas las tuberías y accesorios en buen estado, funcionando al 100%, sin fugas. Las redes subterráneas y externas a la vivienda para reparaciones posteriores.	0
			Tuberías muy antiguas o deterioradas, con fugas, y accesorios en mal estado. Redes superficiales o expuestas.	3
Depósitos/ almacenamiento de agua		No cuenta con depósitos o tanques de almacenamiento.	0	
		Cuenta con un tanque de almacenamiento de agua, con su propia estructura, funcional y suplir la demanda del hogar o cuenta con berriles para el almacenamiento de agua. La ubicación de estos no obstruye la circulación.	1	
		Los tanques o berriles de almacenamiento están en mal estado y su ubicación obstruye la circulación o está ubicado sobre estructura de techo de la vivienda sin el adecuado reforzamiento.	3	
Sistema de distribución sanitario		Todas las tuberías y accesorios están en buen estado, no hay fugas.	0	
		Tuberías en regular estado, hay fugas visibles, solo requiere acciones correctivas.	2	
		Tuberías muy antiguas o deterioradas con fugas, y accesorios en mal estado.	3	
Drenaje pluvial (Bajantes y canales)		No tiene	0	
		Fijación y piezas en buen estado, funcionando adecuadamente y limpieza periódica.	0	
		Piezas en regular estado, fijación en la mayoría de los elementos.	2	
			Mal estado o piezas dañadas, poca fijación en los elementos, obstrucciones de piezas.	3
Letrina	No tiene letrina.	0		
	Retiros adecuados, buen estado y funcionamiento adecuado.	1		
	Respeto de los retiros mínimos, regular estado.	2		
		Retiros inadecuados, mal estado, funcionamiento inadecuado.	3	
Elementos no estructurales	Elementos decorativos (molduras, paneles decorativos en paredes, altos relieves en vanos)	No hay elementos decorativos.	0	
		Elementos en buen estado con piezas completas, buena fijación, su ubicación no afecta la circulación u otros componentes.	0	
		Parte de los elementos decorativos se ven desgastados, buena fijación y ubicación.	2	
		Los elementos decorativos tienen piezas faltantes y requiere reemplazo, fijación inadecuada y mal ubicado afectando la circulación y otros componentes.	3	
	Estado de cercas o muros perimetrales	No existen cercas o muros perimetrales.	0	
		Buen estado de acuerdo a normativa del sistema usado, elementos a plomo.	1	
		Mal estado, sin cumplimiento de normativa del sistema usado, elementos inclinados, puede ocasionar daños.	3	

DESTINOS TURÍSTICOS RESILIENTES

Determinación del índice de vulnerabilidad ante sismos en viviendas.

Ficha de levantamiento			
Otros elem			
Otros elem	Mobiliario y Equipo	No existen mobiliarios o equipos de grandes dimensiones.	0
		Si ubicación no afecta la circulación, si puede provocar daños, esta bien fijado a la estructura adecuada (metros resistentes o piso).	1
		La ubicación afecta la circulación y puede provocar daños, no está fijado a una estructura adecuada y contenido no asegurado. No se permite fijación de mobiliarios o equipos grandes en sistemas constructivos de adobe y taquezal.	3
EVALUACIÓN FUNCIONAL			
Componente	Sub componente	Criterios	Valor
Preparación del hogar	Conocimiento del Riesgo *	Conoce los riesgos a los que está expuesto y construyó obras de mitigación.	1
		Poco conocimiento de los riesgos a los que está expuesto sin embargo tiene algunas medidas de mitigación.	2
		No conoce los riesgos, no hay ninguna medida de mitigación.	3
	Ubicación de la vivienda	La vivienda esta alejada de laderas, rios, cauces, etc., respetando los retiros adecuados.	0
		La vivienda esta ubicada próxima a laderas, rios, cauces, etc., al límite de los retiros, pero construyó medidas de mitigación.	2
		La vivienda está ubicada a las orillas de laderas, rios, cauces, etc., sin respetar retiros, no existen medidas de mitigación.	3
	Plan de repuesta familiar*	Tienen un plan de repuesta familiar ante sismos y/o tsunamis en su vivienda, que conoce toda la familia. Definió su zona de seguridad, en un espacio adecuado.	0
		No existe un plan de repuesta familiar y no saben cómo actuar ante una emergencia. No cuenta con una zona de seguridad.	3
	Participación en simulacros*	Participa en los simulacros.	0
		No participan en los simulacros.	3
	Recursos Materiales*	Están preparados con una mochila de emergencia con: botiquín básico, radio, loco, silbato, reserva de comida, agua, documentos importantes y ropa, conocen los números de emergencia.	0
		Están preparados con algunos de los elementos de primera necesidad, y conocen los números de emergencia.	2
No están preparados con ninguno de los elementos de la mochila de emergencia y no conoce los números de emergencia.		3	
Mantenimiento *	Realiza acciones de mantenimiento preventivo a la vivienda.	0	
	No realiza acciones de mantenimiento preventivo, pero realiza acciones correctivas a los componentes de la vivienda.	2	
	No realiza ningún tipo de mantenimiento.	3	
Organización de la comunidad	Brigadas*	Conoce la organización de los COBAPRED o brigadas y participa de las actividades que ejecutan.	0
		No conoce de ningún tipo de organización de brigadas y no ha participado de ningún tipo de actividad.	3
	Zonas de seguridad (concentración)*	Conoce los puntos de encuentro y zonas de seguridad, hace uso de ellos.	0
		No conoce los puntos de encuentro y zonas de seguridad.	3
Rutas de evacuación*	Conoce la ruta de evacuación establecida hacia la zona de seguridad.	0	
	No conoce la ruta de evacuación hacia la zona de seguridad.	3	
Alarmas de emergencia*	La familia conoce el sonido de Alarma de emergencia y actúa al instante.	0	
	No conoce y tiene desconocimiento de la existencia de una alarma de emergencia.	3	
Accesibilidad	Accesibilidad externa	Conexión directa a una vía vehicular que permite el acceso eventualmente a vehículos de servicio y de emergencia, pasillo exterior de acceso sin cambios de nivel o con rampas de acceso y ancho libre de 1.00m.	0
		Conexión a una vía vehicular a menos de 150 metros que permite el acceso eventualmente a vehículos de servicio y de emergencia. Pasillo exterior con cambios de nivel y acceso con ancho menor a 1.00m.	2
		No hay conexión directa a una vía vehicular, impidiendo el acceso eventual a vehículos de servicio y de emergencia. No hay pasillo exterior de acceso. Existen obstáculos o elementos externos que pueden caer (árboles, postes, rótulos, etc.).	3
Pasillos internos de la vivienda	Ancho y alto mínimo libre de 0,90 m a 2,44 m desde el nivel de piso terminado.	0	
	Dimensión menor a ancho y alto mínimo libre a 0,90 m x 2,44 m o con obstáculos.	3	
Caresca o Espacio	Dimensiones de ambientes	Dimensión de acuerdo a normativa, cumple con un mínimo de 7m2 de construcción por habitante.	0
		Las dimensiones inadecuadas, hay menos de 7m2 de construcción por habitante.	3
Iluminación y ventilación	Iluminación y ventilación natural	Todo los ambientes cuentan con iluminación y ventilación natural.	0
		Más del 30% de los ambientes requieren de iluminación y ventilación artificial.	2
		Más del 50% de los ambientes requieren de iluminación y ventilación artificial.	3

Fuente: Tomado de Kit de instrumentos de evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura en destinos turísticos de Nicaragua

15.4. Anexo IV: Entrevistas firmadas