



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS
EXISTENTES DE ADOBE CON DOS PISOS EN LA CIUDAD DE
AYAVIRI**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. CRISTHIAN ALBERTO HUANCA CHAMBI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres Felix Genaro y Sabina Lucila por su sacrificio, esfuerzo y apoyo incondicional en conseguir mis objetivos.

De manera muy especial a mi hermano Yamel Anthony por su comprensión y su apoyo.

A todos mis familiares y amigos que contribuyeron en lograr este sueño en realidad.

Cristhian A. Huanca



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado fuerza y valor; y así permitirme a llegar a cumplir
esta meta en mi vida profesional.

A mis Padres por la confianza y el apoyo en estos años de estudio y haber
contribuido en cumplir mis objetivos.

Al Ing. Jaime Medina Leiva por los consejos brindados como director de
tesis durante el proceso de planteamiento y ejecución de la presente
investigación.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por la
enseñanza y valores en mi formación profesional

A mis compañeros de salón que estuvieron ahí en los buenos y malos
momentos.

Cristhian A. Huanca



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN12

ABSTRACT.....13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....14

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA17

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN17

1.3.1. Hipótesis general.....17

1.3.2. Hipótesis específicas17

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO17

1.4.1. Justificación práctica.....17

1.4.2. Justificación teórica.....18

1.4.3. Justificación Metodológica.....20

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN20

1.5.1. Objetivo general.....20

1.5.2. Objetivo específicos.....20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEORICO21

2.1.1. Antecedentes.....21

2.1.1.1. Antecedentes Internacionales.....22

2.1.1.2. Antecedentes Nacionales.....23

2.1.1.3. Antecedentes Locales.....26

2.1.2. Antecedentes sísmicos.....27

2.2. MARCO CONCEPTUAL31

2.2.1. Definición de palabras claves.....31



2.2.2. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe.	34
2.2.3. Criterios estructurales y recomendaciones para edificaciones de adobe.....	39
2.2.4. Estimación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe.	44
2.2.5. Análisis estructural de viviendas de adobe.....	47

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	62
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	63
3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL ESTUDIADO.....	63
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.	63
3.4.1. Población.	63
3.4.2. Muestra.	64
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	65
3.6. PROCEDIMIENTO	66
3.6.1. Procedimiento desarrollado.	66
3.6.2. Evaluación cualitativa típica de las viviendas existentes en Ayaviri.	67
3.6.2.1. Materiales utilizados para las construcciones.	67
3.6.2.2. Características de las viviendas típicas.	75
3.6.2.3. Suelos.....	76
3.6.2.4. Topografía.....	76
3.6.3. Análisis Estructural.	77
3.6.3.1. Descripción del proyecto.....	77
3.6.3.2. Propiedades de los materiales utilizados.....	78
3.6.3.3. Cargas unitarias	78
3.6.3.4. Esquema de muros.....	78
3.6.3.5. Verificación de la densidad de muros.....	80
3.6.3.6. Verificación de los muros por carga vertical	84
3.6.3.7. Peso total de la edificación.....	86
3.6.3.8. Calculo de la fuerza cortante basal.	86
3.6.3.9. Calculo de las fuerzas inerciales y cortantes por piso.	88
3.6.3.10. Distribución de la fuerza cortante de piso en cada muro según su rigidez.	89
3.7. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	99



CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	100
4.1.1. Determinación del grado de vulnerabilidad de las viviendas.	113
4.1.2. Análisis de resultados de evaluación estructural.	117
4.1.2.1. Verificación de densidad de muros.....	117
4.1.2.2. Verificación por carga vertical	118
4.1.2.3. Control de Fisuras.....	119
4.1.2.4. Verificación de la resistencia al corte de la vivienda	120
4.1.3. Diagnostico	120
4.1.4. Medidas de prevención.....	121
4.2. DISCUSIÓN.....	125
V. CONCLUSIONES	127
VI. RECOMENDACIONES	128
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
ANEXOS.....	133

TEMA: Vulnerabilidad sísmica en viviendas existentes de adobe con dos pisos.

AREA: Estructuras.

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Análisis y diseño estructural.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 04/08/2020



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona sísmica (Norma E.030).....	15
Figura 2: Perú: viviendas particulares con ocupantes presentes, por material predominante en las paredes exteriores, según departamento, departamento de Puno (Censo INEI 2017)	16
Figura 3: Relaciones de daños e intensidades sísmicas para construcciones con diferentes tipos de materiales (Kuroiwa, 2002)	35
Figura 4: Esquema de esfuerzos en el muro (Torrealva, 2007).....	37
Figura 5: Arriostre aportado por el techo a los muros portante (Torrealva, 2007).....	38
Figura 6: Esquema de esfuerzo en el muro (Torrealva, 2007).	38
Figura 7: Tipos de fallas en muros de adobe debido a cargas en su plano (Torrealva, 2007).....	39
Figura 8: Proceso de formar bolitas con tierra (Norma E.080).	40
Figura 9: Presionar las bolitas secas (Norma E.080).	41
Figura 10: Cargas en un muro de adobe (Zelaya, 2007)	47
Figura 11: Determinación de la rigidez de un muro de albañilería (Abanto, 2016)	50
Figura 12: Toma de medidas para el cálculo de K (Abanto, 2016)	51
Figura 13: Distribución de “V” en altura (Abanto, 2016).....	59
Figura 14: Distribución de V_n en muros proporcional a su rigidez lateral (Abanto, 2016).....	60
Figura 15: Ubicación de Puno y provincia de Melgar (Google imágenes).	62
Figura 16: Ubicación de la ciudad de Ayaviri (Google imágenes).....	62
Figura 17: Vista de la ciudad de Ayaviri (Google Maps).	63
Figura 18: Adobe artesanal de Ayaviri (elaborado por el equipo de trabajo).	68
Figura 19: Vivienda de dos pisos donde se puede observar el sobrecimiento (elaborado por el equipo de trabajo).....	70
Figura 20: Distribución del asentado de adobe de cabeza en muros (elaborado por el equipo de trabajo).....	71
Figura 21: Vista de las medidas de las puertas y vanos en las viviendas (elaborado por el equipo de trabajo).....	72
Figura 22: Vista del espaciamiento de los rollizos en el entrepiso (elaborado por el equipo de trabajo).....	73
Figura 23: Techo representativo a dos aguas (elaborado por el equipo de trabajo).	74



Figura 24: Techo representativa a una sola agua (elaborado por el equipo de trabajo).	74
Figura 25: Vista de parte interior de la vivienda (elaborado por el equipo de trabajo).	77
Figura 26: Vista de la parte exterior de la vivienda (elaborado por el equipo de trabajo).	77
Figura 27: Muros portantes primero nivel (elaborado por el equipo de trabajo).....	79
Figura 28: Muros portantes segundo nivel (elaborado por el equipo de trabajo).....	80
Figura 29: Porcentaje de material predominante de la edificación (elaborado por el equipo de trabajo).....	102
Figura 30: Porcentaje según la participación de un profesional en la materia (elaborado por el equipo de trabajo).....	103
Figura 31: Porcentaje según antigüedad de la edificación (elaborado por el equipo de trabajo).....	104
Figura 32: Porcentaje según tipo de suelo (elaborado por el equipo de trabajo).....	105
Figura 33: Porcentaje según topografía del terreno (elaborado por el equipo de trabajo).	106
Figura 34: Porcentaje según grietas y fisuras (elaborado por el equipo de trabajo)....	107
Figura 35: Porcentaje según configuración en planta (elaborado por el equipo de trabajo).....	108
Figura 36: Porcentaje según configuración geométrica en elevación (elaborado por el equipo de trabajo).....	109
Figura 37: Porcentaje según juntas de dilatación sísmica (elaborado por el equipo de trabajo).....	110
Figura 38: Porcentaje según concentración de masas de nivel (elaborado por el equipo de trabajo).....	111
Figura 39: Porcentaje según principales elementos estructurales se observa (elaborado por el equipo de trabajo).....	112
Figura 40: Porcentaje según factores que inciden en la vulnerabilidad (elaborado por el equipo de trabajo).....	113
Figura 41: Refuerzo con chavetas (Velarde, 2014)	122
Figura 42: Viga Collar CSK de madera y uniones metálicas (Kuroiwa, 2002)	123
Figura 43: Detalle A: Unión metálica exterior (Kuroiwa, 2002).....	124
Figura 44: Detalle B: Refuerzo metálico interior (kuroiwa, 2002).....	124
Figura 45: Detalle C: Pasador metálico (kuroiwa, 2002).....	125



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de peligro y vulnerabilidad	25
Tabla 2: Nivel, descripción y valor de la vulnerabilidad.....	46
Tabla 3: Factores de zona “Z”	53
Tabla 4: Categoría de las edificaciones	54
Tabla 5: Factor de Suelo “S”	56
Tabla 6: Periodos” TP ” y ” TL ” (Norma E.030).....	57
Tabla 7: Coeficiente Básico de reducción	58
Tabla 8: Puntuación Z	65
Tabla 9: Requerimientos de refuerzo según Norma E.080.....	76
Tabla 10: Densidad de muros en dirección “X” – primer piso.....	82
Tabla 11: Densidad de muros en dirección “Y” – primer piso.....	82
Tabla 12: Factor de uso y densidad según tipo de edificación	83
Tabla 13: Verificación por carga vertical – Dirección “X” – Primer Piso.....	85
Tabla 14: Verificación por carga vertical – Dirección “Y” – Primer Piso.....	85
Tabla 15: Especificación de datos.....	86
Tabla 16: Calculo del piso total del edificio “P”	86
Tabla 17: Valor de datos necesarios.....	87
Tabla 18: Calculo de la fuerza cortante basal “V.....	88
Tabla 19: Calculo de las fuerzas inerciales (F_i) – sismo moderado.....	88
Tabla 20: Datos geométricos de muros - Piso 1	89
Tabla 21: Datos geométricos de muros - Piso 2	90
Tabla 22: Rigidez en la dirección “X” - Piso 1.....	90
Tabla 23: Rigidez en la dirección “X” - Piso 2.....	91
Tabla 24: Rigidez en la dirección “Y” - Piso 1.....	91
Tabla 25: Rigidez en la dirección “Y” - Piso 2.....	92
Tabla 26: Calculo de cortantes de traslación en la dirección “X” V_{tras} - Piso 1	93
Tabla 27: Calculo de cortantes de traslación en la dirección “X” V_{tras} - Piso 2.....	93
Tabla 28: Calculo de cortantes de traslación en la dirección “Y” V_{tras} - Piso 1	94
Tabla 29: Calculo de cortantes de traslación en la dirección “Y” V_{tras} - Piso 2.....	94
Tabla 30: Diseño de muros – Dirección “X” – Piso 1	96



Tabla 31: Diseño de muros – Dirección “Y” – Piso 1	97
Tabla 32: Dimensiones relevantes de las edificaciones	100
Tabla 33: Nivel de vulnerabilidad según el tipo de material de la edificación.....	102
Tabla 34: Nivel de vulnerabilidad según la participación de un profesional en la	103
Tabla 35: Nivel de vulnerabilidad según la antigüedad de la edificación.....	104
Tabla 36: Nivel de vulnerabilidad según el tipo de suelo	105
Tabla 37: Nivel de vulnerabilidad según la topografía del terreno donde se encuentra la vivienda	106
Tabla 38: Nivel de vulnerabilidad según las grietas y fisuras	107
Tabla 39: Nivel de Vulnerabilidad según la configuración geométrica en planta.....	108
Tabla 40: Nivel de vulnerabilidad según la configuración geométrica en elevación ..	109
Tabla 41: Nivel de vulnerabilidad según las juntas de dilatación sísmica	110
Tabla 42: Nivel de vulnerabilidad según la concentración de masa	111
Tabla 43: Nivel de vulnerabilidad según los principales elementos estructurales.....	112
Tabla 44: Nivel de vulnerabilidad según los factores que indican en la vulnerabilidad	113
Tabla 45: Calificación del nivel de vulnerabilidad de la vivienda ().	114
Tabla 46: Resumen de la calificación del nivel de vulnerabilidad para cada vivienda	115
Tabla 47: Nivel de vulnerabilidad de las viviendas	116
Tabla 48: Verificación de densidad de muros	117
Tabla 49: Verificación de densidad de muros	117
Tabla 50: Verificación por carga vertical.....	118
Tabla 51: Control de fisuras (elaborado por el equipo de trabajo).	119
Tabla 52: Verificación de la resistencia al corte de la vivienda (elaborado por el equipo de trabajo).....	120



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento)

INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil)

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática)

AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica)

V_{adm} (Esfuerzo admisible)

R_d (Factor de reducción)

V_{act} (Esfuerzo cortante actuante)

f'_m (Esfuerzo de rotura a la compresión del prisma estándar)

f_m (Esfuerzo admisible del muro)

VB (Vulnerabilidad baja)

VM (Vulnerabilidad media)

VA (Vulnerabilidad alta)

VMA (Vulnerabilidad muy alta)

EERI (Earthquake Engineering Research Institute,)

M_w (Escala de Mercalli)

RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones)



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas existentes típicas de adobe de dos pisos en la ciudad de Ayaviri, con la finalidad de diagnosticar su estado actual y fomentar una cultura de prevención de desastres, con medidas preventivas para disminuir el nivel de daños humanos y/o materiales, ante la ocurrencia de un evento sísmico. El desarrollo de la investigación consiste de un trabajo de evaluación en campo de las viviendas de adobe de dos pisos para determinar la tipología arquitectónica y características estructurales de 30 viviendas, muestra de la población encontrada en la ciudad de Ayaviri, Provincia de Melgar, Departamento de Puno, mediante la técnica de investigación de recolección de datos descritos por las fichas: FICHA DE CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS EDIFICACIONES, CRITERIOS DE CONFIGURACION SEGÚN NORMA E.080, CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA (INDECI) en los meses de setiembre y octubre del año 2019, donde se pudo determinar que el 73% de las viviendas poseen un nivel de vulnerabilidad alto y el 27% un nivel de vulnerabilidad muy alto. Seguidamente se ha realizado la evaluación estructural donde se ha podido verificar la densidad de los muros, verificación por carga vertical y verificación por carga horizontal, en base a los resultados obtenidos ante una exposición de un sismo moderado o severo las estructuras estudiadas puedan sufrir daños en los componentes estructurales y hasta el colapso de las viviendas. Siendo conscientes del alto grado de vulnerabilidad que presentan las viviendas tenemos que implementar la ejecución de técnicas de reforzamiento estructural económicos para viviendas de adobe de dos niveles para poder reducir el riesgo de colapso.

Palabras Clave: Vulnerabilidad, sismo, adobe, vivienda.



ABSTRACT

This research aims to determine the level of seismic vulnerability of the typical two-story adobe houses in Ayaviri city, with the purpose of diagnosing their current state and promoting a culture of disaster prevention, with preventive measures to decrease the level of human and / or material damage on the occurrence of a seismic event. The development of the research consists of a field work evaluation of two-story adobe houses to determine the architectural typology and structural characteristics of 30 houses, a sample found in Ayaviri city, Melgar province, Puno region, by means of the research technique of data collection from the files: TECHNICAL CHARACTERIZATION FORM OF BUILDINGS, CONFIGURATION CRITERIA ACCORDING TO STANDARD E.080, CHARACTERISTICS OF HOUSING CONSTRUCTION (INDECI) in the months of September and October of the year 2019, where it could be determined that 73% of the affected houses have a high vulnerability level and 27% a very high vulnerability level. Subsequently, the structural evaluation was carried out, where it was possible to verify the density of the walls, verification by vertical load and verification by horizontal load, based on the results obtained when exposed to a moderate or severe earthquake, the structures studied may suffer damage to the structural components and even the collapse of the houses. Being aware of the high level of vulnerability that houses present, we have to implement the execution of economic structural reinforcement techniques for two-story adobe houses in order to reduce the risk of collapse.

Keywords: Vulnerability, earthquake, adobe, house.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el paso de los años la población peruana ha ido creciendo; en periodo intercensal 2007 – 2017, la población total del país se incrementó en 3 millones 16 mil 621 habitantes, equivalente a un 10.7% respecto a la población total en el año 2007; el crecimiento anual de la población peruana es alrededor del 1.1 %, lo que origina el incremento en la demanda de viviendas que se construyen cada año, las nuevas viviendas se ha venido construyendo de diversos materiales; en zonas rurales ha predominado el adobe como material principal (Perfil Sociodemográfico - INEI, 2017).

En el Perú, el segundo material más usado para la construcción de viviendas es el adobe o tapial, que representa el 27.9 % de las viviendas particulares existentes en el Perú (Perfil Sociodemográfico - INEI, 2017)

Las viviendas construidas con material de adobe sin refuerzo son vulnerables a los sismos debido a su gran masa, deficientes conexiones y falta de continuidad de muros; esta es una solución por la que la mayoría de los pobladores de zonas rurales han optado en construir en la última década, esta situación se agrava en caso de viviendas de adobe de dos pisos.

Teniendo en cuenta que las viviendas de adobe de dos pisos son una realidad en nuestro país, se decide analizar estas viviendas en la ciudad de Ayaviri que según el mapa de Zonas sísmicas se encuentra en la zona 2 y límite con la zona 3 como se ve en la Fig. 1.; para determinar su vulnerabilidad y riesgo de colapso ante una eventualidad sísmica (Norma E.030 Diseño sismoresistente).



Figura 1: Zona sísmica (Norma E.030).

En las regiones rurales y en la sierra en general, la construcción con adobe es predominante por dos motivos fundamentales; sus propiedades térmicas logran mantener la vivienda cálida en zonas frías y también el bajo costo del material, pues la tierra está al alcance del poblador.

En la región de Puno podemos apreciar la predominancia del adobe en un 59 % (Fig. 2). Además, en estas zonas no se siguen los criterios estructurales propuestos por la Norma técnica E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada que comprende la construcción de viviendas con adobe. (Perfil Sociodemográfico - INEI, 2017)

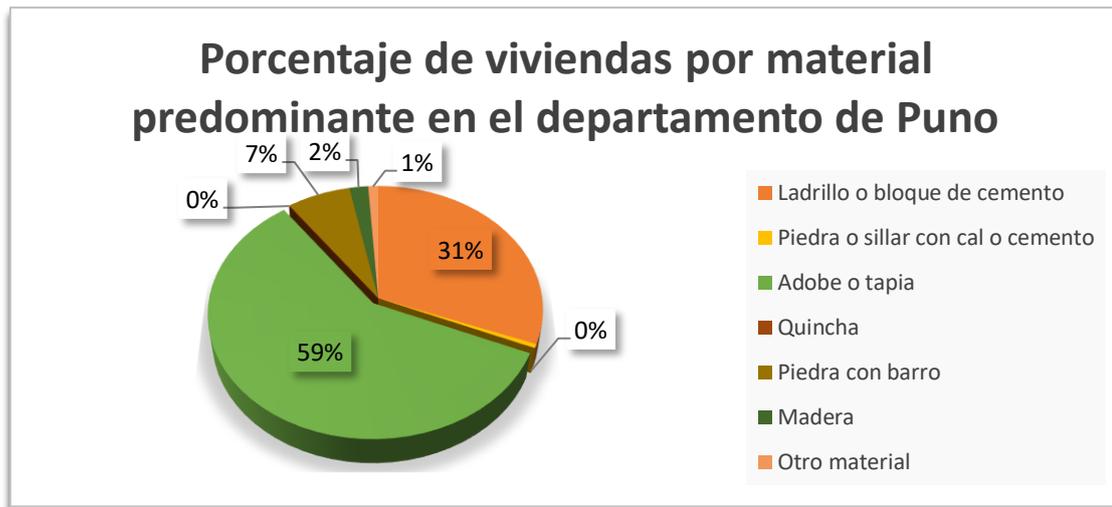


Figura 2: Perú: viviendas particulares con ocupantes presentes, por material predominante en las paredes exteriores, según departamento, departamento de Puno (Censo INEI 2017)

La Norma técnica de Diseño y Construcción con Tierra Reforzada E.080 no contempla viviendas de dos pisos de adobe (solo indica limitaciones de construcción de acuerdo a la zona sísmica y una consideración en caso de utilizar mallas de sogas sintéticas), ni tampoco construcciones existentes. Siendo una realidad en nuestro país, debemos de hacerles frente y plantearles una solución (E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada)

La autoconstrucción en nuestro país es muy común y los pobladores construyen de acuerdo a sus conocimientos empíricos y especialmente en la población con recursos económicos limitados.

Las viviendas informales tienen deficiencias estructurales, arquitectónicas y constructivas. Por tanto, es necesario el desarrollo de un procedimiento que permita evaluar y diagnosticar la vulnerabilidad de las viviendas, para luego proponer un sistema de estabilización que cumpla con el propósito de evitar el colapso ante sismos.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe de dos pisos en la ciudad de Ayaviri?

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis general

Por el estado actual de las viviendas de adobe existentes de dos pisos en la ciudad de Ayaviri estas presentan un alto grado colapso.

1.3.2 Hipótesis específicas

- ✚ El estado actual de las viviendas de adobe existentes de dos pisos en la ciudad de Ayaviri presentan un riesgo alto de colapso.
- ✚ Las viviendas de adobe existentes de dos pisos no cumplen con las verificaciones estandarizadas al simular la fuerza de un sismo moderado.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas de adobe de dos pisos en la ciudad de Ayaviri.

La importancia de la investigación radica en la investigación de posibles problemas de ubicación, estructurales y constructivos de las viviendas, y conocer que factores inducen a ellos.

1.4.1 Justificación práctica.

Las viviendas de adobe de dos pisos existentes en la ciudad de Ayaviri tienen una antigüedad promedio de 30 años. Es posible que durante un sismo severo (aceleración



sísmica de 0.4g) estas colapsen, ocasionando daños materiales y pérdida de vidas. Para lo cual se necesita describir y explicar las fallas que se producen y predecir su comportamiento ante un sismo. Para ello es necesario determinar el grado de vulnerabilidad sísmica.

1.4.2 Justificación teórica

Con el objetivo de determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe de dos niveles, se evaluará una serie de aspectos.

La Norma técnica E.030 plantea lo siguiente:

1. La filosofía del diseño sismo resistente consiste en:

- a) Evitar pérdidas de vidas humanas.
- b) Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c) minimizar los daños a la propiedad.

2. Principios del diseño sismo resistente.

- a) La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.
- b) La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

3. El comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones (NTE-030)

- Simetría, tanto en la distribución de masas con las rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.



- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada.
- Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad.
- Deformación limitada.
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa

La Norma técnica E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada no contempla viviendas de dos pisos, ni tampoco construcciones existentes. Siendo estas viviendas una realidad en el país.



1.4.3 Justificación Metodológica.

Para la determinación del nivel de vulnerabilidad sísmica existen diferentes tipos de metodologías, sin embargo, estas se aplican en diferentes sistemas estructurales. En la presente investigación se adaptará la metodología planteada en la tesis: “Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima, 2002” de la Universidad Católica de Lima, la cual es usada para estimar el nivel de vulnerabilidad según diseños arquitectónicos y esfuerzos del adobe, con la aplicación de fichas de reporte.

Se adaptará la metodología a usarse con la Norma Técnica E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo general.

Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica en las viviendas de adobe de dos pisos en la ciudad de Ayaviri

1.5.2 Objetivo específicos.

1. Diagnosticar el estado actual de las viviendas de adobe de dos pisos.
2. Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica con la norma técnica E.080 en las viviendas de adobe existentes de dos niveles en la ciudad de Ayaviri.
3. Evaluar la estabilidad estructural de los muros.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1. Antecedentes

La construcción con adobe en el Perú se remonta a épocas prehispánicas, el adobe es el material más empleado en la actualidad en zonas altas del departamento de Puno, se cuenta con información técnica producida por varios centros de investigación en el Perú. Sin embargo, esta información no es suficiente para resolver todas las variables en lo que respecta a viviendas de adobe. Parte de la información recabada nos servirá para analizar las viviendas de dos pisos en el desarrollo de esta investigación (Velarde, 2014).

En zonas urbanas y rurales del departamento de Puno, la autoconstrucción es la respuesta más extendida de la gente de escasos recursos económicos para adquirir una vivienda.

La construcción de viviendas de adobe conforma un sistema constructivo de bajo costo, ya que la materia prima principal, la tierra, es obtenida localmente en canteras cercanas. Del mismo modo, la mano de obra para su construcción se conforma por los mismos pobladores y dueños de la vivienda. Otra particularidad del adobe es su propiedad térmica, que se caracteriza por su lentitud para calentarse y enfriarse. Esto es, las viviendas de adobe resultan cálidas durante las noches debido a que es ese periodo los muros van restituyendo por radiación el calor acumulado durante el día; inversamente permanecen frescas durante el día, periodo en el cual los muros almacenan calor (Velarde, 2004). El problema surge cuando en la construcción de las viviendas de adobe de dos



pisos principalmente, no se toman en cuenta criterios estructurales necesarios para asegurar su estabilidad ante los movimientos sísmicos (Velarde, 2014).

La vulnerabilidad sísmica es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones realizadas por el hombre durante un sismo. Esta refleja la falta de resistencia y estabilidad de una edificación frente a los sismos (Bommer, 1998) y depende de las características del diseño de la edificación, de los materiales, su calidad y de la técnica de construcción.

El peligro sísmico es la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo definido. El peligro también puede incluir otros efectos que el mismo sismo genera, como derrumbes en laderas y licuefacción de suelos (Bommer, 1998).

El riesgo sísmico es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Barbat, 1998) también el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como: $Riesgo = f(\text{vulnerabilidad})$ (Kuroiwa, 2002) (Fourier, 1988). Esta evaluación de riesgo se debe realizar en forma individual para cada estructura.

2.1.1.1. Antecedentes Internacionales.

Maldonado y Chao (2009) estudiaron el comportamiento ante sismo de las edificaciones de adobe a partir de funciones de vulnerabilidad. Las funciones relacionan un índice de vulnerabilidad con un índice de daño. El índice de vulnerabilidad se definió a partir de la opinión de expertos. La estimación del daño se elaboró a través de la relación demanda-capacidad. Posteriormente con los valores de índice de vulnerabilidad y valores de relación demanda-capacidad según diferentes eventos sísmicos se establecieron relaciones de vulnerabilidad-estado de daño para diferentes eventos sísmicos.



Los resultados de la muestra evidencian que las estructuras de adobe y tapial son vulnerables a los efectos sísmicos. Ante aceleraciones de 0.05g los resultados dejan ver que las edificaciones alcanzan daños estructurales severos, llegando incluso al colapso.

La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil no dúctil ante sollicitaciones sísmicas. En el momento de un sismo severo, debido a su gran peso, estas estructuras pueden alcanzar niveles elevados de fuerza sísmica, que son incapaces de resistir, y por ello fallan violentamente.

2.1.1.2. Antecedentes Nacionales.

Velarde (2014) concluye que las viviendas de Canta son vulnerables por que los muros del segundo nivel sufren mayores aceleraciones y no están preparados para recibir esfuerzos y desplazamientos en un sismo severo, la debilidad de las conexiones entre muros es grande ya que el techo no funciona como diafragma y estas uniones se encuentran agrietadas.

La falla por volteo en segundos pisos es una falla potencial debido a que con un mínimo agrietamiento los muros se encuentran en vibración independiente y al no estar unidos entre ellos presentan grandes posibilidades de caer y destruir la vivienda en un sismo severo.

Para mejorar el comportamiento de estos muros longitudinales de segundo nivel se debe mejorar la estabilidad de estos mediante la reducción del desplazamiento lateral y la unión de ellos, de esta forma se mejorará notablemente su comportamiento en un sismo severo. Un refuerzo de unión en la parte superior de los muros es una solución económica y factible en la zona rural de Canta.



Sánchez (2014) realizó la estimación de riesgo del sector Sargento Lores, provincia y distrito de Jaén, con la finalidad de contribuir a reducir los efectos de un sismo, a través de la identificación del peligro y el análisis de la vulnerabilidad.

El procedimiento empleado para estimar el riesgo fue en primer lugar identificar el peligro con la ayuda de la guía de observación y en segundo lugar el análisis de la vulnerabilidad mediante la aplicación de la ficha de verificación de INDECI para determinar la vulnerabilidad de las viviendas de adobe, para lo que se tuvo que determinar la pendiente del terreno y hacer una inspección visual interna y externamente de cada vivienda. Luego se realizó un análisis estadístico en Excel para procesar la información recolectada, y realizar una evaluación conjunta para calcular el Riesgo. Se utilizó el criterio descriptivo, basado en el uso de una matriz de doble entrada “Matriz de peligro y vulnerabilidad”. Para tal efecto, se necesitó que previamente se hayan determinado los niveles de probabilidad (porcentaje) de ocurrencia del peligro identificado y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente.

Con ambos porcentajes, se interrelaciona, por un lado (vertical), el valor y nivel estimado del peligro; y por otro (Horizontal) el nivel de vulnerabilidad, en la intersección de ambos valores se pudo estimar el nivel de riesgo esperado.

Tabla 1: Matriz de peligro y vulnerabilidad

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta
Fuente: INDECI 2006				
Riesgo Bajo (< de 25%)				
Riesgo Medio (26% al 50%)				
Riesgo Alto (51% al 75%)				
Riesgo Muy Alto (76% al 100%)				

FUENTE: INDECI, 2006

Los resultados de la investigación arrojaron que el 66.67% de las viviendas presentan un nivel de peligro bajo y el 33.33% un nivel de peligro medio y que el 100% de las viviendas poseen un nivel de vulnerabilidad muy alta, lo cual es alarmante. Finalmente se tiene que las viviendas evaluadas tienen un riesgo alto que oscila entre el 51% al 75% de sufrir daños ante un sismo.

Delgado (2006) en su investigación menciona que la albañilería simple es resistente a cargas verticales, pero cuando se trata de cargas laterales, como viento o sismo que originan esfuerzos de tracción, entonces su resistencia es mínima, para superar esta ineficiencia es necesario reforzar a la albañilería simple; La albañilería confinada nace de reforzar la albañilería simple en todo su perímetro con elementos de concreto armado, llamados confinamientos, los cuales se construyen una vez asentado el muro, para así tratar de garantizar un comportamiento monolítico entre ambos materiales estructurales.



Siendo el resultado capaz de trabajar satisfactoriamente al ser sometido a carga vertical y horizontal que producen esfuerzos de compresión, tracción y corte.

Quispe y Rondón (2012) en su investigación para el análisis de flexión concluyeron que necesariamente se debe utilizar un refuerzo que soporte los momentos en los muros generados por el sismo, dado que el adobe es un material frágil que no resiste tracciones. Por lo tanto, se decidió reforzar con geomalla, y realizar el análisis una vez más. De los resultados de este último análisis se obtuvieron momentos actuantes mayores a los que puede soportar la geomalla ($M_r = 4.12 \text{ KN.m /ml}$); por esta razón se utilizó contrafuertes los cuales redujeron los momentos generados en los muros, siendo el máximo 3.10 KN.m /ml . En consecuencia, los muros deberán tener los vanos reducidos, reforzados con geomalla y con contrafuertes, de esta manera se verifica que el corte y flexión generados por el sismo sean soportados por el sistema geomalla-adobe.

2.1.1.3. Antecedentes Locales.

Quispe (2017) luego de la evaluación realizada, la resistencia a la compresión simple del adobe alcanza solo el 51.00% respecto a la resistencia estándar de la Norma Técnica E-080 Adobe, que recomienda un esfuerzo mínimo de 12 kg/cm^2 de resistencia a la compresión; la resistencia de muros a tracción por flexión, alcanza solo 54.93% respecto de a la resistencia estándar de la Norma Técnica E-080 Adobe, que recomienda un esfuerzo mínimo de 1.42 kg/cm^2 de resistencia a la Flexión.

El análisis granulométrico de las unidades de adobe que presenta la estructura son de: gravas 33.30%, arenas 34.37% y finos 32.33%, de acuerdo a la Norma Técnica E-080 Adobe del RNE, la gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10 – 20%, limo 15 – 25%, arena 55 – 70%, de esto se concluye que los resultados



granulométricos no se encuentra dentro del rango de los requisitos generales que indica la norma técnica.

De acuerdo al estudio realizado se propone el refuerzo estructural que se resume en lo siguiente: refuerzo con viga collar de madera externa, refuerzo con llaves de madera en esquinas, reconstrucción de los muros de adobe y construcción de contrafuertes, el modelo idealizado con estos refuerzos permite evidenciar un mejor desempeño sísmico que el modelo sin refuerzo, esto porque disminuyeron los desplazamientos de los muros y hubo una menor aparición y propagación de fisuras.

2.1.2. Antecedentes sísmicos.

Tavera (2008) indica que el Perú es uno de los países con mayor actividad sísmica en el mundo debido a que se encuentra en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico. Su actividad sísmica es debida a la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, con una velocidad de 8 a 10 cm al año y es considerada una de las más rápidas del mundo.

Un segundo tipo de sismicidad es la producida por las deformaciones corticales, presentes sobre la Cordillera Andina y a lo largo de la zona denominada Sub-andina. Los sismos históricos que también produjeron daños en el departamento de Puno se detallan a continuación:

- ✓ **1650:** Mayo 31 a 14h, ocurrió un terremoto de magnitud 7.2 que produjo derrumbes en todos los templos del Cusco y Andahuaylas. Intensidad máxima en el Cusco de VIII (MM) y del orden de V en Puno.
- ✓ **1928:** Abril 9 a 12h 30 min (hora Local). Terremoto de magnitud 6.9 produce en Carabaya - Puno (al NE de la ciudad de Puno, límite con Madre de Dios) gran



- destrucción de viviendas/iglesias y las viviendas que no fueron destruidas quedaron inhabitables. Las localidades de Ituata y Macusani con severos daños.
- ✓ **1952:** 26 de Febrero, Movimiento sísmico de magnitud 7,5 en la escala de Richter a las 06:31 horas afectó Coasa y Macusani en Puno.
 - ✓ **1958:** 15 de Enero, A las 14:14:29 horas terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Alcanzó una intensidad del grado VII en la Escala Modificada de Mercalli, siendo la zona más afectada entre Camaná y Atico. El movimiento fue sentido de Chincha a Tarapacá en Chile, por el este en Cusco, Puno y otras localidades del Altiplano.
 - ✓ **2001:** En la frontera de Puno con Arequipa, se nota la presencia de un alineamiento de sismos debido probablemente a una pequeña falla presente cerca de la localidad de Santa Lucía y que fuera reactivada con el sismo de Arequipa del 2001 con un sismo de magnitud $ML=5.0$ (29 de Junio 2001; 22h 33 min HL) La intensidad evaluada en la ciudad de Puno e Ilave fue de IV (MM), en Juliaca y Ayaviri de III (MM).
 - ✓ **5 de mayo 2010:** El epicentro se produjo Al Oeste de Tacna, en el mar, Perú, las zonas afectadas fueron el Sur del Perú, Norte de Chile y Bolivia habiendo ocasionado 17 heridos registrados, daños materiales, derrumbes y postes caídos en Tacna, se dañaron algunas viviendas en Moquegua, causando 02 heridos.
 - ✓ **14 de mayo 2012:** El epicentro se produjo 31 km al suroeste de Tarata; las zonas afectadas fueron el Sur del Perú habiendo ocasionado Corte de fluido eléctrico. Sentido fuerte (V) en Tacna, IV en Moquegua III en Arequipa II en Puno, y Chucuito. Se evidenció asentamiento de suelos en la zona de Pocollay. Resultaron afectadas 106 viviendas, y 11 heridos; Se registró una intensidad de 6.3 Mw.



- ✓ **01 de abril 2014:** El epicentro se produjo 83 kilómetros al noroeste de Iquique, Chile; las zonas afectadas fueron Sur del Perú, norte de Chile y Bolivia; 9 heridos hospitalizados, y 18 leves; varias edificaciones antiguas de adobe colapsados en Tacna, Tarata y Moquegua. Cortes de luz y de telecomunicaciones en Arequipa, Moquegua y Tacna. Aparecieron grietas en las viviendas de Desaguadero (Puno), causó susto en Juliaca. Sentido muy fuerte y prolongado en Tacna (V), Moquegua, Ilo (IV-V), Arequipa y Desaguadero (IV), asimismo sentido con grado III-IV en Juliaca y Puno, III en Sicuani, Chala, II en Ica, Cuzco y Puerto Maldonado, se registró una intensidad de 8.2 Mw.
- ✓ **01 de diciembre del 2016:** ocurre un sismo de magnitud moderada (6.0ML) en la región centro sur del Perú, con epicentro a 60km al Este de la localidad de Lampa, con una profundidad de 10 km y su área de radio del orden de 250km, siendo su mayor intensidad entorno a las ciudades de Ocuvi, Santa Lucia, Lampa, Paratia, Vilavila, Cabanillas y Condoroma.
- ✓ **09 de enero 2019 hora local 09:21:54:** Se suscitó en el distrito Condoroma, departamento de Arequipa frontera con la provincia de Lampa, con una profundidad de 12 km y una magnitud de 4.
- ✓ **09 de enero 2019 hora local 09:29:37:** Se suscitó en el distrito Ocuvi, provincia de Lampa, con una profundidad de 15 km y una magnitud de 3.6.
- ✓ **09 de enero 2019 hora local 10:03:21:** Se suscitó en el distrito Ocuvi, provincia de Lampa, con una profundidad de 14 km y una magnitud de 3.3.
- ✓ **09 de enero 2019 hora local 17:47:09:** Se suscitó en el distrito Ocuvi, provincia de Lampa, con una profundidad de 16 km y una magnitud de 3.3.
- ✓ **07 de enero 2019 hora local 17:55:15:** Se suscitó en el distrito Ocuvi, provincia de Lampa, con una profundidad de 17 km y una magnitud de 3.3.



- ✓ **07 de enero 2019 hora local 18:13:58:** Se suscitó en el distrito Ocuvi, provincia de Lampa, con una profundidad de 23 km y una magnitud de 3.8.
- ✓ **09 de febrero 2019 hora local 15:16:21:** Se suscitó en el distrito de Ocuvi, Provincia de Lampa frontera con la provincia de Melgar, con una profundidad de 203 km y una magnitud de 3.9.
- ✓ **01 de marzo 2019 hora local 03:50:42:** Se suscitó en la provincia de Azángaro, con una profundidad de 265 km y una magnitud de 7.
- ✓ **20 de marzo 2019 hora local 00:41:40:** Se suscitó en el distrito de Paratia, provincia de Lampa, con una profundidad de 226 km y una magnitud de 4.6.
- ✓ **17 de abril 2019 hora local 19:31:45:** Se suscitó en el distrito Condoroma, departamento de Arequipa frontera con la provincia de Lampa, con una profundidad de 13 km y una magnitud de 3.6
- ✓ **15 de junio 2019 hora local 04:05:15:** Se suscitó en el distrito de Layo departamento de Cusco frontera con la provincia de Melgar, con una profundidad de 14 km y una magnitud de 3.9.
- ✓ **16 de junio 2019 hora local 18:49:22:** Se suscitó en el distrito de Layo departamento de Cusco frontera con la provincia de Melgar, con una profundidad de 16 km y una magnitud de 4.3.
- ✓ **16 de junio 2019 hora local 20:16:11:** Se suscitó en el distrito de Layo departamento de Cusco frontera con la provincia de Melgar, con una profundidad de 13 km y una magnitud de 3.7.
- ✓ **12 de noviembre 2019 hora local 19:09:17:** Se suscitó en el distrito de Paratia, provincia de Lampa, con una profundidad de 213 km y una magnitud de 5.1.



2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Definición de palabras claves.

a) Sismo.

Es la liberación súbita de energía mecánica generada por el movimiento de grandes columnas de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior y, se propaga en forma de vibraciones, a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externos o internos de la Tierra. Por su intensidad se clasifican en: Baja intensidad (temblores que no causan daño: con intensidad entre los grados III, IV y V grados de la escala Mercalli Modificada); de Moderada y Alta intensidad (terremotos: con intensidad entre los grados VI y VII de la escala Mercalli Modificada). Este fenómeno puede ser originado por procesos volcánicos (INDECI 2006).

b) Peligro

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente (INDECI 2006).

c) Prevención

El conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye entre otras, medidas de ingeniería (construcciones sismo resistentes, protección ribereña y otras) y de legislación (uso adecuado de tierras, del agua, de ordenamiento urbano y otras).



d) Vivienda

Se considera una vivienda a cualquier recinto, separado e independiente, construido o adaptado para el albergue de personas. Las viviendas se clasifican en particulares o colectivas, teniendo en cuenta el tipo de hogar que las ocupa.

e) Vulnerabilidad

Se entiende por vulnerabilidad la susceptibilidad al daño que tienen los elementos expuestos a un determinado peligro (INDECI 2006).

f) Riesgo

Se entiende por Riesgo la probabilidad de daños sociales, ambientales y económicos por un peligro o evento natural, en un lugar y durante un tiempo de exposición determinado (INDECI 2006).

g) Adobe común

Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. (RNE, 2006).

h) Adobe estabilizado

Adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad. (RNE, 2006).

i) Mortero

Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, etc. (RNE, 2006).



j) Arriostre

Elemento que impide el libre desplazamiento del borde de muro. El arriostre puede ser vertical u horizontal. (RNE, 2006).

k) Altura libre de muro

Es la distancia vertical libre entre elementos de arriostre horizontales. (RNE, 2006).

l) Largo efectivo

Distancia libre horizontal entre elementos de arriostre verticales o entre un elemento de arriostre y un extremo libre. (RNE, 2006).

m) Esbeltez

Relación de altura libre del muro y su espesor. (RNE, 2006).

n) Muro arriostrado

Es un muro cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales. (RNE, 2006).

o) Extremo libre de muro

Es el borde vertical u horizontal no arriostrado de un muro. (RNE, 2006).

p) Contrafuerte

Es un arriostre vertical construido con este único fin. (RNE, 2006).

q) Diafragma

Es un elemento tridimensional, que actúa distribuyendo las fuerzas laterales entre los elementos resistentes verticales.

r) Diafragma Rígido.

Es una lámina que no se deforma axialmente ni se flexiona ante cargas contenidas en su plano, al desplazarse igual transmiten el desplazamiento a otros elementos como muros, la fuerza de inercia del techo se distribuye en proporción directa con las rigideces de las paredes en la dirección de dicha fuerza.

s) Diafragma Flexible.

Los techos de madera y metálicos constituyen diafragmas flexibles, no arriostran horizontalmente al muro, en este tipo es necesario la utilización de vigas soleras que amarren a todos los muros.

2.2.2. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe.

Las viviendas de adobe presentan usualmente una serie de características constructivas que contribuyen a aumentar su vulnerabilidad sísmica estructural. La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Los modelos típicos de falla durante terremotos son severo agrietamiento y desintegración de muros en las esquinas y separación de los techos de los muros, lo que en la mayoría de casos lleva al colapso (Rubio, 2017).

La fig. 3 muestra las relaciones promedio de daños para diferentes tipos de construcciones en función de las intensidades sísmicas en la escala de Mercalli. Se puede observar en la curva 1 (para adobe) que, cuando la intensidad es IX MM, la pérdida es casi del 100%, o sea la vulnerabilidad es muy alta, mientras que la curva 8, para albañilería reforzada y para intensidad VI MM, la pérdida es casi nula, y la vulnerabilidad es prácticamente nula. (Kuroiwa, 2002).

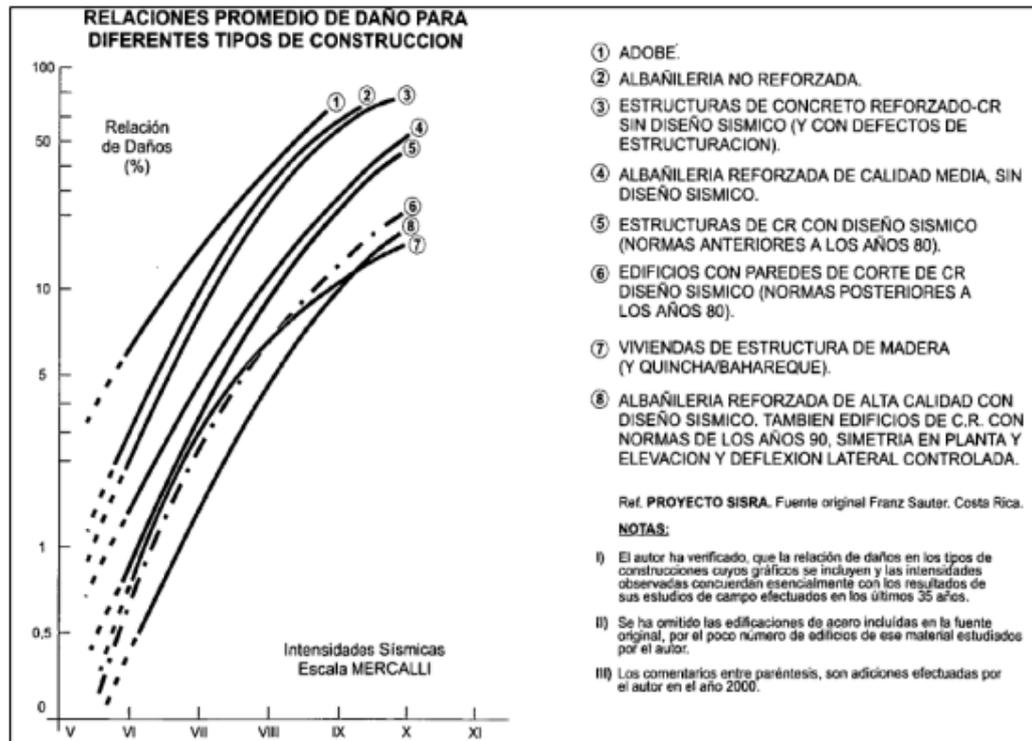


Figura 3: Relaciones de daños e intensidades sísmicas para construcciones con diferentes tipos de materiales (Kuroiwa, 2002)

A continuación, se presenta una descripción de los principales factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad sísmica de viviendas en adobe.

a) Cimentación.

Un gran número de edificaciones de adobe se construyen sin un adecuado sistema de cimentación, lo que facilita que se presenten asentamientos diferenciales que debilitan los muros principales y disminuyen la capacidad de la estructura ante las diferentes fuerzas que deben soportar. Adicionalmente, la ausencia de cimentación contribuye a la acumulación de humedad en los muros de tierra, disminuyendo su capacidad portante de manera significativa y aumentando su nivel de deterioro con el tiempo (AIS, 2006).



b) Irregularidades en planta y altura.

La construcción de edificaciones con irregularidades geométricas tanto en planta como en altura, usualmente genera que se presenten efectos de torsión y esfuerzos sobre los elementos estructurales y no estructurales cuando ocurre un sismo. Los efectos de torsión generan alta concentración de esfuerzos, fisuración y desplazamientos notables que conducen al posible colapso de la edificación. La falta de plomo de los muros aumenta la posibilidad de inestabilidad de los muros por la acción de las fuerzas inerciales inducidas por el sismo (AIS, 2006).

c) Conexión entre muros.

La falta de una adecuada conexión en la traba de los muros de adobe, disminuye la restricción lateral de los muros, induciendo alta inestabilidad de los elementos verticales ante cargas perpendiculares a su plano (AIS, 2006).

d) Entrepisos y ausencia de diafragmas.

La ausencia de un entre piso que cumpla la función de comportarse como un diafragma rígido en su propio plano hace que la distribución de las cargas laterales inducidas por el sismo sea usualmente muy perjudicial, facilitando la acción de fuerzas perpendiculares excesivas contra el muro (AIS, 2006).

e) Mecanismos de falla típicos por sismos.

De acuerdo con la bibliografía revisada (Torrealva, 2007). Menciona lo siguiente:

Es ampliamente aceptado el hecho que las construcciones de adobe son altamente vulnerables frente a fenómenos naturales como los sismos e inundaciones.

Su casi nula resistencia a la tracción y la alta inestabilidad de sus propiedades mecánicas cuando son afectadas por la humedad han producido efectos desastrosos en incontables construcciones de este tipo a lo largo de la historia. Pese a ello, es todavía el material de construcción más utilizado por habitantes de las zonas rurales en el Perú y otros países del tercer mundo.

e.1) Daños Causados por fuerzas perpendiculares al plano del muro.

Grietas verticales en las esquinas y volteo del muro fuera del plano (en muros interiores).

Ante un evento sísmico por la falta de un diafragma rígido, cada muro se comportará independiente. La vibración fuera del plano de muros ortogonales entre sí genera entonces una concentración de esfuerzos de tracción en la parte superior de las esquinas, generando una grieta vertical que se propaga hacia abajo.

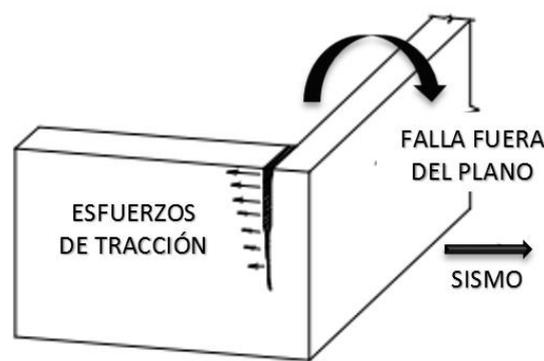


Figura 4: Esquema de esfuerzos en el muro (Torrealva, 2007).

Los muros no portantes son más vulnerables a este tipo de falla al no contar con cierto arriostre que aporta el techo, cuyas vigas sirven de arriostre lateral mientras no se exceda la fuerza de fricción.

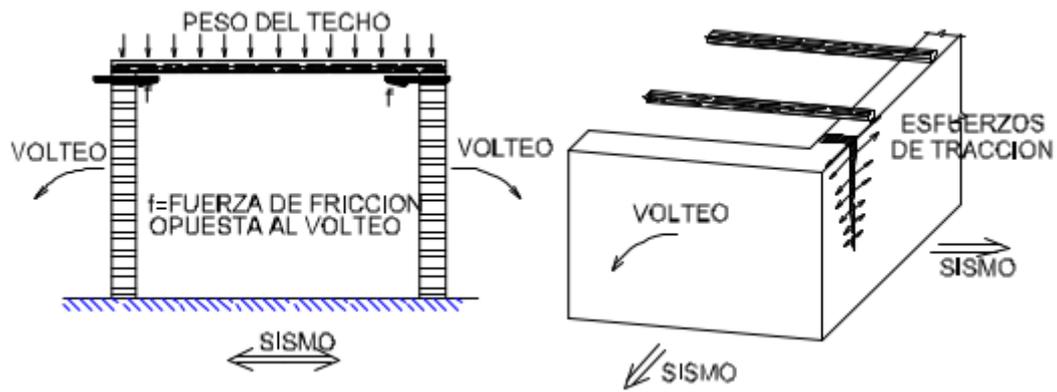


Figura 5: Arriostre aportado por el techo a los muros portante (Torrealva, 2007).

Grietas de separación con desgarre y volteo del muro fuera del plano (en muros exteriores)

Este tipo de falla se debe a las mismas causas indicadas en el ítem anterior, esta se presenta generalmente en muros exteriores.

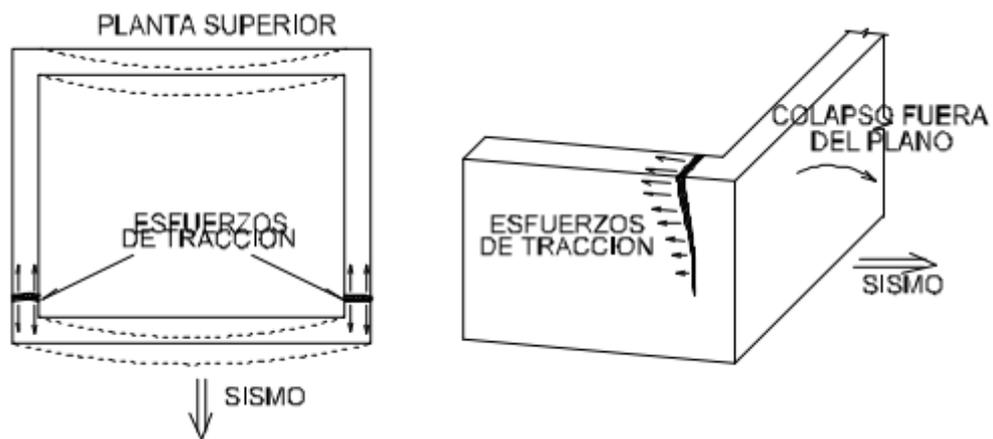
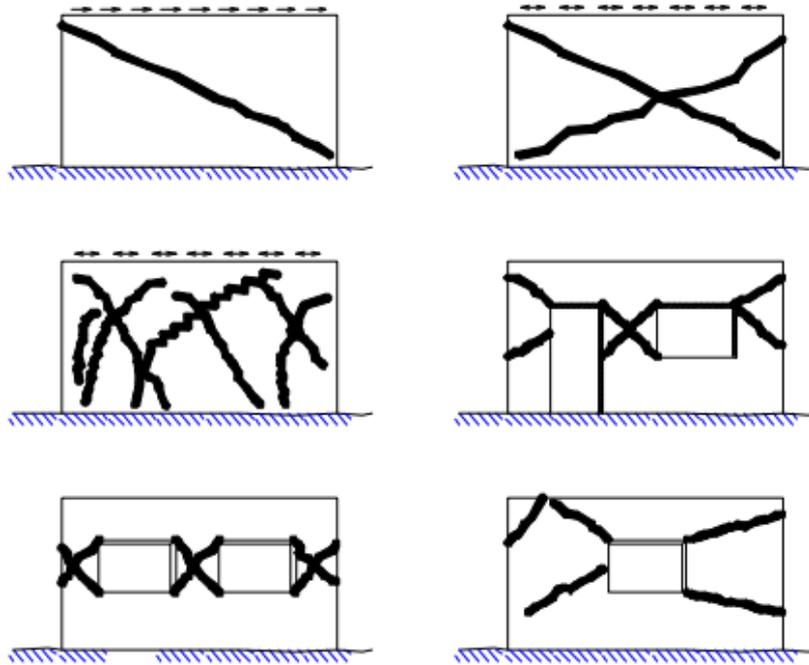


Figura 6: Esquema de esfuerzo en el muro (Torrealva, 2007).

e.2) Daños causados por fuerzas cortantes en el plano del muro

Cuando la falla fuera del plano está controlada ya sea porque los muros son gruesos o que existe un amarre al nivel superior de los muros. Se producen las típicas grietas en forma de X debido a la fuerza cortante en el plano del muro a mayores niveles de intensidad sísmica.



**Figura 7: Tipos de fallas en muros de adobe debido a cargas en su plano
(Torrealva, 2007).**

2.2.3. Criterios estructurales y recomendaciones para edificaciones de adobe.

2.2.3.1 Ensayos empíricos para la selección del suelo.

a) Prueba “Cinta de Barro” (Norma E.080).

Para tener una primera evaluación de la existencia de arcilla en un suelo se puede realizar la prueba “Cinta de barro” (en un tiempo aproximado de 10 minutos).

Utilizando una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso. Si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla.

b) Ensayo de resistencia seca (Norma E.080).

Formar cuatro bolitas con tierra de la zona. Utilizar la tierra de la zona que se considera apropiada para emplearla como material de construcción y agregarle una mínima cantidad de agua para hacer cuatro bolitas (ver Fig. 8). La cantidad de agua es la mínima necesaria para formar sobre las palmas de las manos cada una de las bolitas, sin que éstas se deformen significativamente a simple vista, al secarse.

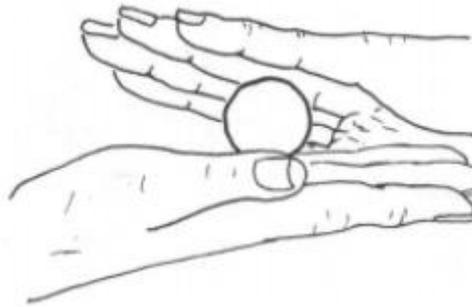


Figura 8: Proceso de formar bolitas con tierra (Norma E.080).

Dejar secar las cuatro bolitas. Las cuatro bolitas deben dejarse secar por 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrames de agua, etc.

Presionar las cuatro bolitas secas. Una vez transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano (ver Fig. 9). En caso que luego de la prueba, se quiebre, rompa o agriete al menos una sola bolita se debe volver a formar cuatro bolitas con los mismos materiales y dejando secar en las mismas condiciones anteriores.



Figura 9: Presionar las bolitas secas (Norma E.080).

Luego del tiempo de secado, se debe repetir la prueba. Si se vuelve a romper, quebrar o agrietar, se debe desechar la cantera de suelo donde se ha obtenido la tierra. Salvo que se mezcle con arcilla o suelo muy arcilloso. En caso, que luego de la prueba no se rompa, no se quiebre o no se agriete ninguna de las cuatro bolitas, dicha cantera puede utilizarse como material de construcción

c) Ensayo de control de microfisuración:

Hacer dos o más emparedados de adobe (dos bloques de adobe unidos con mortero). Después de 48 horas de secado en la sombra, los emparedados se abren cuidadosamente y se examina el mortero. Si el mortero no muestra fisuración visible, el suelo es adecuado para la construcción de adobe. (EERI, 2003).

2.2.3.2. Aditivos.

a) Paja.

Es un aditivo natural eficiente para el control de la microfisuración de secado de mortero y adobe, especialmente al preparar el mortero, añadir al barro la máxima cantidad de paja posible que permita una adecuada trabajabilidad (Centurión y Barba, 1986).



b) Arena gruesa.

La proporción más adecuada suelo-arena gruesa se determina realizando el ensayo de control de microfisuración con por lo menos 8 emparedados fabricados usando morteros con diferentes proporciones de suelo y arena gruesa. Se recomienda que las proporciones suelo-arena gruesa varíen entre 1:0 (sin arena) hasta 1:3 en volumen. El emparedado con la mínima cantidad de arena que no muestra microfisuración visible al ser abierto luego de 48 horas de haber sido fabricado, indica la proporción suelo: arena gruesa que se deberá usar en la construcción de adobe. (EERI, 2003)

c) Aserrín (5%).

Es un aditivo natural eficiente para el control de la microfisuración de secado de mortero y adobe, se recomienda añadir aserrín a razón de 5% del peso de la mezcla. Aserrín es el material que se obtiene como residuo de cortar la madera y está constituido por partículas de 1, 2 y hasta 5 mm de longitud, dependiendo de la sierra empleada para cortar la madera (Centurión y Barba, 1986)

2.2.3.3. *Fabricación de adobe.*

Se han recopilado algunas recomendaciones básicas pero muy importantes a tener en cuenta al momento de fabricar las unidades de adobe y cuando van a ser asentadas.

“Dormido” del barro: el efecto positivo de almacenar el barro durante uno o dos días antes de la fabricación de las unidades de adobe o del mortero es una práctica tradicional. Este procedimiento permite una mayor integración y



distribución del agua entre las partículas de arcilla, logrando de esta manera activar sus propiedades cohesivas (EERI, 2003).

Eliminar todos los elementos ajenos al barro; mezclar meticulosamente tan uniformemente como sea posible, secar los bloques de adobe a la sombra; limpiar los adobes antes de asentarlos, hacer juntas de mortero uniformes y totalmente llenas; y asegurar que el muro esté a plomo (EERI, 2003).

Humedecer las unidades de adobe antes de ser asentadas. Todas las caras que estarán en contacto con el mortero deberían ser humedecidas superficialmente, esto se puede lograr salpicando agua (EERI, 2003)

2.2.3.4. Disposición de muros.

Uno de los principios esenciales de la construcción de adobe sismoresistente es el uso de distribuciones en planta compactas y tipo caja. Las recomendaciones principales se resumen a continuación (EERI, 2003):

- ✚ Construir casas de sólo un piso.
- ✚ Usar un techo compacto y procurar que sea lo más liviano posible.
- ✚ Disponer la distribución de muros para proveer soporte mutuo por medio de muros transversales, en intervalos regulares en ambas direcciones o usar contrafuertes.
- ✚ Mantener los vanos de los muros pequeños y bien distribuidos.
- ✚ Construir sobre una cimentación firme.

Los muros son los principales elementos portantes en una edificación de adobe. Algunas recomendaciones empíricas relacionadas a la construcción de muros resistentes a los terremotos son las siguientes (EERI, 2003):



- ✚ La altura del muro no debería exceder ocho veces el espesor del muro en su base y en ningún caso debería ser mayor que 3.5 m.
- ✚ La longitud sin arriostres de un muro entre muros transversales no debería exceder de 10 veces el espesor del muro, con un máximo de 4.50 m.
- ✚ Los vanos no deberían exceder de un tercio de la longitud total del muro.
- ✚ Ningún vano debería tener un ancho superior a 1.2 m.
- ✚ Proveer muros de 1.20 m de longitud mínima entre vanos.

El uso de contrafuertes y pilastras en las partes críticas de una estructura aumenta la estabilidad y el esfuerzo resistente. Los contrafuertes actúan como soportes que pueden prevenir el volteo del muro hacia adentro o hacia fuera. Los contrafuertes y las pilastras también mejoran la integración de los muros que convergen en las esquinas. Las secciones críticas incluyen (IAEE, 2003):

- ✚ Esquinas, donde las pilastras toman la forma de muros cruzados.
- ✚ Ubicaciones intermedias en muros largos, donde los contrafuertes toman la forma de muros perpendiculares de arriostre que son integrados a la estructura del muro.

2.2.4. Estimación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe.

La estimación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe de dos niveles, está orientado para poder diagnosticar su estado actual de las viviendas, evaluar la estabilidad estructural de los muros e identificar características de la estructura de la edificación y su entorno, los cuales influyen en el grado de vulnerabilidad sísmica.

La metodología empleada en esta investigación está direccionada en la utilización de la ficha de verificación de INDECI: “Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo”, FICHA DE CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS



EDIFICACIONES, FICHA COMPARATIVA DE PARAMETROS ESTABLECIDOS EN LA NORMA E.080; y a las viviendas con una tipología representativa de la muestra, se realizará el análisis estructural basado en el método propuesto por Zelaya en su tesis de grado: “Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres”, de la Universidad Nacional Federico Villarreal en el año 2007.

a) Ficha de Verificación de INDECI.

En los últimos años, en las poblaciones rurales, urbanas y en determinadas áreas geográficas se han intensificado las acciones de prevención, incrementándose éstas en forma progresiva mediante la ejecución de estimaciones del riesgo, reportes preliminares de estimación del riesgo y análisis de vulnerabilidades. Constituyéndose en valiosas herramientas que comprenden la identificación de peligros, el análisis de vulnerabilidad y el cálculo del riesgo (INDECI, 2006).

Adicionalmente, cabe precisar que se ha observado que la población, que habita las zonas en las que existe un considerable nivel de riesgo, requiere tener un conocimiento más cercano y de manera individualizada del Nivel de Vulnerabilidad existente en su vivienda, ante la posibilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud y las acciones recomendadas encaminadas a reducir el impacto asociado con el riesgo existente, es en ese sentido que la Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos de la Dirección Nacional de Prevención del Instituto Nacional de Defensa Civil ha elaborado una herramienta técnica que servirá para este propósito, la misma que se le ha denominado Ficha de Verificación. Ver Anexo D: Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo.

La ficha de verificación está compuesta de siete secciones, de la A hasta la G. La parte medular para la identificación del nivel de vulnerabilidad se ubica en la

sección D (Características de la construcción de la vivienda), donde se tiene 12 criterios a valorar con la realidad de la vivienda y se le asigna un valor del 1 al 4, donde a mayor valor mayor vulnerabilidad. Luego en la parte E (Determinación del nivel de vulnerabilidad de la vivienda) de la ficha, se realiza la sumatoria (Sección E.1. Sumatoria de los valores de la sección D) y se clasifica de acuerdo al valor obtenido en la sección E.1 (INDECI, 2006).

Para fines de Estimación del Riesgo, la vulnerabilidad puede clasificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se detallan en la tabla 2 (INDECI 2006).

Tabla 2: Nivel, descripción y valor de la vulnerabilidad

NIVEL	DESCRIPCIÓN	VALOR
VB (Vulnerabilidad baja)	Viviendas asentadas en terrenos seguros, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total – y articulación entre las instituciones y organizaciones existentes.	1 < de 25%
VM (Vulnerabilidad media)	Viviendas asentadas en suelos de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia.	2 De 26% a 50%
VA (Vulnerabilidad alta)	Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de la construcción, con procesos de hacinamiento en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de los servicios básicos.	3 De 51% a 75%
VMA (Vulnerabilidad muy alta)	Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención.	4 De 76% a 100%

FUENTE: INDECI, 2006

b) Ficha de caracterización técnica de las edificaciones, criterios de configuración según norma E.080.

Adicionalmente se ha elaborado dos fichas técnicas basadas en la Norma Técnica E.080 donde se recolecta datos de mayor importancia de la edificación y se realiza una comparación con el cumplimiento de los parámetros establecido en la Norma Técnica. E.080, también se hallan valores que nos sirven para poder definir el grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe de dos niveles.

2.2.5. Análisis estructural de viviendas de adobe.

El análisis estructural de una edificación tiene como objetivo encontrar las fuerzas y momentos internos originados por la carga vertical y horizontal (sismo), en cada uno de los elementos del sistema estructural (Abanto, 2016)

Se ha demostrado que a menores niveles de intensidad sísmica es la falla por volteo fuera del plano (Torrealva, citado por Velarde 2014). Cuando el esfuerzo de volteo se controla los esfuerzos cortantes paralelos al plano pueden agrietar los muros, los cuales, dependiendo de la esbeltez y de la duración del sismo pueden causar el colapso total o parcial de los mismos. Con este concepto definiremos el análisis sísmico a nuestras construcciones (Velarde 2014).

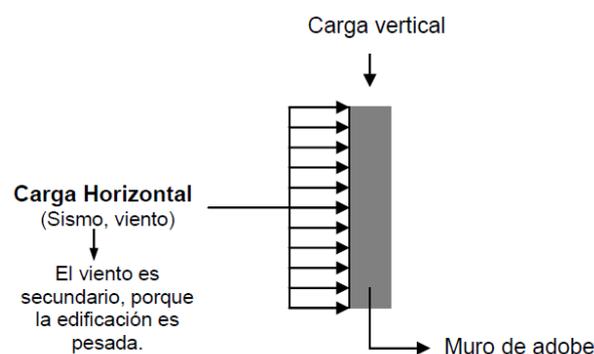


Figura 10: Cargas en un muro de adobe (Zelaya, 2007)

2.2.5.1. Análisis por carga vertical.

Las cargas verticales provienen de las cargas muertas (P_D) y de las sobrecargas (P_L) aplicadas a los muros (Abanto, 2016), la metodología es la siguiente:

1. Determinaremos las cargas actuantes según su área tributaria (metrado).
2. Se determina el esfuerzo actuante en la albañilería por carga vertical (σ_a):

$$\sigma_a = \frac{(P_D + P_L)}{A} \quad \dots (1)$$

3. Se determina el esfuerzo admisible en la albañilería por carga vertical (σ_m):

Según la norma E.080 en su capítulo 2., artículo 8.4 la resistencia última del murete a la compresión es de 6.12 kg/cm^2 ; en el artículo 9. Indica al no realizar ensayos de laboratorio se considera un coeficiente de seguridad de 3; con estos datos podemos deducir la siguiente formula (Norma E.080)

$$\sigma_m = \frac{\sigma_u}{F.S.} \quad \dots (2)$$

4. Se compara el esfuerzo actuante (σ_a) con el esfuerzo admisible (σ_m):

Si $\sigma_a < \sigma_m$, entonces la sección del muro es adecuada para este efecto.

Si $\sigma_a > \sigma_m$, entonces la sección del muro no es suficiente. En este caso habrá que aumentar el espesor del muro o incrementar la resistencia a la compresión de la albañilería f'_m con uno de mayor calidad.

2.2.5.2. Análisis por carga horizontal (Sismo).

Las estructuras de albañilería son edificaciones de mediana altura por lo cual es suficiente hacer el análisis sísmico mediante el método estático. Este



método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de cada edificación (Abanto, 2016).

Los muros se encuentran empotrados en la cimentación; consecuentemente la fuerza cortante en la base del edificio determinada de acuerdo a la norma E.030 es repartida en cada piso del edificio, la fuerza cortante existente en cada nivel es distribuida proporcionalmente a la rigideces laterales de cada muro. A esta carga se añade e cortante por torsión producido por el momento torsor que surge a consecuencia de la excentricidad del centro de la fuerza cortante y del centro de rigidez de los muros en el nivel considerado (Abanto, 2016).

Para la idealización estructural se utiliza el método del análisis por rigideces, el cual considera a los muros como placas rectangulares homogéneas; se toma en cuenta la rigidez lateral de los muros en el sentido en que se efectúa el análisis (Abanto, 2016), consideraciones:

- La fuerza sísmica actúa en el nivel de cada piso.
- La fuerza sísmica se distribuye en forma proporcional a la rigidez relativa de cada muro.

a) Determinación de la rigidez de un muro de albañilería.

La rigidez de un muro se expresa como la relación que existe entre la fuerza aplicada y la deformación generada por esta fuerza (Abanto, 2016).

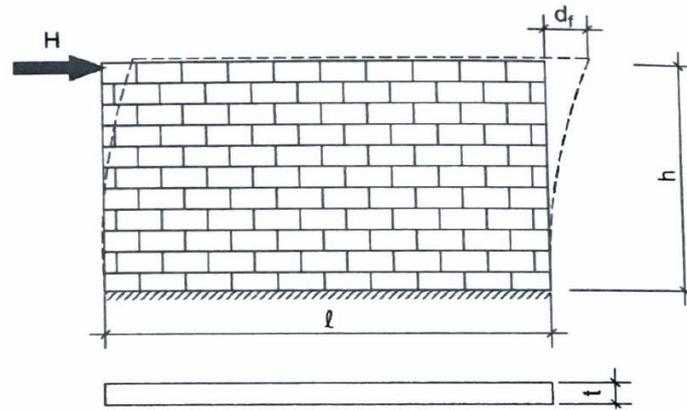


Figura 11: Determinación de la rigidez de un muro de albañilería (Abanto, 2016)

El desplazamiento total del muro está compuesto por la deformación por flexión y deformación por corte, es decir:

$$d = d_f + d_s \quad \dots (3)$$

Donde:

$$d_f = \frac{H}{K_f} \text{ Deformación por flexión}$$

$$d_s = \frac{H}{K_s} \text{ Deformación por corte}$$

K_f y K_s Son la rigidez por flexión y por corte, respectivamente.

$$\frac{H}{K} = \frac{H}{K_f} + \frac{H}{K_s}; K = \frac{1}{\frac{1}{K_f} + \frac{1}{K_s}} \quad \dots (4)$$

Rigidez por flexión:

$$d_f = \frac{H \cdot h^3}{3E_m \cdot I}; I = \frac{t \cdot l^3}{12}; K_f = \frac{H}{d_f}; K_f = \frac{E_m \cdot t}{4 \left(\frac{h}{l}\right)^3} \quad \dots (5)$$

Rigidez por corte:

$$d_s = \frac{1.2 * H \cdot h}{G * A}; K_s = \frac{E_m \cdot t}{3 \left(\frac{h}{l}\right)} \quad \dots (6)$$

Donde:

G = Módulo de corte = $0.40 E_m$

A = Área = $l * t$

Luego la rigidez del muro resulta ser:

$$K = \frac{E_m \cdot t}{4 \left(\frac{h}{l}\right)^3 + 3 \left(\frac{h}{l}\right)}; E_m = 500 f'_m \quad \dots (7)$$

Donde:

K : Rigidez lateral en kg/cm.

E_m : Módulo de elasticidad de albañilería en kg/cm²

t : Dimensión del muro perpendicular a la dirección analizada (cm)

l : Dimensión del muro paralela a la dirección analizada (cm)

h : Altura del muro (cm)

f'_m : Resistencia a compresión axial de la albañilería (kg/cm²).

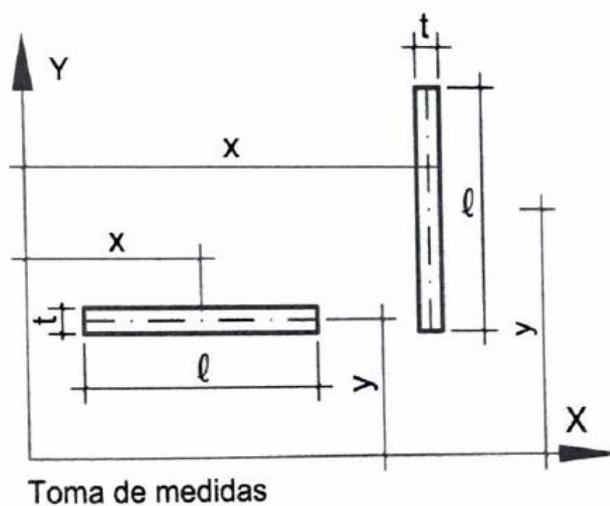


Figura 12: Toma de medidas para el cálculo de K (Abanto, 2016)

b) Metodología de análisis estático

Se verificara si las secciones de los muros son adecuadas para resistir los esfuerzos producidos por corte originados por el sismo. Se comienza con los muros ya analizados por cargas verticales y con la densidad mínima de muros recomendada (Abanto, 2016) se resume en los siguientes pasos:

b.1) Determinación del peso total de la edificación (P).

El peso “P” se calculara adicionando a la carga permanente de la edificación un porcentaje de la carga viva (Abanto, 2016).

b.2) Cálculo de la fuerza cortante en la base del edificio.

La fuerza cortante total en la base de la edificación producida por la presencia de un sismo, se determinara con la expresión siguiente de acuerdo a la Norma E.030:

$$V = S.U.C.P. \quad \dots(8)$$

Donde:

V = Fuerza cortante en la base de la estructura.

Z = Factor de zona

U = Factor de uso o importancia

S = Factor de amplificación del suelo

C = Coeficiente sísmico: $\frac{Z * C_a}{R_d}$

P = Peso total de la edificación.

1. Factor zona (Z). A cada zona se asigna un facto Z según indica la tabla 3.

Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo



rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (Norma E.030).

Tabla 3: Factores de zona “Z”

Factores de Zona "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

FUENTE: Norma E.030

2. Factor de Uso (U). Cada estructura está clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la tabla 4, está definido según la clasificación que se haga.

Tabla 4: Categoría de las edificaciones

CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimiento del sector salud (publicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio despues de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:	1.5
	Establecimiento de salud no comprendidos en la categoria A1	
	Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.	
	Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policia.	
	Instalaciones de generacion y transformacion de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua	
	Instituciones educativas, institutos superiores tecnologicos y universidades	
	Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fabricas y depositos de materiales inflamables o toxicos.	
Edificios que almacenen archivos e informacion esencial del estado		
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reunen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bllibliotecas. tambien se consideran depositos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.3
C Edificiaones comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depositos e instalaciones industriales cuya falla no ocasiona peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0
D Edificaciones temporales	Construcciones provisionales para depositos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

FUENTE: Norma E.030

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentre en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1.5 (Norma E.030).



Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

3. Factor de Suelo (S). Los suelos se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (Norma E.030).

a) Perfil Tipo S_0 : Roca dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte mayor que 1500m/s (Norma E.030).

b) Perfil Tipo S_1 : Roca o suelos muy rígidos

Corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluye roca fracturada, arena muy densa o grava arenosa densa, arcilla muy compacta (Norma E.030).

c) Perfil Tipo S_2 : Suelos intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre: arena densa gruesa a media o grava arenosa medianamente densa, suelo cohesivo compacto (Norma E.030).

d) Perfil Tipo S_3 : Suelos blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_s , menor o igual a 180 m/s incluyéndose los

casos en los que se cimienta sobre: arena media a fina, o grava arenosa, suelo cohesivo blando (Norma E.030).

e) Perfil Tipo S₄: Condiciones excepcionales

Corresponden a este tipo los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. (Norma E.030).

Tabla 5: Factor de Suelo “S”

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO “S”				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,80	2,00

FUENTE: Norma E.030

4. Factor de amplificación sísmica (C). De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones: (Norma E.030, utilizado para albañilería de ladrillo).

$$T < T_p \quad C = 2.5 \quad \dots (9)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) \quad \dots (10)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left(T_p * \frac{T_L}{T^2}\right) \quad \dots (11)$$

$$T = \left(\frac{h_n}{C_T}\right) \quad C_T = 60 \text{ (para albañilería)} \quad \dots (12)$$

Donde:

T: Periodo fundamental de la estructural para el análisis estático $T = \left(\frac{h_n}{C_t}\right)$

T_P : Periodo que define la plataforma del factor C.

T_L : Periodo que define el inicio de la zona del factor C, con desplazamiento constante.

h_n : Altura total de la edificación en m.

C_T : Coeficiente para estimar el periodo fundamental de un edificio.

Se presenta la tabla N° 6 para poder hallar los valores de periodos T_P y T_L :

Tabla 6: Periodos " T_P " y " T_L " (Norma E.030).

Tabla N° 4 PERÍODOS " T_P " Y " T_L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

FUENTE: Norma E.030

5. Factor de reducción (R_d). El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determina con la siguiente formula: (Norma E.030, utilizado para albañilería de ladrillo).

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad \dots (13)$$

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se toma el menor coeficiente R_0 que corresponda.

Tabla 7: Coeficiente Básico de reducción

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_b (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

(*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(**) Para diseño por esfuerzos admisibles.

FUENTE: Norma E.030

La Norma E.030 en su índice 18.3 menciona para poder asumir valores de reducción para construcciones de tierra reforzada se remite a la Norma E.080 “Diseño y Construcción con tierra reforzada” del RNE. Y este tipo de edificaciones no se recomienda en suelos S_3 , ni se permite en suelos S_4 .

b.3) Distribución de la fuerza cortante en la base del edificio en la altura.

La fuerza cortante en la base se distribuye en la altura del edificio como fuerzas sísmicas horizontales (fuerzas inerciales) en ambas direcciones de análisis (x, y) mediante la siguiente expresión: (Abanto, 2016).

$$F_i = \alpha_i * V \quad \dots (14)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_i(h_i)^k} \quad \dots (15)$$

Donde:

n = Número de pisos del edificio.

k = Exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada.

Si $T \leq 0.5$ segundos: $k = 1.00$

Si $T > 0.5$ segundos: $k = (0.75 + 0.5T) \leq 2.0$

F_i : Fuerza sísmica horizontal en el nivel i

P_i : Peso del nivel i

h_i : Altura del nivel i con relación al nivel del terreno

V = Fuerza cortante en la base de la estructura

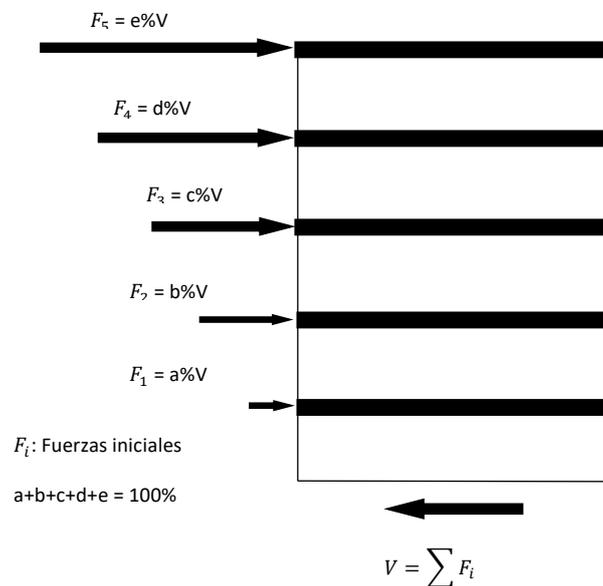


Figura 13: Distribución de “V” en altura (Abanto, 2016)

b.4) Distribución de la fuerza cortante de nivel en cada muro.

Se calcula la rigidez lateral de los muros utilizando la expresión indicada en la fórmula (7), para ambas direcciones (x , y): (Abanto, 2016).

Se calcula la fuerza cortante de traslación que le corresponde a cada muro para cada dirección (x , y), utilizando la expresión siguiente: (Abanto, 2016).

$$V_{trasi} = \left(\frac{K_i}{\sum_{i=1}^n K_i} \right) V_n \quad \dots (16)$$

Donde:

V_{trasi} : Fuerza cortante por traslación en el muro i

V_n : Fuerza cortante en el nivel n .

K_i : Rigidez lateral del muro i .

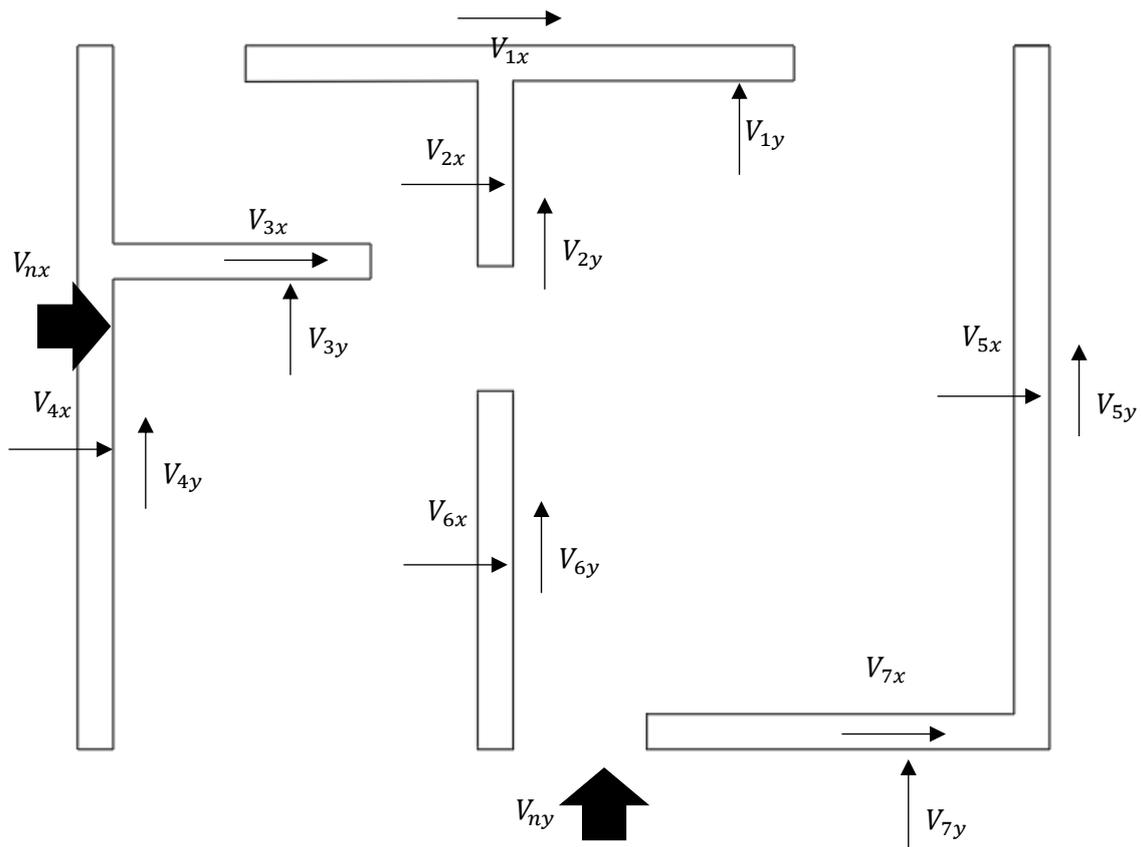


Figura 14: Distribución de V_n en muros proporcional a su rigidez lateral (Abanto, 2016)

b.5) Corrección por torsión.

Centro de masa (C.M.) es el punto geométrico de cada piso donde se supone concentrada la masa total del nivel y donde actúa la fuerza inercial inducida por un movimiento en la base del edificio (sismo) (Abanto, 2016).



Centro de rigidez (C.R.) es el punto respecto al cual el edificio se mueve desplazándose como un todo, es el punto donde se puede considerar las rigideces de todos los muros. Si el edificio presenta rotación será respecto a este punto (Abanto, 2016).

Torsión la torsión se presenta cuando el centro de masas (C.M.) no coincide con el centro de rigidez lateral (C.R.), en este caso, la losa del techo rota como un sólido rígido (si es que es un diafragma rígido) alrededor de C.R., generando desplazamiento y, por tanto fuerza cortantes " q_i " en todos los ejes que componen el edificio (X, Y) (Abanto, 2016).

La corrección por torsión de acuerdo a los conceptos vistos anteriormente se produce al no coincidir el centro de masa con el centro de rigidez, cuando la losa sea un diafragma rígido (elemento tridimensional que recibe cargas en un plano bidimensional, actúan de tal manera distribuyen las fuerzas laterales entre los elementos resistentes verticales, es un sistema estructural que amarra los muros de la estructura de manera que actúan como un conjunto), establecido el siguiente concepto los entrepisos de madera no cumplen con lo establecido para un diafragma rígido, se considera un diafragma flexible por que no actúan en conjunto con los muros, actúan como cargas puntuales en los muros (Abanto, 2016).

b.6) Cortantes de diseño

$$V_{diseño} = V_{traslacion} \quad \dots (17)$$

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La presente investigación se ha realizado en la ciudad de Ayaviri capital de la provincia de Melgar, departamento de Puno. La ciudad de Ayaviri se encuentra al norte de la Ciudad de Puno a 142 km, se encuentra a una altitud de 3907 m.s.n.m. y Abarca una extensión de 1013.14km².

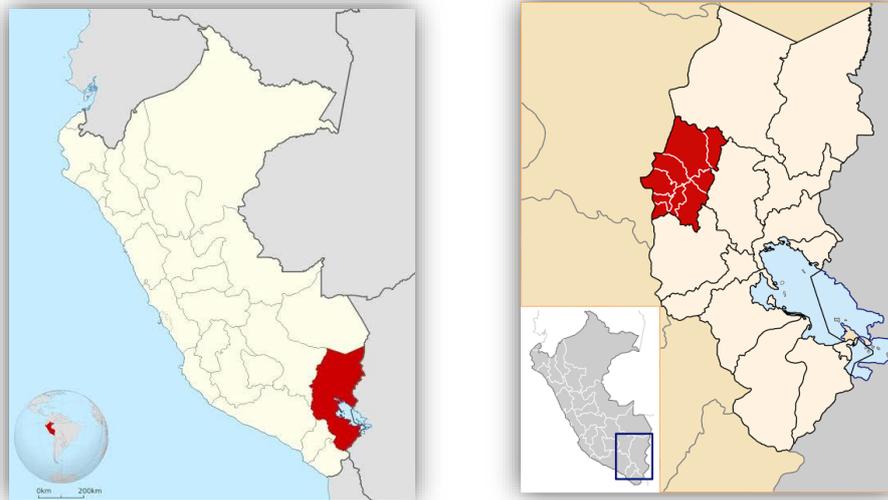


Figura 15: Ubicación de Puno y provincia de Melgar (Google imágenes).

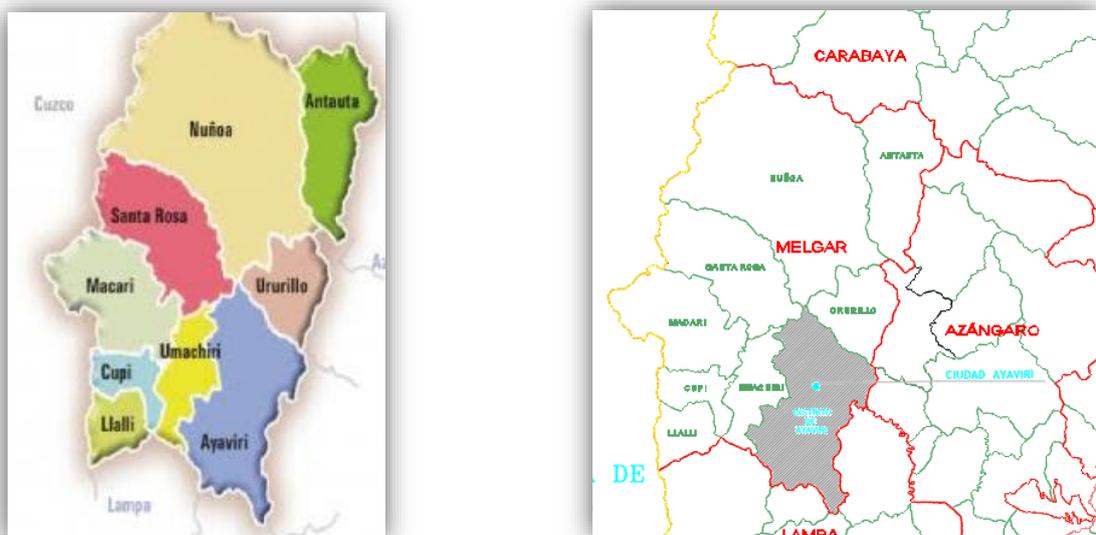


Figura 16: Ubicación de la ciudad de Ayaviri (Google imágenes).

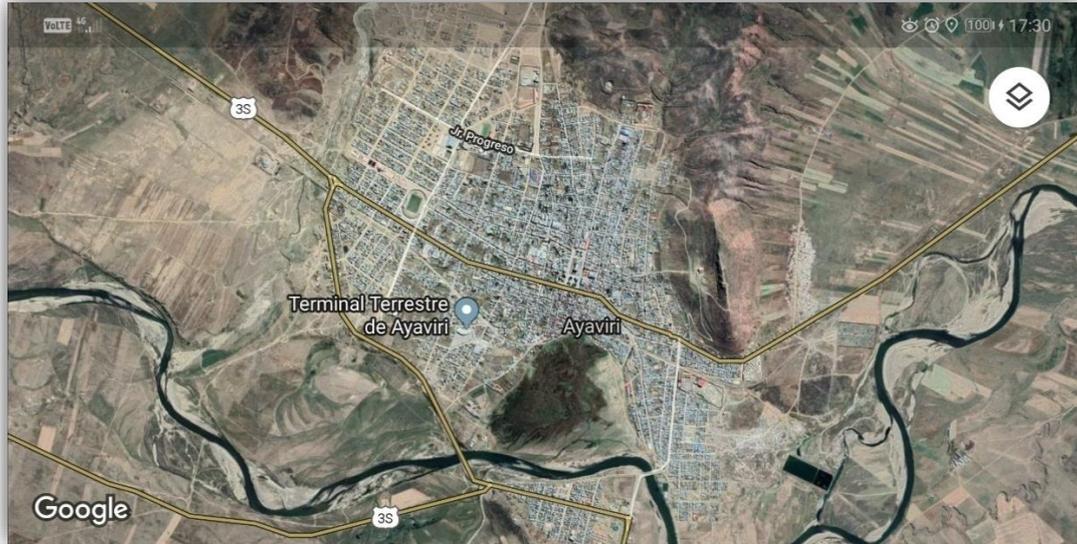


Figura 17: Vista de la ciudad de Ayaviri (Google Maps).

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.

El estudio se ha realizado en los meses de septiembre y noviembre del año 2019, que comprende una duración de 3 meses.

3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL ESTUDIADO.

La procedencia del material analizado en laboratorio es de la ciudad de Ayaviri, provincia de Melgar, departamento de Puno.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.

3.4.1. Población.

La población está constituida por 1842 edificaciones de adobe de 2 pisos de uso multifamiliar en la zona urbana del distrito de Ayaviri (Anexo E. Número de viviendas por calle encontradas en la ciudad de Ayaviri).

3.4.2. Muestra.

Verificando la tipología de las viviendas según su distribución en planta, se encuentra dos tipos: en forma de “L” y forma “rectangular”; para darle un tratamiento estadístico a la presente investigación para un universo finito se considera como mínimo 30 muestras, para poder cumplir con el tratamiento estadístico se asume margen de error 18%. Para el cálculo de tamaño de muestra cuando el universo es finito, es decir contable y la variable de tipo categórica, primero se debe conocer “N” o sea el número total de casos esperados, para el caso en específico N es equivalente al conteo total de casas de adobe de dos pisos en la ciudad de Ayaviri.

En la presente investigación se cuenta con el número de casos, considerando un universo finito, mediante la fórmula N° (17) hallaremos la muestra representativa de todo el universo investigado.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad \dots (18)$$

Donde:

- n = Muestra óptima.
- N = Total de la población
- Z_{α} = 1.96 (nivel de confianza 95%)
- p = 0.5
- q = $1 - p$ = 0.5
- d = precisión (margen de error 18%).

Para nuestro caso se ha verificado y contabilizado la totalidad de casas de dos pisos de adobe, obteniendo los resultados plasmados en el Anexo E, se ha encontrado la cantidad de 1842 casas de dos pisos de adobe.



$$n = \frac{1842 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.18^2 * (1842 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 29.18 \cong 30$$

Del cálculo de tamaño de muestra y considerando un nivel de confianza del 95% se obtuvo una muestra de 30 viviendas a analizar, cabe mencionar que el número para realizar un trabajo estadísticamente es 30, que coincide con el valor hallado.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.

Nivel de confianza del muestreo, porcentaje que revela cuanta confianza puedes tener en que los datos obtenidos sean verdaderos y que representen al universo estudiado.

Nota: Puntuación Z_{α} , es un valor que depende del nivel de confianza deseado, basado en la tabla N° 8.

Tabla 8: Puntuación Z

Nivel de confianza deseado	Puntuación z
80%	1.28
85%	1.44
90%	1.65
95%	1.96
99%	2.58

FUENTE: Survey Monkey

Margen de error (%), se refiere a la cantidad de error de muestreo aleatorio resultado de la elaboración de la toma de datos.

Para los valores de p y q por lo habitual asumimos la situación más desfavorable posible en cuanto a los valores de dicha proporción poblacional. Dicha



situación no es de otra que valorar $p = q = 0.5$, por la razón que no se conoce la prevalencia se toma el parámetro más conservador.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. Procedimiento desarrollado.

a) Determinación de situación actual y encuesta

El trabajo de campo consistió en dos etapas; la primera etapa consistió en solicitar a la Municipalidad Provincial de Melgar el plano catastral de la zona urbana de Ayaviri, el reconocimiento de las casas de adobe de dos pisos y la ubicación en el plano catastral encontrando un valor de 1842 viviendas de adobe de dos niveles habitables en la zona urbana de Ayaviri; en la segunda etapa consistió en la visita a 30 viviendas de adobe de dos niveles según el cálculo de tamaño de muestra donde se ha realizado el llenado de las Fichas de INDECI, FICHA DE CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS EDIFICACIONES y FICHA COMPARATIVA DE PARAMETROS ESTABLECIDOS EN LA NORMA E.080 donde se han podido obtener datos relevantes que sirvan para poder evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

b) Definición de la tipología representativa.

Terminada la etapa de recopilación de información en campo se procede a definir tipologías considerando propiedades y características similares entre las construcciones, gracias al punto 07 de la ficha de verificación de INDECI podemos clasificar según su geometría en planta, siendo una de las características más incidentes en hallar el grado de vulnerabilidad el espesor del muro de adobe,



longitud libre entre arriostres verticales, dimensiones de vanos, altura y techo de la vivienda.

c) Descripción y evaluación estructural.

La descripción de la vivienda se basa en los elementos estructurales que compone la vivienda como son cimentación, sobrecimiento, muros portantes, arriostres longitudinales, contrafuertes.

La evaluación estructural se realiza a las cargas de trabajo según las siguientes consideraciones: Análisis por carga vertical y análisis por carga horizontal (sismo).

3.6.2. Evaluación cualitativa típica de las viviendas existentes en Ayaviri.

3.6.2.1. Materiales utilizados para las construcciones.

a) Unidad de Albañilería (Adobe)

La definición de adobe establecida por la Norma Técnica de Edificación E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.

Las dimensiones de los adobes en la zona estudiada son similares y las medidas se muestran en el Anexo B.

Con los datos obtenidos de las dimensiones de los adobes la proporción es de 1:3/4:1/4 entre el largo, el ancho y la altura de la unidad.



Figura 18: Adobe artesanal de Ayaviri (elaborado por el equipo de trabajo).

Los adobes en la ciudad de Ayaviri se elaboran de la siguiente manera: El propietario o el maestro encargado de la construcción de la vivienda realiza una búsqueda de la materia prima a utilizarse en la fabricación de los adobes, siendo la tierra amarilla escogida por contener mayor cantidad de arenas y arcillas, seguidamente ubicado la cantera de tierra apta para la fabricación se procede con la excavación con pico y pala para poder obtener tierra suelta, ya obtenido suficiente material se procede a remojar con agua hasta obtener una masa viscosa homogénea, para que la masa tenga más consistencia se agrega paja cortada (paja delgada) de aproximadamente de 20 cm de largo, se extiende sobre la masa y se mezcla con la masa viscosa llamada barro y los maestros empiezan a caminar sobre la masa para poder conseguir homogeneidad, terminado se empieza a voltear la masa de un lado a otro con la pala repitiéndose esta acción por 3 veces, ya terminado el proceso de mezcla, se deja descansar la masa por 30 min.

Para poder trasladar la masa se pone un poco de agua y paja en la base de la carretilla para no desperdiciar material, se pone en un molde de 0.4m x 0.3m, se le compacta con los puños para desaparecer espacios vacíos, al final se enrasa



en el molde y con un poco de agua se da el acabado final, ya terminado se saca el molde, para poder repetir el proceso se tiene que realizar el lavado del molde con un trapo mojado. Ya terminado se deja secar por 30 días.

Según la Norma E.080 las dimensiones recomendadas para la elaboración de los adobes son de 0.38 x 0.38 x 0.08 y 0.18 x 0.38 x 0.08 para muros con refuerzo de caña (Norma E. 080)

b) Mortero

El mortero utilizado en el asiento se hace con el mismo tipo de tierra con la que se fabrica los adobes, la única diferencia no se pone paja y la masa es más líquida, contiene más agua. En general el espesor de las juntas de mortero es de 2cm.

Según la Norma E.080 se dan las siguientes recomendaciones: la humedad del mortero no debe pasar 20%, para evitar el agrietamiento, la proporción de paja cortada y tierra en volumen puede variar entre 1:1 y 1:2; el espesor de los morteros pueden variar de 5mm a 20mm. (Norma E. 080)

c) La Cimentación

La cimentación se construye de mampostería de piedra con mortero de barro, conformando la base de los muros de la edificación. La profundidad de la cimentación según criterio del maestro de obra o el propietario varío de 0.2 m a 0.4 m. Se ha verificado en las viviendas analizadas que la profundidad mínima 0.2 m y esto depende del criterio del maestro o del propietario.

Según la Norma E.080 la cimentación debe cumplir dos condiciones: transmitir las cargas hasta un suelo firme, evitar que la humedad ascienda hacia los

muros de tierra, cumpliendo con una profundidad mínima de 0.60 m (medida a partir del terreno natural) y un ancho mínimo de 0.60 m. (Norma E. 080)

d) El Sobrecimiento

El sobrecimiento es por encima de la cota de terreno hasta donde comienza el muro de adobe, se proyecta el sobrecimiento de las mismas características de la cimentación. Tiene el propósito de proteger el muro de adobe de la humedad, de la acción del agua superficial, del goteo y de otras acciones agresivas que ocurren a nivel del piso, además de conformar la base definitiva de asiento de los muros. El sobrecimiento ascienden sobre el terreno generalmente hasta 0.3m, pero pueden proyectarse hasta alturas mayores, en la zona analizada en la mayoría de las edificaciones analizadas se encontró que no poseen sobrecimiento.



Figura 19: Vivienda de dos pisos donde se puede observar el sobrecimiento (elaborado por el equipo de trabajo).

Según la Norma E.080 el sobrecimiento debe cumplir dos condiciones: transmitir las cargas hasta el cimiento, proteger el muro ante la acción de la erosión

y la ascensión capilar; cumpliendo con una elevación mínima de 0.30 m (medida a partir del terreno natural) y un ancho mínimo de 0.40 m. (Norma E. 080)

e) Muros de Adobe

Para el asentado de los adobes se utiliza el mortero de barro ya descrito anteriormente con 2 cm de junta, en mayoría de los casos se asientan los adobes de cabeza, con un ancho de 0.45 cm, el asentado de adobes en los segundos niveles se realiza de misma manera del primer piso.

Según la Norma E.080 los muros son los elementos más importantes en la resistencia, estabilidad y comportamiento sísmico de la estructura de una edificación de tierra reforzada, la longitud máxima del muro entre arriostres verticales será cada 12e del muro como máximo (es decir, doce veces el espesor del muro). (Norma E. 080)



Figura 20: Distribución del asentado de adobe de cabeza en muros (elaborado por el equipo de trabajo)

f) Vanos de puertas y ventanas

Los vanos de las puertas y ventanas presentan dinteles constituidos con 2 o más rollizos de eucalipto, cuya sección aproximada es 0.9 m x 1.6 m las cuales se encuentran en los muros (Norma E. 080), Ver Fig. 23.



Figura 21: Vista de las medidas de las puertas y vanos en las viviendas (elaborado por el equipo de trabajo).

g) Entrepisos

En los entrepisos se utilizan vigas rollizas de 4" a 6" cada 0.9 m apoyadas en los muros de adobe en la dirección más corta y son llamados travesaños, estas vigas cumplen la función de transmitir las cargas verticales del entrepiso hacia los muros. Estas vigas también cumplen la función de conectar a estos muros, aunque no se hicieron con esa función ayudan a un mejor comportamiento sísmico. La conexión de estas vigas con los muros es simplemente apoyada en el muro, por lo que no es tan eficiente como si tuviera clavada a una solera o al muro.

Ya colocado los rollizos apoyados sobre los muros, se coloca encima de los mismos tablas para el piso de dimensiones aproximadas de ancho 0.3m, de espesor 1" y la longitud depende de las dimensiones de la edificación.



Figura 22: Vista del espaciamiento de los rollizos en el entrepiso (elaborado por el equipo de trabajo).

Según la Norma E.080 los entrepisos y techos deben ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad de muros posibles, deben estar contruidos mediante entramados de madera, caña o fibras vegetales. (Norma E. 080)

h) Techo

Las viviendas de adobe presentan gran variedad de tipos de estructura de cubierta. Se pueden identificar 2 dos tipos de cubierta representativa a una sola agua y dos aguas.

En cubiertas a dos aguas se arma similar a un tijeral con vigas de rollizo de 4" que se aseguran a los muros de adobe con estacas y alambre en ambos lados y cuarterones de 2" x 3" en el cuerpo de los tijerales.

Ya colocados los tijerales, transversalmente se colocan cintas de 1" x 2" encima de los mismo se asegura con clavos en cada cruce, ya terminado se procede a colocar la cubierta, el material más usado es la calamina.



Figura 23: Techo representativo a dos aguas (elaborado por el equipo de trabajo).



Figura 24: Techo representativa a una sola agua (elaborado por el equipo de trabajo).

Según la Norma E.080 los entrepisos y techos deben ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad de muros posibles, deben estar

construidos mediante entramados de madera, caña o fibras vegetales. (Norma E. 080)

3.6.2.2. Características de las viviendas típicas.

De acuerdo al análisis realizado en la zona estudiada las viviendas de dos pisos de adobe en general tienen configuraciones sencillas, conformadas por ambientes cuadrados, rectangulares y en forma de “L” que se repiten en dimensiones en sus dos plantas. Estos ambientes están separados por muros de tabiquería de espesor aprox. (45cm) que están unidos a la estructura principal y que trabajan como arriostres.

Una de las características más relevantes que se ha podido observar en las viviendas es la ausencia de viga solera en las viviendas, lo cual la principal función es unir todos los muros para trabajar en conjunto.

De igual manera la ausencia de contrafuertes en las viviendas es común en la zona, viene definido como un apoyo exterior que se emplea al muro con longitudes mayores a 4 m, la base del mismo debe tener 3 veces al ancho del muro.

El año de construcción de las viviendas de adobe de 2 niveles en la ciudad de Ayaviri bordea el año de 1980, considerando ese dato se tendría 29 años de antigüedad.

Control de Esbeltez y longitud de los muros.

Definimos esbeltez como la relación entre las dimensiones del muro y su máximo espesor. Diferenciamos 2 tipos de esbeltez a) esbeltez vertical, relación entre la altura libre del muro y el máximo espesor ($\lambda = h/e$) b) esbeltez horizontal, que es la relación del largo efectivo de muro y máximo espesor (Norma E. 080).

En la tabla N° 9 de acuerdo a la esbeltez vertical se requieren los siguientes refuerzos especiales.

Tabla 9: Requerimientos de refuerzo según Norma E.080

Esbeltez	Arriostres y Refuerzos Obligatorios	Espesor mín. Muro (mt)	Altura mín Muro (mt)
$\lambda \leq 6$	Solera	0.4 - 0.5	2.4 - 3.0
$6 \leq \lambda \leq 8$	Solera + elementos de refuerzo horizontal, y vertical en los encuentros	0.3 - 0.5	2.4 - 4.0
$8 < \lambda \leq 9$	Soleras + elementos de refuerzo horizontal y vertical en toda la longitud	0.3 - 0.5	2.7 - 4.5

FUENTE: Norma E.080

La longitud máxima de los muros entre arriostres verticales será 12 veces el espesor del muro, los vanos deberán estar preferentemente centrados, el ancho máximo de puertas y ventanas (vanos) será de 1/3 de la longitud del muro, la distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no será menor de 3 ni mayor de 5 veces el espesor del muro.

3.6.2.3. Suelos.

Según la Norma Técnica E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA en el artículo N° 06, Tabla N° 01: Factor de suelo (S). podemos clasificar en dos tipos, en este caso para la ciudad de Ayaviri correspondería al tipo II con capacidad portante admisible $> 0.1 \text{ Mpa}$ ó 1.02 kgf/cm^2 .

3.6.2.4. Topografía.

La topografía del distrito de Ayaviri es llana como se puede observar en las fotografías de las viviendas, en relación a lo antes mencionado las cimentaciones de las viviendas son construidas al mismo nivel, no incide en el grado de vulnerabilidad sísmica.

3.6.3. Análisis Estructural.

3.6.3.1. Descripción del proyecto.

De acuerdo al estudio realizado se determina realizar el análisis estructural de una vivienda multifamiliar de forma geométrica en “L” descrita a continuación:



Figura 25: Vista de parte interior de la vivienda (elaborado por el equipo de trabajo).



Figura 26: Vista de la parte exterior de la vivienda (elaborado por el equipo de trabajo).



Datos Generales:

- ✓ Altura del primer piso: 2.23 m
- ✓ Altura del segundo piso: 1.80 m
- ✓ Área total: 78.58 m²

3.6.3.2. *Propiedades de los materiales utilizados*

- Unidad de albañilería: adobe
- Dimensiones de la albañilería ancho = 0.30m, largo = 0.40m, altura = 0.10m (Anexo B. ficha de caracterización técnica de las edificaciones)
- Resistencia a la compresión axial de las unidades, $f'_b = 3.42 \text{ kg/cm}^2$ (Anexo F. Ensayo de resistencia a la compresión)
- Resistencia a la compresión de la albañilería $f'_m = 2.04 \text{ kg/cm}^2$ (E.080 Adobe, relación de la resistencia ultima y F.S. según Norma E.080 Adobe)
- Módulo de elasticidad $E_m = 2040 \text{ kg/cm}^2$ (Norma E.080 Adobe, módulo de elasticidad de los muros de adobe.)
- Resistencia al corte de la albañilería $v_m = 0.25 \text{ kg/cm}^2$

3.6.3.3. *Cargas unitarias*

Los siguientes valores fueron encontrados en la Norma (E.020 Cargas).

- Peso específico de la albañilería : 1600 kg/m^3 (E.020 Cargas)
- Sobrecarga entrepiso : 200 kg/m^2 (E.020 Cargas)
- Entrepiso de madera : 50 kg/m^2 (E.020 Cargas)
- Peso de techo : 30 kg/m^2 (E.020 Cargas)
- Sobrecarga techo : 30 kg/m^2 (E.020 Cargas)

3.6.3.4. *Esquema de muros*

A continuación se muestra los esquemas de la distribución de muros portantes en planta y las áreas tributarias de cada muro por niveles.

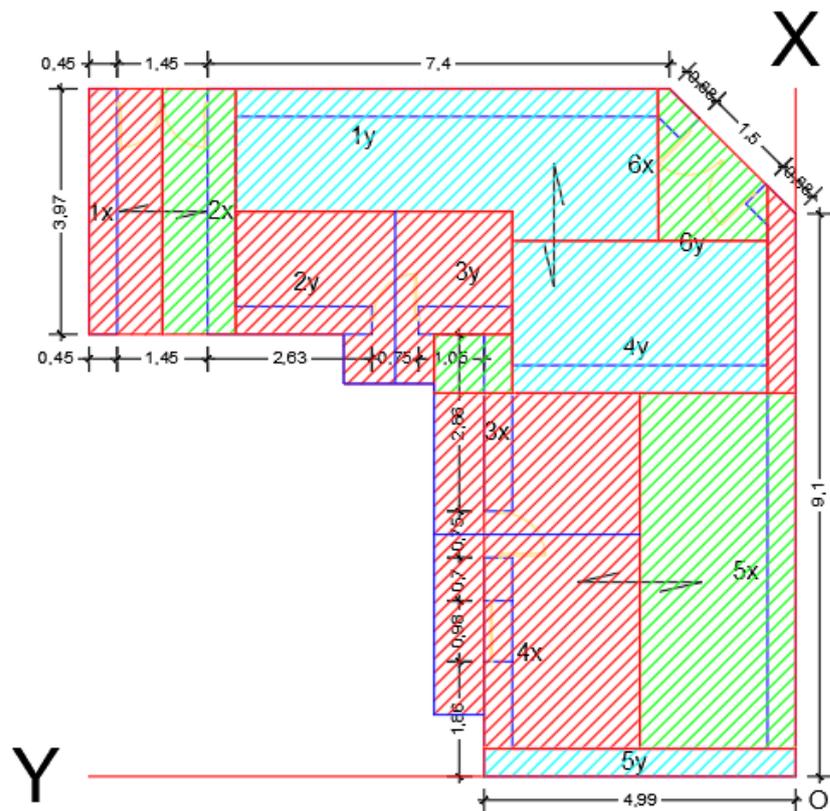


Figura 27: Muros portantes primero nivel (elaborado por el equipo de trabajo).

La realiza la distribución de las áreas tributarias a cada muro, considerando la dirección del entrepiso y del techo considerados diafragmas flexibles, y que transmiten cargas a los muros donde se apoya los rollizos de la estructura del diafragma como se muestra en las figuras N° 27 y N° 28.

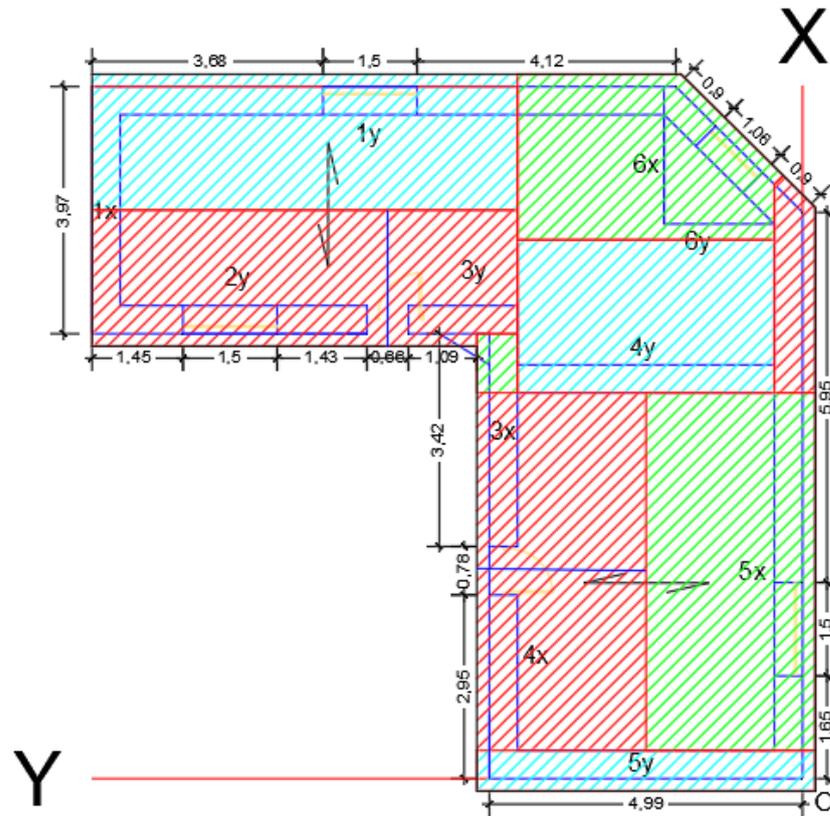


Figura 28: Muros portantes segundo nivel (elaborado por el equipo de trabajo).

3.6.3.5. Verificación de la densidad de muros

La densidad mínima de muros se verifica en ambas direcciones (x, y) por medio de dos métodos descritos a continuación:

- a) Se determina la siguiente fórmula para densidad de muros de viviendas de adobe por esfuerzo cortante de área de muros:

$$A_m \geq \frac{S \cdot U \cdot C \cdot P}{V_{adm}} \quad \dots (19)$$

Donde:

A_m = Área de corte de los muros

S = 1.20 (suelo intermedio)

U = 1.00 (uso de viviendas)

C = 0.15 (coeficiente sísmico, Norma E.080)



P = peso total de la edificación

$V_{adm} = 0.25 \text{ kg/cm}^2$ (esfuerzo cortante promedio, Norma E.080)

Formula que ha sido deducida de la siguiente manera (San Bartolomé, 1994):

✚ Fuerza Cortante en la base: $V = S.U.C.P.$

✚ Esfuerzo cortante promedio en los muros: $V = H/A_m$

✚ Reemplazamos:

$$V \geq \frac{S.U.C.P}{A_m} = A_m \geq \frac{S.U.C.P}{V_{adm}}$$

✚ Coeficiente sísmico según zona: 0.15 (Norma E.080)

✚ Hallamos el área mínima para muros portantes que debe existir en la edificación.

$$V_{adm} = 0.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_m \geq \frac{1.20 * 1.00 * 0.15 * 143368.84 \text{ kg}}{2500 \text{ kg/m}^2}$$

$$A_m \geq 10.32 \text{ m}^2$$

Deducido la fórmula para la verificación de la densidad de muros para construcciones de adobe se procede a realizar el cálculo de las áreas de los muros en las direcciones “X” y “Y”, detallado en las tablas N° 10 y N° 11.

Dirección “X”**Tabla 10: Densidad de muros en dirección “X” – primer piso**

Dirección "X"				
Muro	Longitud (L)	Espesor efectivo (t)	Area de muros portantes L*t (m2)	Material
1x	3.97	0.45	1.79	albañileria
2x	3.97	0.45	1.79	albañileria
3x	3.31	0.45	1.49	albañileria
4x	3.54	0.45	1.59	albañileria
5x	9.10	0.45	4.10	albañileria
6x	1.57	0.45	0.71	albañileria
Sumatoria	25.46		11.46	

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

$$11.46 \text{ m}^2 \geq 10.32 \text{ m}^2 \quad (\text{CUMPLE})$$

Dirección “Y”**Tabla 11: Densidad de muros en dirección “Y” – primer piso**

Dirección "Y"				
Muro	Longitud (L)	Espesor efectivo (t)	Area de muros portantes L*t (m2)	Material
1y	6.95	0.45	3.13	albañileria
2y	2.18	0.45	0.98	albañileria
3y	1.05	0.45	0.47	albañileria
4y	4.09	0.45	1.84	albañileria
5y	4.09	0.45	1.84	albañileria
6y	1.57	0.45	0.71	albañileria
Sumatoria	19.93		8.97	

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

$$8.97 \text{ m}^2 \geq 10.32 \text{ m}^2 \quad (\text{NO CUMPLE})$$

En los resultados de la tabla N° 10 el área de los muros actuante en la dirección “X” es mayor que el área de los muros admisibles, lo que nos da a entender que la cantidad de muros existentes aseguran un buen comportamiento sísmico; en caso de la

dirección “Y” podemos observar que el área de los muros actuante es menor que el área de los muros admisibles, lo que significa que es necesario aumentar muros en la dirección “Y” o en todo caso mejorar el material del muro.

- b) Según la tabla N° 12 (Norma E.080) nos indica densidad mínima de muros según tipo de edificación, se realiza los cálculos por densidad de muros.

Tabla 12: Factor de uso y densidad según tipo de edificación

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1,4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1.2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%

FUENTE: Norma E.080

Dirección “X”

$$\frac{A_m}{A_p} = \frac{11.46}{78.58} m^2 = 14.58 \% \geq 8\% \quad (\text{CUMPLE})$$

Dirección “Y”

$$\frac{A_m}{A_p} = \frac{8.97}{78.58} m^2 = 11.41 \% \geq 8\% \quad (\text{CUMPLE})$$

De acuerdo a la tabla N° 12 de la Norma E.080, en dirección “X” y “Y” el porcentaje del área actuante de los muros respecto al área total de la planta es mayor al porcentaje de la densidad admisible de los muros según la Norma E.080, podemos deducir según los valores establecidos por la Norma E.080 que la densidad de los muros en los ejes “X” y “Y” es mayor a la densidad admisible, que significa que no requiere más áreas de muros, y que tendrá un buen comportamiento sísmico.

3.6.3.6. Verificación de los muros por carga vertical

Se procede a hallar el esfuerzo actuante con la ecuación (1) y esfuerzo admisible (Abanto, 2016).

Para el esfuerzo actuante utilizamos la formula (1)

$$\sigma_a = \frac{(P_D + P_L)}{L * t} \quad \dots (1)$$

Para nuestro caso el esfuerzo axial admisible es:

$$\sigma_m = 2.04 \text{ kg/cm}^2$$

Y la resistencia última del murete será (según E.080 Adobe):

$$\sigma_u = 6.12 \text{ kg/cm}^2$$

En los cuadros se presenta los valores de áreas tributarias consideradas por cada nivel, en el primer nivel se considera los balcones y en el segundo nivel el techo, se realiza el metrado de cargas muertas de los muros descontando los vanos y el metrado de cargas vivas en el entrepiso y techo, y luego se procede hallar el esfuerzo actuante. Se verifica que el esfuerzo actuante es menor que el esfuerzo admisible (Abanto, 2016).

En las tablas N° 13 y N° 14 se muestra el cálculo por carga vertical de todos los muros.

Tabla 13: Verificación por carga vertical – Dirección “X” – Primer Piso

		Dirección "X"													
Muro	t (m)	Longitud (m)	Area tributaria primer piso (m2)	Area tributaria segundo piso (m2)	Peso propio muros primer piso (kg)	Peso propio muros segundo piso (kg)	Peso de vanos (kg)	Peso de entrepiso (kg)	Peso de techo (kg)	Total carga muerta "Pd" (kg)	Total carga viva "Pl" (kg)	Pd + Pl (kg)	Esfuerzo axial actuante (kg/cm2)	Esfuerzo axial admisible (kg/cm2)	Esfuerzo axial maximo (kg/cm2)
1x	0.45	3.97	4.66	0.00	6374.23	5145.12		233.00	0.00	11752.35	932.00	12684.35	0.71	2.04	6.12
2x	0.45	3.97	4.66	0.00	6374.23	5145.12		233.00	0.00	11752.35	932.00	12684.35	0.71	2.04	6.12
3x	0.45	3.31	7.53	7.66	5314.54	4289.76		376.50	229.80	10210.60	1735.80	11946.40	0.80	2.04	6.12
4x	0.45	3.54	10.98	7.84	5683.82	4587.84	-705.60	549.00	235.20	10350.26	2431.20	12781.46	0.80	2.04	6.12
5x	0.45	9.10	14.35	15.50	14610.96	11793.60	-1080.00	717.50	465.00	26507.06	3335.00	29842.06	0.73	2.04	6.12
6x	0.45	1.57	1.69	1.69	2520.79	2034.72	-1461.60	84.25	50.55	3228.71	387.55	3616.26	0.51	2.04	6.12

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 14: Verificación por carga vertical – Dirección “Y” – Primer Piso

		Dirección "Y"													
Muro	t (m)	Longitud (m)	Area tributaria primer piso (m2)	Area tributaria segundo piso (m2)	Peso propio muros primer piso (kg)	Peso propio muros segundo piso (kg)	Peso de vanos (kg)	Peso de entrepiso (kg)	Peso de techo (kg)	Total carga muerta "Pd" (kg)	Total carga viva "Pl" (kg)	Pd + Pl (kg)	Esfuerzo axial actuante (kg/cm2)	Esfuerzo axial admisible (kg/cm2)	Esfuerzo axial maximo (kg/cm2)
1y	0.45	6.95	14.54	1.54	11158.92	9007.20	-1080.00	727.00	46.20	19859.32	2954.20	22813.52	0.73	2.04	6.12
2y	0.45	2.18	5.73	1.54	3500.21	2825.28	-1080.00	286.50	46.20	5578.19	1192.20	6770.39	0.69	2.04	6.12
3y	0.45	1.05	3.55	2.34	1685.88	1360.80		177.50	70.20	3294.38	780.20	4074.58	0.86	2.04	6.12
4y	0.45	4.09	10.07	2.01	6566.90	5300.64		503.50	60.30	12431.34	2074.30	14505.64	0.79	2.04	6.12
5y	0.45	4.09	2.25	0.45	6566.90	5300.64		112.50	13.50	11993.54	463.50	12457.04	0.68	2.04	6.12
6y	0.45	1.57	1.69	1.69	2520.79	2034.72	-1461.60	84.25	50.55	3228.71	387.55	3616.26	0.51	2.04	6.12

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

3.6.3.7. *Peso total de la edificación*

Para determinar el peso total de la edificación se consideró las cargas muertas y cargas vivas, el peso nos sirve para el análisis sísmico, las cargas vivas intervienen en un 50%, se muestra en la tabla N° 15 y N° 16, el peso de cada piso (Abanto, 2016).

Tabla 15: Especificación de datos

Especificación	Valor
Peso de albañilería (kg/m ³)	1600.00
L en "X" (m)	25.46
L en "Y" (m)	19.93
H primer piso (h ₁)	2.23
H segundo piso (h ₂)	1.80
espesor (t)	0.45
N° pisos	2.00
sobrecarga (kg/m ²)	200.00
entrepiso de madera (kg/m ²)	50.00
peso de techo (kg/m ²)	30.00
sobrecarga techo (kg/m ²)	30.00

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 16: Cálculo del peso total del edificio "P"

PISO	Peso de muros (kg)	Peso de vanos (kg)	Peso de entrepiso (kg)	Peso de techo (kg)	Peso de acabados (kg)	Peso por carga muerta "D" (kg)	Peso por carga viva "L" (kg)	Peso total P= D+L (kg)
1	72878.18	-1461.60	4084.50	0.00	2530.49	78031.58	8000.50	86032.08
2	58825.44	-5407.20	0.00	1267.50	2042.55	56728.29	608.48	57336.77
	131703.62	-6868.80	4084.50	1267.50	4573.04	134759.87	8608.98	143368.84

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

3.6.3.8. *Cálculo de la fuerza cortante basal.*

En aplicación de la Norma E.030, para determinar la fuerza cortante basal se utilizara la ecuación (8)

$$V = S.U.C.P. \dots (8)$$

Donde:

V = Fuerza cortante en la base de la estructura.

Z = Factor de zona

U = Factor de uso o importancia

S = Factor de amplificación del suelo

C = Coeficiente sísmico.

P = Peso total de la edificación.

Haciendo $(S.U.C) = x$

Entonces $V = x * P$; x: coeficiente de proporcionalidad.

En la tabla N° 17 y N° 18 se observa el cálculo en detalle de la fuerza cortante en la base del edificio (V) (Abanto, 2016).

Tabla 17: Valor de datos necesarios

Parametros	Valor	Descripción
Z	0.25	Zona 2 (Ayaviri)
U	1.00	Categoría C: Edificaciones comunes
S	1.20	Perfil de suelo tipo S2: intermedio
I_a	1.00	Irregularidad estructural en altura
I_p	1.00	irregularidad estructural en planta
R_d	3.00	Factor de reducción
T_p	0.60	Factor que depende del perfil del suelo "S"
T_l	2.00	Factor que depende del perfil del suelo "S"
h_n	4.03	Altura total de la edificación en metros
C_t	60.00	Coef. Para estimar el periodo fundamental = 60 para albañilería
T	0.07	Periodo fundamental de vibración de la estructura
C	0.15	Coeficiente sísmico

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 18: Calculo de la fuerza cortante basal “V”

Parametros	Valor	Descripción
x	0.18	Coeficiente de proporcionalidad
P	143368.84	Peso total de la edificación en kg
V	25806.39	Fuerza cortante basal en kg

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

3.6.3.9. Calculo de las fuerzas inerciales y cortantes por piso.

Las fuerzas de inercia o fuerzas sísmicas se calculan utilizando la ecuación (13) y (14).

$$F_i = \alpha_i * V \quad \dots (14)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_i (h_i)^k} \quad \dots (15)$$

Donde:

n = Número de pisos del edificio.

k = Exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada.

Si $T \leq 0.5$ segundos: $k = 1.00$

Si $T > 0.5$ segundos: $k = (0.75 + 0.5T) \leq 2.0$

En la tabla N° 19 se observa el cálculo de las fuerzas de inercia en cada piso (F_i).

Tabla 19: Calculo de las fuerzas inerciales (Fi) – sismo moderado

PISO	$P_i (kg)$	$h_i (kg)$	$P_i * h_i (kg.m)$	$\alpha_i = \frac{P_i h_i}{\sum_{j=1}^n P_i h_i}$	$F_i (kg)$	$V_i (kg)$	Incidencia	$V_{ei} = 2V_i (kg)$
2	57336.77	4.03	231067.16	0.55	14099.66	14099.66	54.64%	28199.32
1	86032.08	2.23	191851.53	0.45	11706.73	25806.39	100.00%	51612.78
	143368.84		422918.69		25806.39			

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

V_i : Fuerza cortante e el entrepiso i por sismo moderado.



V_{ei} : Fuerza cortante e el entrepiso i por sismo severo.

De la tabla N° 19 se determina el peso y la altura por cada piso, se determina el porcentaje de incidencia de la fuerza cortante de acuerdo al producto del peso de cada piso con su altura, y se determinar la fuerza cortante actuante proyectada en cada piso ante un sismo severo y moderado.

3.6.3.10. Distribución de la fuerza cortante de piso en cada muro según su rigidez.

Para los cálculos se ha tomado un sistema coordenado referencial con el origen en el punto “O” (Ver la figura N° 27 y N° 28) (Abanto, 2016).

a) Datos de los muros.

En la tabla N° 20 y N° 21 se muestran los datos geométricos de los muros portantes respecto al sistema coordenado referencial considerado (Abanto, 2016).

Tabla 20: Datos geométricos de muros - Piso 1

Muro	h (m)	t (m)	l (m)	x (m)	y (m)
1x	2.23	0.45	3.97	9.14	11.09
2x	2.23	0.45	3.97	9.14	9.19
3x	2.23	0.45	3.31	5.95	4.76
4x	2.23	0.45	3.54	1.86	4.76
5x	2.23	0.45	9.10	4.46	0.225
6x	2.23	0.45	1.57	10.02	1.98
1y	2.23	6.95	0.45	10.89	5.59
2y	2.23	2.18	0.45	7.38	7.88
3y	2.23	1.05	0.45	7.38	5.51
4y	2.23	4.09	0.45	6.43	2.49
5y	2.23	4.09	0.45	0.225	2.49
6y	2.23	1.57	0.45	9.14	1.33

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 21: Datos geométricos de muros - Piso 2

Muro	h (m)	t (m)	l (m)	x (m)	y (m)
1x	1.80	0.45	3.97	9.14	11.09
3x	1.80	0.45	3.31	5.95	4.76
4x	1.80	0.45	3.54	1.86	4.76
5x	1.80	0.45	9.10	4.46	0.225
6x	1.80	0.45	1.57	10.02	1.98
1y	1.80	6.95	0.45	10.89	5.59
2y	1.80	2.18	0.45	7.38	7.88
3y	1.80	1.05	0.45	7.38	5.51
4y	1.80	4.09	0.45	6.43	2.49
5y	1.80	4.09	0.45	0.225	2.49
6y	1.80	1.57	0.45	9.14	1.33

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

b) Cálculo de la rigidez de muros.

En las tablas N° 22, N° 23 N° 24 y N° 25 se muestra el cálculo de la rigidez de los muros en la dirección “X” y “Y” (Abanto, 2016).

Módulo de elástico $E_m = 2040 \text{ kg/cm}^2$ (Norma E.0.80)

Tabla 22: Rigidez en la dirección “X” - Piso 1

Muro	$3(h/l)$	$4(h/l)^3$	$3(h/l) + 4(h/l)^3$	t (m)	$K_x(\text{kg/cm})$
1x	1.6851	0.7089	2.3941	0.450	383.45
2x	1.6851	0.7089	2.3941	0.450	383.45
3x	2.0211	1.2232	3.2443	0.450	282.96
4x	1.8898	0.9999	2.8897	0.450	317.67
5x	0.7352	0.0589	0.7940	0.450	1156.13
6x	4.2611	11.4624	15.7235	0.450	58.38
1y	14.8667	486.7848	501.6515	6.950	28.26
2y	14.8667	486.7848	501.6515	2.180	8.87
3y	14.8667	486.7848	501.6515	1.050	4.27
4y	14.8667	486.7848	501.6515	4.090	16.63
5y	14.8667	486.7848	501.6515	4.090	16.63
6y	14.8667	486.7848	501.6515	1.570	6.38

2663.09

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo



Tabla 23: Rigidez en la dirección “X” - Piso 2

Muro	$3(h/l)$	$4(h/l)^3$	$3(h/l) + 4(h/l)^3$	t (m)	$Kx(kg/cm)$
1x	1.3602	0.3728	1.7330	0.450	529.71
3x	1.6314	0.6433	2.2747	0.450	403.57
4x	1.5254	0.5259	2.0513	0.450	447.53
5x	0.5934	0.0310	0.6244	0.450	1470.30
6x	3.4395	6.0281	9.4676	0.450	96.96
1y	12.0000	256.0000	268.0000	6.950	52.90
2y	12.0000	256.0000	268.0000	2.180	16.59
3y	12.0000	256.0000	268.0000	1.050	7.99
4y	12.0000	256.0000	268.0000	4.090	31.13
5y	12.0000	256.0000	268.0000	4.090	31.13
6y	12.0000	256.0000	268.0000	1.570	11.95

3099.77

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 24: Rigidez en la dirección “Y” - Piso 1

Muro	$3(h/l)$	$4(h/l)^3$	$3(h/l) + 4(h/l)^3$	t (m)	$Kx(kg/cm)$
1x	14.8667	486.7848	501.6515	3.97	16.14
2x	14.8667	486.7848	501.6515	3.97	16.14
3x	14.8667	486.7848	501.6515	3.31	13.46
4x	14.8667	486.7848	501.6515	3.54	14.40
5x	14.8667	486.7848	501.6515	9.1	37.01
6x	14.8667	486.7848	501.6515	1.57	6.38
1y	0.9626	0.1321	1.0947	0.45	838.57
2y	3.0688	4.2816	7.3504	0.45	124.89
3y	6.3714	38.3183	44.6898	0.45	20.54
4y	1.6357	0.6483	2.2840	0.45	401.92
5y	1.6357	0.6483	2.2840	0.45	401.92
6y	4.2611	11.4624	15.7235	0.45	58.38

1949.76

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 25: Rigidez en la dirección “Y” - Piso 2

Muro	$3(h/l)$	$4(h/l)^3$	$3(h/l) + 4(h/l)^3$	t (m)	$Kx(kg/cm)$
1x	12.0000	256.0000	268.0000	3.97	30.22
3x	12.0000	256.0000	268.0000	3.31	25.20
4x	12.0000	256.0000	268.0000	3.54	26.95
5x	12.0000	256.0000	268.0000	9.1	69.27
6x	12.0000	256.0000	268.0000	1.57	11.95
1y	0.7770	0.0695	0.8465	0.45	1084.51
2y	2.4771	2.2517	4.7288	0.45	194.13
3y	5.1429	20.1516	25.2945	0.45	36.29
4y	1.3203	0.3410	1.6613	0.45	552.59
5y	1.3203	0.3410	1.6613	0.45	552.59
6y	3.4395	6.0281	9.4676	0.45	96.96
					2680.66

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a las ecuaciones (7) y (15) se halla la relación de altura del muro y la longitud del muro, para poder hallar la rigidez del muro expresada por la siguiente formula:

$$K = \frac{E_m \cdot t}{4 \left(\frac{h}{l}\right)^3 + 3 \left(\frac{h}{l}\right)}$$

c) Cálculo de los cortantes de traslación.

En las tablas N° 26, N° 27, N° 28 y N° 29 se muestra la determinación de los cortantes de traslación de los muros, para las direcciones “X” y “Y” por piso. (Abanto, 2016)

Para el cálculo de la fuerza cortante de traslación que le corresponde a cada muro para cada dirección (x, y), utilizando la expresión siguiente: (Abanto, 2016).

$$V_{trasi} = \left(\frac{K_i}{\sum_{i=1}^n K_i} \right) V_n \quad \dots (16)$$

Donde:

V_{trasi} : Fuerza cortante por traslación en el muro i



V_n : Fuerza cortante en el nivel n.

K_i : Rigidez lateral del muro i.

Tabla 26: Calculo de cortantes de traslación en la dirección “X” V_{tras} - Piso 1

Muro	$V_{tras} = V_{x1} \left(\frac{K_{ix}}{\sum K_{ix}} \right)$	% de Absorción
1x	3715.77	14.40%
2x	3715.77	14.40%
3x	2741.95	10.63%
4x	3078.40	11.93%
5x	11203.37	43.41%
6x	565.76	2.19%
1y	273.88	1.06%
2y	85.91	0.33%
3y	41.38	0.16%
4y	161.17	0.62%
5y	161.17	0.62%
6y	61.87	0.24%
	25806.39	100.00%

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 27: Calculo de cortantes de traslación en la dirección “X” V_{tras} - Piso 2

Muro	$V_{tras} = V_{x1} \left(\frac{K_{ix}}{\sum K_{ix}} \right)$	% de Absorción
1x	2409.44	17.09%
3x	1835.69	13.02%
4x	2035.62	14.44%
5x	6687.81	47.43%
6x	441.05	3.13%
1y	240.64	1.71%
2y	75.48	0.54%
3y	36.35	0.26%
4y	141.61	1.00%
5y	141.61	1.00%
6y	54.36	0.39%
	14099.66	100.00%

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 28: Calculo de cortantes de traslación en la dirección “Y” V_{tras} - Piso 1

Muro	$V_{tras} = V_{y1} \left(\frac{K_{iy}}{\sum K_{iy}} \right)$	% de Absorción
1x	213.68	0.83%
2x	213.68	0.83%
3x	178.16	0.69%
4x	190.54	0.74%
5x	489.80	1.90%
6x	84.50	0.33%
1y	11099.01	43.01%
2y	1653.02	6.41%
3y	271.88	1.05%
4y	5319.69	20.61%
5y	5319.69	20.61%
6y	772.75	2.99%
	25806.39	100.00%

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo**Tabla 29: Calculo de cortantes de traslación en la dirección “Y” V_{tras} - Piso 2**

Muro	$V_{tras} = V_{y1} \left(\frac{K_{iy}}{\sum K_{iy}} \right)$	% de Absorción
1x	158.95	1.13%
3x	132.52	0.94%
4x	141.73	1.01%
5x	364.34	2.58%
6x	62.86	0.45%
1y	5704.25	40.46%
2y	1021.09	7.24%
3y	190.89	1.35%
4y	2906.52	20.61%
5y	2906.52	20.61%
6y	510.00	3.62%
	14099.66	100.00%

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo**d) Diseño de albañilería confinada.**

En las siguientes tablas se ha efectuado el diseño de los muros de la vivienda analizada, se tiene en cuenta los siguientes datos:



v'_m : Resistencia al corte de la albañilería de adobe ($0.25k \text{ g/cm}^2$)

V_e : Fuerza cortante por sismo moderado

M_e : Momento flector por sismo moderado $M_e = \frac{V_e * L}{\alpha}$

α : Factor de reducción de resistencia de corte por efectos de esbeltez.

P_g : Carga axial de gravedad

V_m : Resistencia a fuerza cortante $V_m = 0.5 * v'_m * \alpha * t * L + 0.23P_g$

V_{m1}/V_{e1} : Factor de amplificación para pasar a sismo severo.

V_u : Fuerza cortante ultima ante sismo severo $V_u = V_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}}$

M_u : Momento flector ultimo ante sismo severo $M_u = M_{ei} \frac{M_{m1}}{M_{e1}}$

V_E : Fuerza cortante en la base para sismo severo $V_E = V_i$

En las siguientes tablas se halla la resistencia al esfuerzo cortante de cada muro y se realiza una comparación con el esfuerzo cortante actuante ante la proyección de un evento sísmico moderado, donde las tablas muestran que el esfuerzo cortante actuante es mayor a la resistencia del esfuerzo cortante en cada muro, con eso podemos deducir que los muros son vulnerables ante un evento sísmico moderado; de igual manera se hace la verificación de la fuerza cortante en la base de la edificación con la fuerza cortante ante un sismo severo, Se verifica que la resistencia a la fuerza cortante del edificio en la base es menor a la fuerza actuante por sismo severo lo que significaría que la vivienda estaría en riesgo de colapso.

Verificación según Norma E.070 Dirección “X” - Piso 1

Tabla 30: Diseño de muros – Dirección “X” – Piso 1

Muro	v'_m (kg/cm ²)	t (m)	l (m)	V_e (kg)	h (m)	M_e (kg – m)	α	α min.	α asu.	P_g	V_m (kg)	$0.55V_m$	V_{m1}/V_{e1} (calculado)	V_{m1}/V_{e1} (mínimo)	V_{m1}/V_{e1} (máximo)	V_{m1}/V_{e1} (asumido)	V_u (kg)	M_u (kg – m)
1x	0.25	0.450	3.970	3715.77	2.230	44701.80	0.20	0.33	0.33	11519.35	3386.38	1862.51	0.911	2.00	3.00	2.000	7431.53	89403.60
2x	0.25	0.450	3.970	3715.77	2.230	44701.80	0.20	0.33	0.33	6374.23	2203.00	1211.65	0.593	2.00	3.00	2.000	7431.53	89403.60
3x	0.25	0.450	3.310	2741.95	2.230	27502.62	0.20	0.33	0.33	9604.30	2823.41	1552.87	1.030	2.00	3.00	2.000	5483.91	55005.25
4x	0.25	0.450	3.540	3078.40	2.230	33022.81	0.20	0.33	0.33	10271.66	3019.60	1660.78	0.981	2.00	3.00	2.000	6156.80	66045.63
5x	0.25	0.450	9.100	11203.37	2.230	308941.36	0.20	0.33	0.33	26404.56	7762.24	4269.23	0.693	2.00	3.00	2.000	22406.74	617882.73
6x	0.25	0.450	1.570	565.76	2.230	2691.66	0.20	0.33	0.33	4555.51	1339.20	736.56	2.367	2.00	3.00	2.367	1339.20	6371.34

20533.82 11293.60

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Verificaciones (Norma E.0.70):

1. Verificación de las fisuras : $V_e \leq 0.55 V_m$

Muro	V_e (kg)	$0.55V_m$
1x	3715.77	2043.67
2x	3715.77	2043.67
3x	2741.95	1508.07
4x	3078.40	1693.12
5x	11203.37	6161.85
6x	565.76	311.17

$$V_e \leq 0.55 V_m \quad \dots \text{ (NO CUMPLE)}$$

2. V_{m1}/V_{e1} : Se calcula solo para los muros del primer piso; $2.0 \leq V_{m1}/V_{e1} \leq 3.0$

3. Verificación de la resistencia al corte de la vivienda: $\sum V_m \geq V_E$

Si: $V_{1E} = 51612.78$

$$\sum V_m \geq V_E \rightarrow 20533.82 \geq 51612.78 \quad \dots \text{ (NO CUMPLE)}$$

Verificación según Norma E.070 Dirección “Y” - Piso 1

Tabla 31: Diseño de muros – Dirección “Y” – Piso 1

Muro	v'_m (kg/cm ²)	t (m)	l (m)	V_e (kg)	h (m)	M_e (kg - m)	α	α min.	α asu.	P_g	V_m^m (kg)	$0.55V_m$	V_{m1}/V_{e1} (calculado)	V_{m1}/V_{e1} (mínimo)	V_{m1}/V_{e1} (máximo)	V_{m1}/V_{e1} (asumido)	V_u (kg)	M_u (kg - m)
1y	0.25	6.950	0.450	11099.01	2.230	15135.01	0.20	0.33	0.33	20166.12	5928.30	3260.57	0.534	2.00	3.00	2.000	22198.02	30270.03
2y	0.25	2.180	0.450	1653.02	2.230	2254.12	0.20	0.33	0.33	6325.49	1859.52	1022.74	1.125	2.00	3.00	2.000	3306.04	4508.24
3y	0.25	1.050	0.450	271.88	2.230	370.75	0.20	0.33	0.33	3046.68	895.64	492.60	3.294	2.00	3.00	3.294	895.64	1221.33
4y	0.25	4.090	0.450	5319.69	2.230	7254.12	0.20	0.33	0.33	11867.54	3488.74	1918.81	0.656	2.00	3.00	2.000	10639.37	14508.23
5y	0.25	4.090	0.450	5319.69	2.230	7254.12	0.20	0.33	0.33	11867.54	3488.74	1918.81	0.656	2.00	3.00	2.000	10639.37	14508.23
6y	0.25	1.570	0.450	772.75	2.230	1053.75	0.20	0.33	0.33	4555.51	1339.20	736.56	1.733	2.00	3.00	2.000	1545.50	2107.50
												17000.15	9350.08					

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Verificaciones (Norma E.0.70):

1. Verificación de las fisuras: $V_e \leq 0.55 V_m$

Muro	V_e (kg)	$0.55V_m$
1y	11099.01	6104.46
2y	1653.02	909.16
3y	271.88	149.54
4y	5319.69	2925.83
5y	5319.69	2925.83
6y	772.75	425.01

$$V_e \leq 0.55 V_m \quad \dots \text{ (NO CUMPLE)}$$

2. V_{m1}/V_{e1} : Se calcula solo para los muros del primer piso; $2.0 \leq V_{m1}/V_{e1} \leq 3.0$

3. Verificación de la resistencia al corte de la vivienda: $\sum V_m \geq V_E$

Si: $V_{1E} = 51612.78$

$$\sum V_m \geq V_E \rightarrow 17000.15 \geq 51612.78 \quad \dots \text{ (NO CUMPLE)}$$

Se verifica que la resistencia a la fuerza cortante del edificio en la base es menor a la fuerza actuante por sismo severo lo que significaría que la vivienda estaría en riesgo de colapso.



3.7. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La tesis es de tipo descriptiva y explicativa, Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. (Hernández, 2014). De tal manera se evalúan las características generales que tienen las viviendas de adobe, se interpreta y explica su nivel de vulnerabilidad ante un evento sísmico con las verificaciones de carga vertical y horizontal.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. RESULTADOS.

a) Según la recolección de datos en campo con el Anexo B. FICHA DE CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS EDIFICACIONES, recolecta los datos más relevantes sobre las características arquitectónicas de las viviendas como podemos observar en la tabla N° 32.

Tabla 32: Dimensiones relevantes de las edificaciones

N°	Dimensiones expresados en metros lineales						Primer Piso		Segundo Piso	
	Longitud Frontal	Long. Lateral Izquierda	Long. Lateral Derecha	Altura Primer piso	Altura Segundo	Ancho de los muros	Esbeltez Horizontal	Esbeltez Vertical	Esbeltez Horizontal	Esbeltez Vertical
1	6.00	10.70	3.90	2.20	2.15	0.45	15.10	4.89	13.33	4.78
2	9.30	9.10	3.97	2.23	1.80	0.45	14.80	4.96	10.07	4.00
3	15.94	4.03	4.03	2.20	2.00	0.45	16.38	4.89	8.96	4.44
4	6.50	4.00	6.50	1.96	1.67	0.35	11.71	5.60	15.43	4.77
5	10.00	5.00	5.00	2.03	2.00	0.35	28.57	5.80	14.29	5.71
6	16.05	5.80	16.05	2.50	2.20	0.60	12.08	4.17	12.08	3.67
7	9.15	4.50	4.50	2.00	1.97	0.55	16.64	3.64	16.64	3.58
8	6.80	13.63	5.25	2.65	2.10	0.50	13.60	5.30	10.50	4.20
9	7.80	3.00	5.15	2.55	2.30	0.50	15.60	5.10	10.30	4.60
10	15.30	4.85	4.85	2.21	2.15	0.50	15.30	4.42	9.70	4.30
11	6.01	3.90	3.90	2.20	1.80	0.45	13.36	4.89	13.36	4.00
12	9.63	3.26	3.26	2.00	2.00	0.45	21.40	4.44	7.24	4.44
13	10.46	4.90	4.90	2.20	2.10	0.45	23.24	4.89	10.89	4.67
14	6.90	4.03	8.60	2.10	2.10	0.45	19.29	4.67	15.33	4.33
15	6.90	4.03	8.60	2.05	1.96	0.50	11.00	4.10	11.28	3.92
16	4.63	5.80	4.63	3.10	2.20	0.50	10.60	6.20	8.26	4.40
17	10.77	4.00	4.00	3.10	2.20	0.50	17.62	6.20	17.18	4.40
18	5.45	3.00	3.00	2.10	1.80	0.40	13.63	5.25	13.63	4.50
19	5.01	4.00	4.00	2.55	1.50	0.45	11.13	5.67	8.89	3.33
20	7.48	3.60	3.60	2.20	1.90	0.45	16.62	4.89	8.00	4.22
21	12.77	5.37	5.00	2.10	2.00	0.45	16.44	4.67	18.16	4.44
22	14.70	5.10	5.10	2.30	2.00	0.57	14.12	4.04	8.95	3.51
23	11.78	5.55	5.55	2.60	2.10	0.45	12.33	5.78	11.91	4.67
24	10.96	11.10	4.95	2.40	2.05	0.50	18.58	4.80	13.30	4.10
25	6.00	3.80	3.80	2.40	2.05	0.43	13.95	5.58	8.84	4.77
26	11.00	3.70	3.70	2.23	1.75	0.40	27.50	5.58	22.13	4.38
27	10.85	4.50	4.50	2.50	2.40	0.45	16.96	5.56	24.11	5.33
28	14.49	4.60	4.60	2.37	1.84	0.45	16.96	5.27	12.64	4.09
29	7.86	5.10	10.22	2.67	2.10	0.55	11.65	4.85	14.29	3.82
30	9.93	5.00	5.00	2.51	2.10	0.50	10.06	5.02	8.00	4.20
Min.	4.63	3.00	3.00	1.96	1.50	0.35	10.06	3.64	7.24	3.33
Max.	16.05	13.63	16.05	3.10	2.40	0.60	28.57	6.20	24.11	5.71

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo



La Tabla N° 32 nos muestra las dimensiones arquitectónicas más relevantes obtenidas gracias al Anexo B. y podemos concluir lo siguiente:

- ✓ Las dimensiones de la longitud frontal de las viviendas varían de un mínimo de 4.63 m hasta un máximo de 16.05 m de largo.
- ✓ Las dimensiones de la longitud lateral izquierda de las viviendas varían de un mínimo de 3 m hasta un máximo de 13.63 m.
- ✓ Las dimensiones de la longitud lateral derecha de las viviendas varían de un mínimo de 3 m hasta un máximo de 16.05 m.
- ✓ Las alturas registradas de las viviendas en la primera planta varían de un mínimo de 1.96 m hasta un máximo de 3.10 m.
- ✓ Las alturas registradas de las viviendas en la segunda planta varían de un mínimo de 1.50 m hasta un máximo de 2.40 m.
- ✓ El ancho de los muros registrados de las viviendas varía de un mínimo de 0.35 m hasta un máximo de 0.60 m.

b) Según la recolección de datos en campo con el Anexo C. CRITERIOS DE CONFIGURACION SEGÚN NORMA E.080, en el Anexo C. se realiza una comparación con los parámetros exigidos en la Norma E.080, consideraciones a tener en cuenta en edificaciones y se realiza una comparación con las condiciones mínimas a cumplir en las edificaciones de adobe según la Norma E.080.

c) Según la recolección de datos en campo con el Anexo D. CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA (INDECI), encuesta aplicada a los propietarios de las viviendas de la muestra de la población, los datos recolectados podemos clasificarlo de la siguiente manera:

1. Material predominante de la Edificación.

Tabla 33: Nivel de vulnerabilidad según el tipo de material de la edificación

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
Adobe	30	100%	4
Adobe Reforzado	0	0%	3
Albañilería confinada	0	0%	2
Concreto Armado	0	0%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo

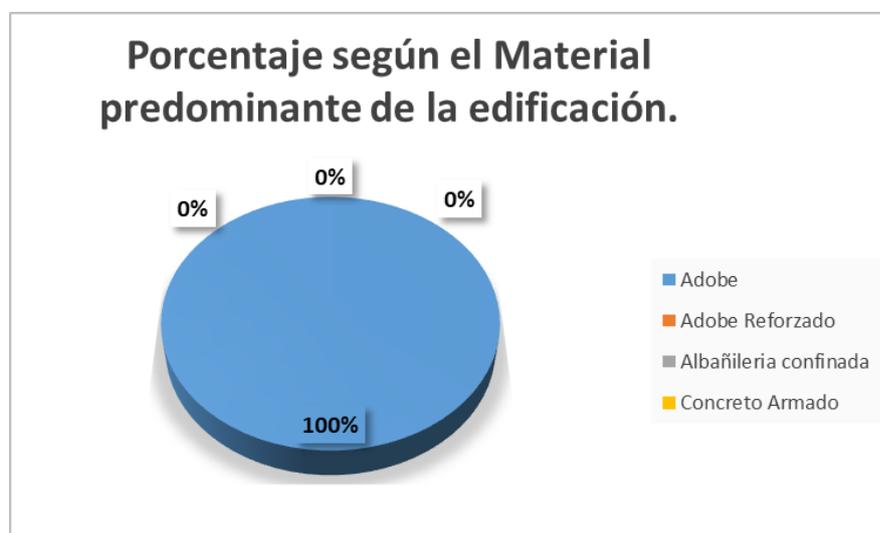


Figura 29: Porcentaje de material predominante de la edificación (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: Las viviendas focalizadas para la presente investigación son viviendas de adobe.

2. ¿La edificación conto con la participación de ingeniero civil en el diseño y/o construcción?

Tabla 34: Nivel de vulnerabilidad según la participación de un profesional en la

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
No	30	100%	4
Solo construcción	0	0%	3
Solo diseño	0	0%	2
Si, totalmente	0	0%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo



Figura 30: Porcentaje según la participación de un profesional en la materia

(elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: Según la encuesta realizada en el tamaño de muestra de la población no cuentan con la participación de un Ingeniero Civil en la planificación y ejecución de la construcción de la vivienda, esto se refleja en la ausencia de la viga solera, dimensiones incongruentes en longitud y espesor de los muros, el motivo se atribuye a la falta de economía de los propietarios de las viviendas para poder asumir el costo de un profesional.

3. Antigüedad de la edificación.

Tabla 35: Nivel de vulnerabilidad según la antigüedad de la edificación

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
De 50 años a mas	9	30%	4
De 20 a 49 años	19	63%	3
De 3 a 19 años	2	7%	2
De 0 a 2 años	0	0%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo

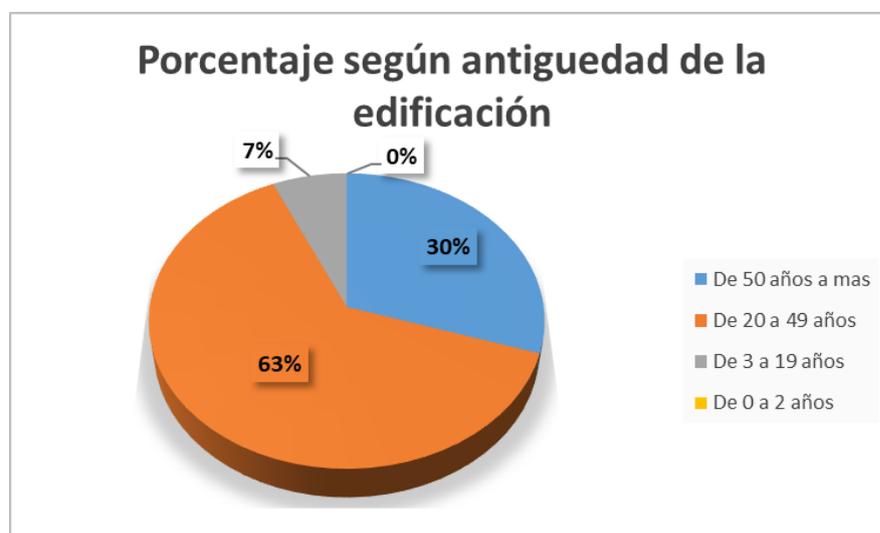


Figura 31: Porcentaje según antigüedad de la edificación (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: Según la encuesta realizada el 63% de las viviendas tienen una antigüedad de 20 a 49 años, el 30 % una antigüedad de más de 50 años; según se ha podido observar las viviendas por la antigüedad se encuentran en buenas condiciones.

4. Tipo de suelo.

Tabla 36: Nivel de vulnerabilidad según el tipo de suelo

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
Relleno	0	0%	4
Deposito de suelos finos	0	0%	3
Granular fino y arcilloso	30	100%	2
Suelos Rocosos	0	0%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo

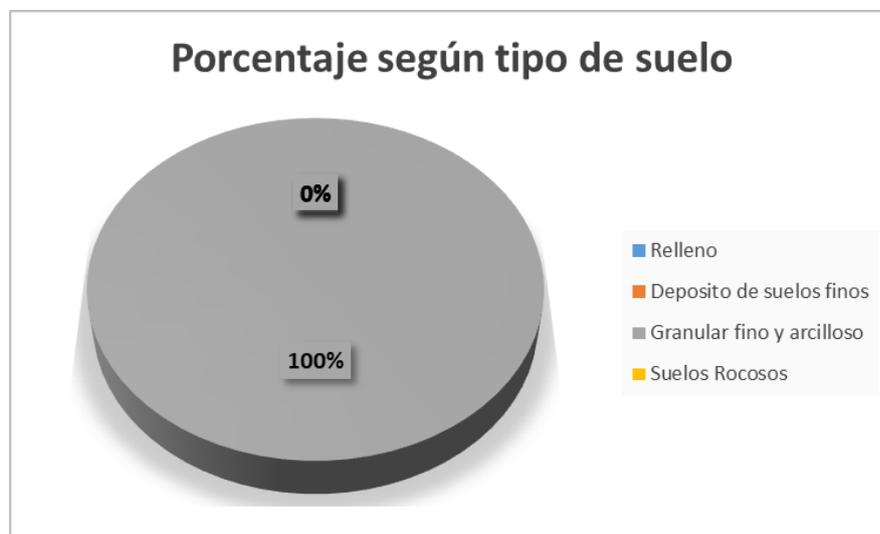


Figura 32: Porcentaje según tipo de suelo (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: Todas las viviendas se encuentran en la ciudad de Ayaviri puesto que todas se encuentran en solo tipo de suelo, según a la investigación el tipo de suelo que corresponde es granular fino y arcilloso.

5. Topografía del terreno de la vivienda.

Tabla 37: Nivel de vulnerabilidad según la topografía del terreno donde se encuentra la vivienda

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
Mayor de 45%	0	0%	4
Entre 45% a 20%	0	0%	3
Entre 20% a 10%	4	13%	2
Hasta 10%	26	87%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo

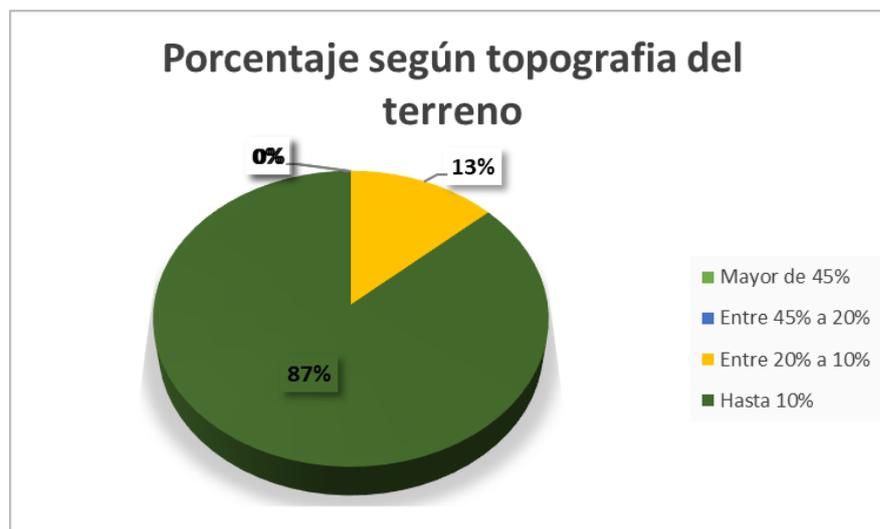


Figura 33: Porcentaje según topografía del terreno (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: La topografía del terreno según a la ubicación de las viviendas en la ciudad de Ayaviri en llana, observando que el 87% de las viviendas se encuentran ubicadas en un pendiente menor del 10% y el resto entre una pendiente de 20% a 10% que no son pendiente muy pronunciadas.

6. Grietas y fisuras.

Tabla 38: Nivel de vulnerabilidad según las grietas y fisuras

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
e>1 cm, L>1 m	0	0%	4
e>0.5 cm, L>0.5 m	0	0%	3
e>0 cm, L>0 m	5	17%	2
e=0 cm, L=0 m	25	83%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo

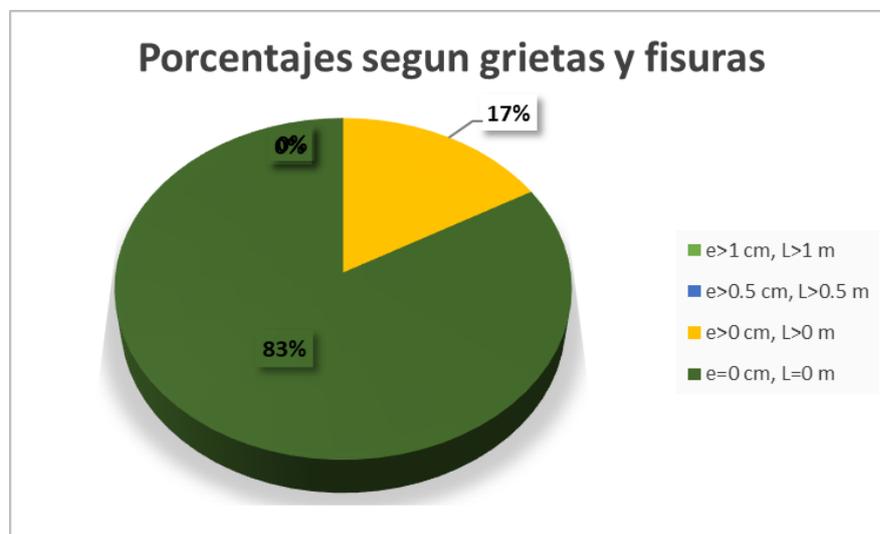


Figura 34: Porcentaje según grietas y fisuras (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: El 83% de las viviendas no presentan fisuras ni grietas por el recubrimiento que presentan, la mayoría de mortero de cemento y de barro, que no permiten la visibilidad de las fisuras, y en un porcentaje de 17% se presentan mínimas fisuras principalmente en la unión del mortero – adobe.

7. Configuración geométrica en planta.

Tabla 39: Nivel de Vulnerabilidad según la configuración geométrica en planta

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
Irregular	9	30%	4
Regular	21	70%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo

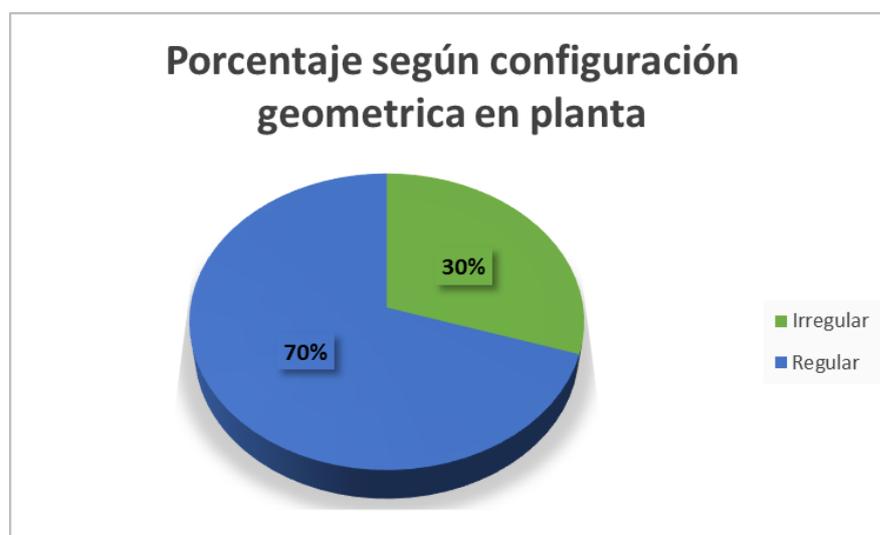


Figura 35: Porcentaje según configuración en planta (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: El 70% de las viviendas presentan una geometría en planta regular en forma de rectángulos y cuadrados los que representan un menor grado de vulnerabilidad, y el 30% de las viviendas encuestadas presentan una geometría irregular en planta, que son construcciones en forma de L y que presentan muros en el interior de las viviendas siendo más vulnerables a eventualidades sísmicas.

8. Configuración geométrica en elevación.

Tabla 40: Nivel de vulnerabilidad según la configuración geométrica en elevación

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
Irregular	4	13%	4
Regular	26	87%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo

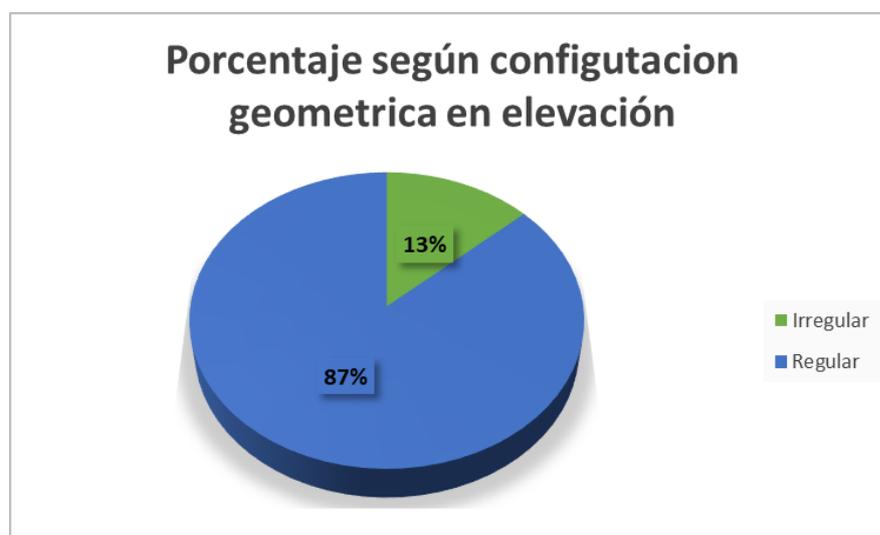


Figura 36: Porcentaje según configuración geométrica en elevación (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: El 87% de las viviendas presentan una geometría regular en elevación, teniendo continuidad en las ubicaciones de puertas y vanos, y el 13% que presentan una geometría irregular donde se observa viviendas que no tiene bien distribuido la ubicación de los vanos y puertas.

9. Juntas de dilatación sísmica son acorde a la estructura.

Tabla 41: Nivel de vulnerabilidad según las juntas de dilatación sísmica

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
No / No existen	0	0%	4
Si / No requiere	30	100%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo



Figura 37: Porcentaje según juntas de dilatación sísmica (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: Para el caso de viviendas se definió que no requieren juntas sísmicas por la ubicación de las construcciones en zonas amplias, y en caso que las viviendas se encuentren colindantes a otras se observó que tienen un espacio libre entre vivienda y vivienda.

10. Existe concentración de masas en nivel...

Tabla 42: Nivel de vulnerabilidad según la concentración de masa

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
Superior	1	3%	4
Inferior / No existe	29	97%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo

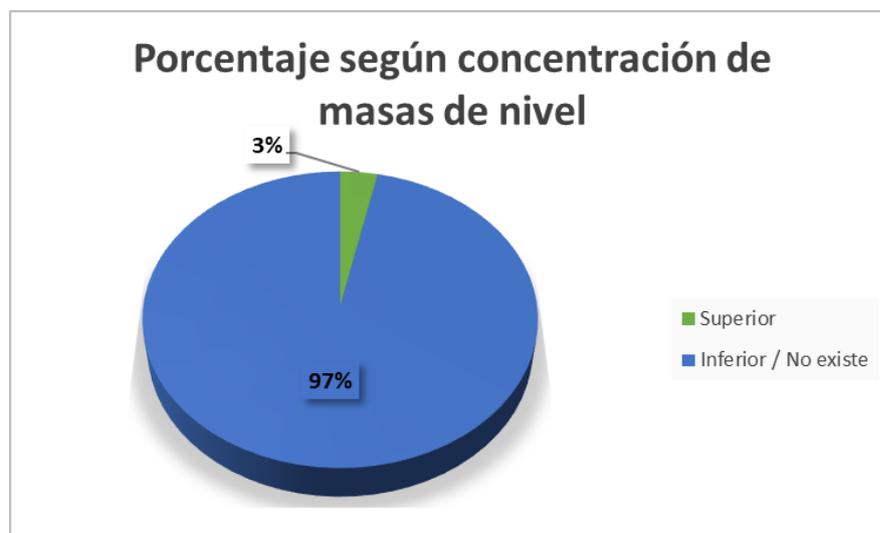


Figura 38: Porcentaje según concentración de masas de nivel (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: Para las concentraciones de masas el peso que supone dos niveles en las viviendas genera una concentración de masa en el primer nivel, los muros a mayor altura representan más posibilidades de volcamiento por que las aceleraciones sísmicas de respuesta aumentan hacia arriba, lo cual significa mayor fuerza sísmica.

11. En los principales elementos estructurales se observa.

Tabla 43: Nivel de vulnerabilidad según los principales elementos estructurales

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
No existen/son precarios	0	0%	4
Deterioro y/o humedad	4	13%	3
Regular estado	26	87%	2
Buen estado	0	0%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo

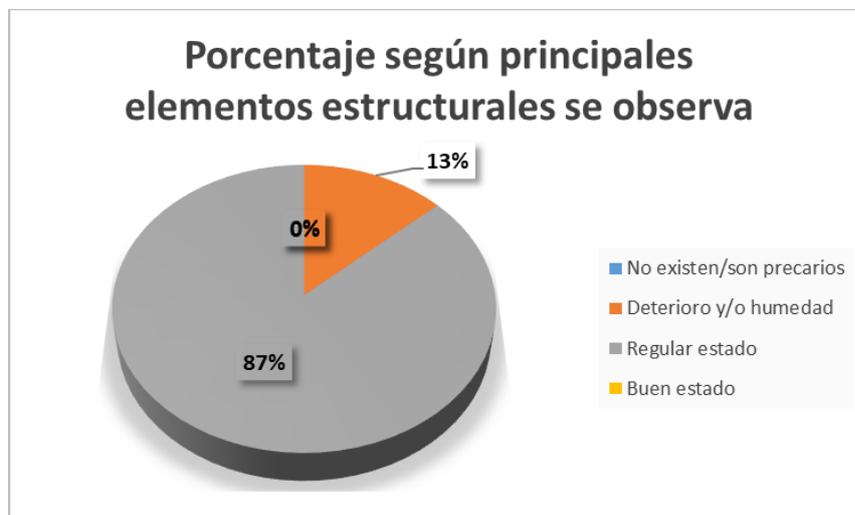


Figura 39: Porcentaje según principales elementos estructurales se observa
(elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: El deterioro y/o humedad en los muros de las viviendas representan el 13%, por inclemencias y la antigüedad de las viviendas y el 87% de las viviendas se consideran en regular estado, no muestran fisuras en los muros portantes.

12. Otros factores que inciden en la vulnerabilidad por.

Tabla 44: Nivel de vulnerabilidad según los factores que indican en la vulnerabilidad

Respuesta	Cantidad	%	Nivel de Vulnerabilidad
Factor que indice en la vulnerabilidad	0	0%	4
No aplica	30	100%	1
TOTAL	30	100%	

FUENTE: elaborado por el equipo de trabajo



Figura 40: Porcentaje según factores que inciden en la vulnerabilidad (elaborado por el equipo de trabajo).

Comentario: Según la encuesta y los factores que inciden en la vulnerabilidad descritos no se presentan en las viviendas de la ciudad de Ayaviri.

4.1.1 Determinación del grado de vulnerabilidad de las viviendas.

El valor de la vulnerabilidad se asigna según cada respuesta obtenida para cada pregunta en la encuesta del **ANEXO D. CARACTERÍSTICAS DE LA**



CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA (INDECI). La sumatoria de los valores de las preguntas se clasifica en función de la tabla

Tabla 45: Calificación del nivel de vulnerabilidad de la vivienda ().

NIVEL DE VULNERABILIDAD	RANGO DEL VALOR	CARACTERISTICAS DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD
MUY ALTO	Mayor a 24	En las condiciones actuales NO ES POSIBLE ACCEDER A UNA ZONA DE SEGURIDAD dentro de la edificación, requiere cambios drásticos en la estructura.
ALTO	Entre 18 a 24	REQUIERE REFORZAMIENTO en potencial zona de seguridad intema
MODERADO	Entre 15 a 17	En las condiciones actuales SI ES POSIBLE ACCEDER A UNA ZONA DE SEGURIDAD dentro de la edificación
BAJO	Hasta 14	En las condiciones actuales SI ES POSIBLE ACCEDER A UNA ZONA DE SEGURIDAD dentro de la edificación

FUENTE: INDECI, 2006

De acuerdo a los valores obtenidos se tiene los siguientes resultados del grado de vulnerabilidad de las viviendas. Se muestra en la tabla N° 46.

Tabla 46: Resumen de la calificación del nivel de vulnerabilidad para cada vivienda

N° Vivienda	Nivel de Vulnerabilidad			
	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Vivienda N° 01				X
Vivienda N° 02				X
Vivienda N° 03				X
Vivienda N° 04				X
Vivienda N° 05			X	
Vivienda N° 06			X	
Vivienda N° 07			X	
Vivienda N° 08				X
Vivienda N° 09			X	
Vivienda N° 10			X	
Vivienda N° 11			X	
Vivienda N° 12			X	
Vivienda N° 13			X	
Vivienda N° 14			X	
Vivienda N° 15			X	
Vivienda N° 16			X	
Vivienda N° 17			X	
Vivienda N° 18				X
Vivienda N° 19			X	
Vivienda N° 20			X	
Vivienda N° 21				X
Vivienda N° 22			X	
Vivienda N° 23			X	
Vivienda N° 24				X
Vivienda N° 25			X	
Vivienda N° 26			X	
Vivienda N° 27			X	
Vivienda N° 28			X	
Vivienda N° 29			X	
Vivienda N° 30			X	
TOTAL	0	0	22	8

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación se ha trabajado con 30 viviendas de adobe de dos niveles que representa la muestra de la población, se presenta en porcentajes los resultados.

Tabla 47: Nivel de vulnerabilidad de las viviendas

NIVEL	CANTIDAD	%
BAJO	0	0
MOREDADO	0	0
ALTO	22	73%
MUY ALTO	8	27%
TOTAL	30	1

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a la tabla N° 2 y N° 45, 22 viviendas que representa el 73% del total de la muestra analizada tiene un nivel alto de vulnerabilidad, lo que podemos deducir de la vivienda seria lo siguiente: Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de la construcción, con procesos de hacinamiento en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de los servicios básicos (INDECI, 2006).

De acuerdo a la tabla N° 2 y N° 45, 8 viviendas que representa el 27% del total de la muestra analizada tiene un nivel muy alto de vulnerabilidad, lo que podemos deducir de la vivienda seria lo siguiente: Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención (INDECI, 2006).

4.1.2 Análisis de resultados de evaluación estructural.

4.1.2.1 Verificación de densidad de muros

Se ha verificado la densidad de muros de la vivienda típica obteniendo los siguientes valores:

a) Esfuerzo cortante por área de muro.

Tabla 48: Verificación de densidad de muros

Verificación de densidad de muros			
Descripción	valor admisible (m ²)	Valores	
		Eje "X"	Eje "Y"
Densidad de muros	10.32	11.46	8.97

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

La densidad de muros por esfuerzo cortante por área de muros en la dirección "X" es mayor que el área de los muros admisibles, lo que nos da a entender que la cantidad de muros existentes aseguran un buen comportamiento sísmico; en caso de la dirección "Y" podemos observar que el área de los muros actuante es menor que el área de los muros admisibles, lo que significa que es necesario aumentar muros en la dirección "Y" o en todo caso mejorar el material del muro.

b) Por densidad en porcentaje

Tabla 49: Verificación de densidad de muros

Verificación de densidad de muros			
Descripción	valor admisible (%)	Valores	
		Eje "X"	Eje "Y"
Densidad de muros	8.00	14.58	11.41

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

La densidad expresado en porcentaje según la Norma E.080 en dirección “X” y “Y” el porcentaje del área actuante de los muros respecto al área total de la planta es mayor al porcentaje de la densidad admisible de los muros, podemos deducir según los valores establecidos por la Norma E.080 que la densidad de los muros en los ejes “X” y “Y” es mayor a la densidad admisible, que significa que no requiere más áreas de muros, y que tendrá un buen comportamiento sísmico.

4.1.2.2 Verificación por carga vertical

Con los cálculos realizados en la presente investigación se ha hallado el esfuerzo axial actuante y esfuerzo axial admisible de cada uno de los muros contemplados en la vivienda de sus dos direcciones, mostrados en la tabla N° 50.

Tabla 50: Verificación por carga vertical

Verificación por carga vertical		
Muros	Esfuerzo axial actuante (kg/cm ²)	Esfuerzo axial admisible (kg/cm ²)
1x	0.71	2.04
2x	0.71	2.04
3x	0.80	2.04
4x	0.80	2.04
5x	0.73	2.04
6x	0.51	2.04
1y	0.73	2.04
2y	0.69	2.04
3y	0.86	2.04
4y	0.79	2.04
5y	0.68	2.04
6y	0.51	2.04

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

De acuerdo a los datos obtenidos en el cálculo podemos afirmar que el esfuerzo axial actuante es menor que el esfuerzo axial admisible; los muros son resistentes al peso de la estructura, no existiría aplastamiento de las unidades de

albañilería, los valores hallados dependen de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería y el murete.

4.1.2.3 Control de Fisuras.

De la verificación por cortante se obtiene los siguientes datos:

Tabla 51: Control de fisuras (elaborado por el equipo de trabajo).

Control de fisuras		
Muros	Fuerza cortante por sismo moderado (kg)	Resistencia fuerza cortante (kg)
Dirección "X" - Piso 1		
1x	3715.77	2043.67
2x	3715.77	2043.67
3x	2741.95	1508.07
4x	3078.40	1693.12
5x	11203.37	6161.85
6x	565.76	311.17
Dirección "Y" - Piso 1		
1y	11099.01	6104.46
2y	1653.02	909.16
3y	271.88	149.54
4y	5319.69	2925.83
5y	5319.69	2925.83
6y	772.75	425.01

Podemos afirmar que con la presencia de un sismo moderado los muros de la vivienda presentarán fisuras, la fuerza cortante producida por un sismo moderado ante la resistencia a la fuerza cortante de los muros es mayor, lo que implicaría que no cumple con las verificaciones antisísmicas, y al producirse eventos sísmicos las estructuras sufrirían grietas comunes en las esquinas de los vanos y posibles volteos en los muros.

4.1.2.4 Verificación de la resistencia al corte de la vivienda

Tabla 52: Verificación de la resistencia al corte de la vivienda (elaborado por el equipo de trabajo).

Verificación de la resistencia al corte de la vivienda		
Descripción	Dirección "X" - Piso 1 (kg)	Dirección "Y" - Piso 1 (kg)
Resistencia a fuerza cortante	20533.82	17000.15
Fuerza cortante en la base para sismo severo	51612.78	51612.78294

Se ha realizado la verificación de resistencia al corte a toda la vivienda de acuerdo a la dirección de los muros ante la fuerza cortante en la base para sismo severo, de acuerdo a los cálculos podemos afirmar que ante un evento sísmico severo, las viviendas colapsarían en el proceso, lo que evidencia los datos que la fuerza cortante en la base producida por un sismo severo es mayor que la resistencia a la fuerza cortante de la vivienda en los ejes "X" y "Y".

4.1.3 Diagnostico

Las viviendas de adobe de dos niveles en la ciudad de Ayaviri tienen un grado de vulnerabilidad alto descrito y sustentado en la presente investigación, su principal causa que se ha podido identificar según el análisis estructural la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería y de los muretes propiamente dicho, la ausencia de elementos estructurales verticales y la ausencia de diafragma rígido que asegure el comportamiento grupal de los muros.

Respecto a la resistencia a la fuerza vertical los muros cumplen las verificaciones antisísmicas por los valores mínimos hallados en la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería y de los muretes propiamente dicho.



Podemos afirmar que las viviendas expuestas ante un sismo severo o moderado, sufrirán grandes daños o hasta el colapso por los valores hallados de la resistencia a la fuerza cortante de los muros y de la vivienda en conjunto son menores a las fuerzas cortantes actuantes simuladas ante un sismo moderado y severo.

Gracias a esta investigación se ha podido observar que en el 100% de las viviendas no poseen vigas soleras, refuerzos verticales, y que los muros no tienen una conexión entre ellos en la parte superior y que son vulnerables al volteo en una eventualidad sísmica.

Cabe resaltar que la ciudad de Ayaviri se encuentra según la Norma E.030 en la zona 2 del mapa de zonas sísmicas, pero al límite de la zona 3, no descartamos que la ciudad de Ayaviri esté libre de eventos sísmicos.

4.1.4 Medidas de prevención.

Siendo conscientes del estado actual de las viviendas de adobe de dos niveles en la ciudad de Ayaviri, basados en los resultados de la presente investigación que ante una exposición ante un sismo severo las estructuras estudiadas puedan sufrir daños en los componentes estructurales y hasta el colapso de las viviendas. La importancia de este trabajo de investigación conlleva a inculcar a los propietarios y a las autoridades pertinentes una cultura de prevención ante eventos catastróficos. Teniendo en cuenta la reducción del grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe de dos pisos. Por lo que a continuación se presentan técnicas de reforzamiento estructural económicos para viviendas de adobe de dos niveles.

Alternativa 1. Chavetas en vigas de techo (Vicente, 2013)

De acuerdo a la investigación de conexión de muros con chavetas (Vicente, 2013), utilizar los puntales de eucalipto para resistir el volteo de los muros, formando una conexión en muros paralelos y contrarios poniendo topes (chavetas) en el extremo exterior. De esta manera los esfuerzos de los muros se transferirán a los perpendiculares.



Figura 41: Refuerzo con chavetas (Velarde, 2014)

Los puntales de eucalipto tienen resistencia a la tracción alta, la colocación de los puntales por recomendación se debe colocar 3 hiladas adentro del muro.

Alternativa 2. Viga collar CSK (Kuroiwa, 2002)

Es adecuada para construcciones de adobe aisladas, que existen en áreas rurales o en zonas sobre terrenos amplios como en el caso de las viviendas del sector de San Isidro. La viga collar de madera se coloca como refuerzo en la parte exterior

e interior de los muros, rodeándolos completamente de tal forma que trabaje como viga solera, arriostrando la parte superior de los muros.

La viga collar CSK, consiste en 2 tablones de madera paralelos 12" x 1" de sección transversal, hasta un máximo de unos 5 m. Estos se colocan a la altura de dinteles de puertas y ventanas, unidos con elementos metálicos para formar un cuerpo continuo que rodea completamente la construcción con la finalidad de que se mantenga como un todo, aún después de la falla de los muros de adobe. (Kuroiwa 2002).

Es muy importante que las uniones metálicas funcionen de acuerdo a lo previsto, para lo cual es necesario colocarlas cuidadosamente. Las uniones son de 3 tipos:

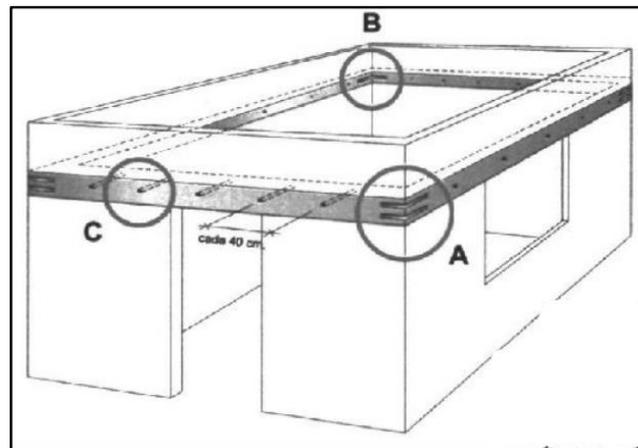


Figura N° 42: Viga Collar CSK de madera y uniones metálicas (Kuroiwa, 2002)

a) Unión de la esquina exterior. Son ángulos metálicos a 90°, de 1/16" de espesor. Cada ala tiene 15 cm de largo x 3 cm de ancho y 14 huecos para la colocación de tornillos de 1 in. Ver detalle A.

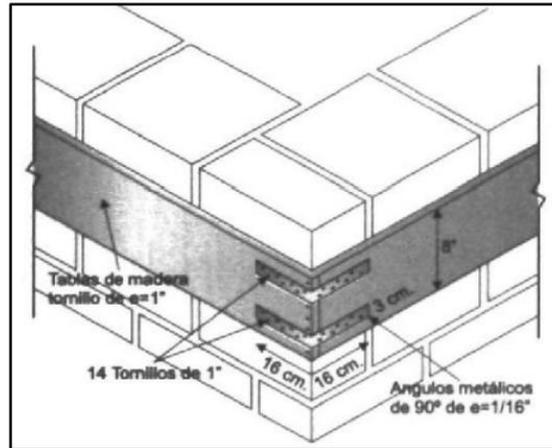


Figura N° 43: Detalle A: Unión metálica exterior (Kuroiwa, 2002)

b) Unión de esquina interior. Son planchas metálicas de $1/16''$ de espesor, 15 cm de largo y 3 cm de ancho, sobre la que se suelda una varilla metálica lisa de $3/8''$ de diámetro, de una longitud tal, que atraviese el espesor del muro y los 2 tablonos permitan la cómoda colocación en su otro extremo de una guacha e hilo para ajustar con un perno. Ver detalle B. Las uniones de las esquinas presentadas en los detalles A y B, le dan resistencia frente a los momentos y cortes que se generan en ese punto crítico.

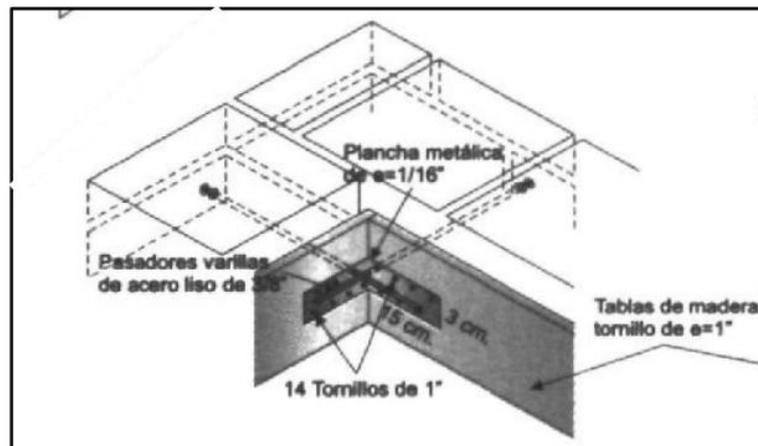


Figura N° 44: Detalle B: Refuerzo metálico interior (Kuroiwa, 2002)

c) Unión transversal entre tablones. Consiste en un pasador de acero de 3/8” de diámetro, que atraviesa los tablones y el muro. La separación entre pasadores es de 0,30 m y hace que la viga collar funcione de acuerdo a lo esperado.

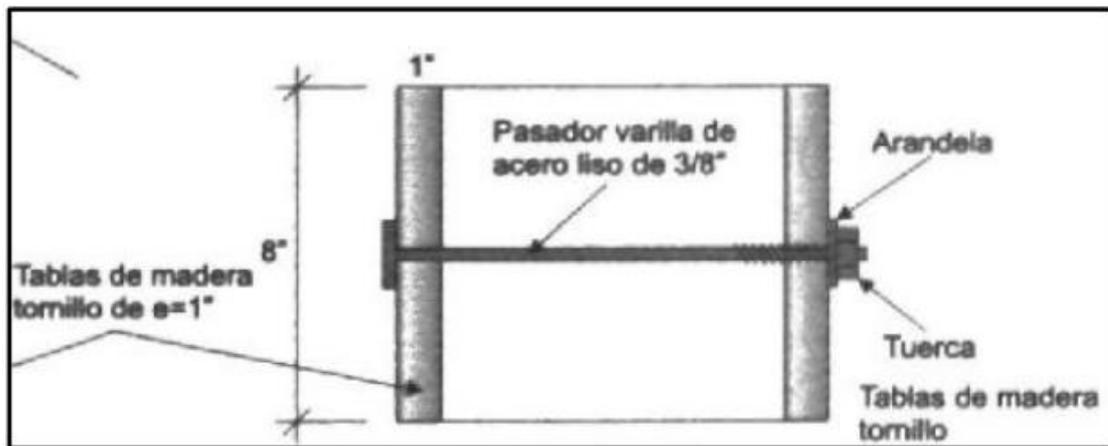


Figura N° 45: Detalle C: Pasador metálico (Kuroiwa, 2002)

4.2 DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en los Anexos A, B y C muestran una situación preocupante ante el grado de vulnerabilidad de las viviendas por la mayoría tiene un grado de vulnerabilidad alto o muy alto según la encuesta realizada. Lo cual indica la nula asesoría técnica a los constructores de la zona. Que se ve reflejado por la ausencia de la viga solera en los muros, la mala distribución arquitectónica que poseen y la calidad de los adobes y mortero que utilizan en la construcción de las viviendas.

Es necesario conocer el nivel de vulnerabilidad sísmica de las viviendas habitables existentes para poder plantear técnicas de reforzamiento que aseguren la vida de las personas que viven en ellas.

“Las viviendas de adobe existentes de dos pisos en la ciudad de Ayaviri presentan un alto grado de vulnerabilidad sísmica.” Según nuestra Hipótesis planteado y los



resultados obtenidos de la investigación el 73% de las viviendas presenta un nivel de vulnerabilidad alto y el 27% presentan un nivel de vulnerabilidad muy alto.

Maldonado Rondón E. y Chío Cho G. (2009), en su libro *Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra*, demostró mediante relaciones de vulnerabilidad-estado de daño para diferentes eventos sísmicos, que las viviendas de adobe tienen un comportamiento frágil no dúctil ante sollicitaciones sísmicas y por ello falla violentamente. La presente investigación encontró que los muros de las viviendas de adobe con dos niveles existentes en la ciudad de Ayaviri no poseen ningún tipo de refuerzo por lo que ante aceleraciones sísmicas las edificaciones alcanzarían daños estructurales severos, llegando incluso al colapso. Esto representa un comportamiento frágil y no dúctil de las viviendas de adobe.

Kuroiwa J. (2002), en su libro *Reducción de desastres viviendo en armonía con la naturaleza*, indica que “una población también es vulnerable porque no está organizada y porque no dispone de medios económicos para defenderse y que una reducción efectiva de la vulnerabilidad de la población puede lograrse mediante la educación”, lo cual es cierto, ya que en la ciudad de Ayaviri la mano de obra es de baja calidad, debido a la falta de capacitación y desconocimiento de criterios estructurales en la construcción y fabricación de adobes.



V. CONCLUSIONES

- ✓ Según los resultados obtenidos en el ANEXO D. CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA (INDECI). En la ciudad de Ayaviri se muestra que el 73% de las viviendas presenta un nivel de vulnerabilidad alto y el 27% presentan un nivel de vulnerabilidad muy alto.
- ✓ De acuerdo al análisis estructural de la vivienda de adobe de dos pisos representativa, la densidad de los muros por el método de esfuerzo cortante por área en la dirección “X”, demuestra que el área actuante es mayor que el área admisible de los muros, en la dirección “Y” que el área actuante es menor al área admisible; por el método de densidad por porcentaje en la dirección “X” y “Y” el porcentaje de los muros actuantes es mayor al porcentaje admisible de densidad de muros según la Norma E.080; la verificación por carga vertical concluye que el esfuerzo axial actuante es menor al esfuerzo axial admisible, lo que indica que los muros resisten las solicitaciones por carga vertical, la verificación por corte por sismo moderado concluye que la fuerza cortante actuante es mayor que la fuerza cortante admisible de cada muro y la fuerza cortante que produce un sismo severo en la base del edificio resulta mayor a la resistencia cortante del edificio en la base, del tal forma podemos asegurar ante un evento sísmico moderado o severo se presentarían fisuras en los muros de la edificación y estaría propenso a un colapso.
- ✓ Se concluye que las viviendas existentes en la ciudad de Ayaviri presenta un nivel de vulnerabilidad alto, basado en los resultados de la presente investigación. Ante un posible evento sísmico las viviendas sufrirían posibles daños en los vanos, volteo de muros y un posible colapso de la vivienda.



VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda a la población en general de la ciudad de Ayaviri, que al momento de construir una vivienda tengan el asesoramiento de un profesional en la materia, de tal manera que recomiende las condiciones mínimas a cumplir al construir viviendas de adobe de dos pisos.
- ✓ Se recomienda en futuros proyectos de investigación que se enfoquen en plantear modificaciones de la Norma E.080, que contemple construcciones de adobe de dos niveles a más. Para tener una base donde guiarse en el procedimiento de construcción, mantenimiento y la evaluación de viviendas existentes.
- ✓ Conocido el diagnóstico de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas, se recomienda la aplicación de las alternativas de solución que se plantea en la presente investigación priorizando el reforzamiento para las viviendas con el nivel de vulnerabilidad alto y muy alto, en base al análisis estructural realizado y las consideraciones por INDECI.
- ✓ Se recomienda practicar una cultura de prevención de desastres, anticipando los posibles daños con la evaluación del grado de vulnerabilidad de las viviendas habitables en general. Y planteamiento de técnicas de reforzamiento estructural.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centurión, M. & Barba, J. (1986). Influencia del mortero en la albañilería de adobe. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Álvarez, D. (2015). VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE ADOBE DEL C.P. LA HUARACLLA, JESÚ S, CAJAMARCA 2015. (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Abanto F. (2016). ANALISIS Y DISEÑO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA. <https://es.scribd.com/document/385597567/Analisis-y-Diseno-de-Edificaciones-de-Albanileria-Flavio-Abanto-Castillo-Edicion-Actualizada>

Rubio, A. (2017). ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS DE ADOBE DEL SECTOR DE SAN ISIDRO – JAÉN – 2016. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Velarde, G. (2014). ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE DOS PISOS DE ADOBE EXISTENTE EN LIMA (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

QUISPE, M. (2017). “EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA CAPILLA CRISTO POBRE DE LA BENEFICENCIA DE PUNO” (tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.

Salvador, E. (2006). Comportamiento Sísmico de un Módulo de Adobe de Dos Pisos con Refuerzo Horizontal y Confinamientos de Concreto Armado (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Gonzales, E. (2016). DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS PROPIEDADES DE COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN DE LA



MAMPOSTERÍA DE ADOBE, PIEDRA Y LADRILLO EN EDIFICACIONES HISTÓRICAS PERUANAS (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Ramírez, J. (2016). Estudio de las Propiedades Mecánicas y Físicas del Adobe con Biopolímeros de Fuentes Locales (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, San Miguel, Perú.

Peralta, G. (2009). RESISTENCIA A FLEXION DE MUROS DE ADOBE REFORZADOS CON GEOMALLAS-INFLUENCIA DEL TIPO DE TARRAJEO (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Quispe, J. & Rondón, S. (2012). PROPUESTA INTEGRAL DE REFORZAMIENTO PARA EDIFICACIONES DE ADOBE. APLICACIÓN AL CASO DE UN LOCAL ESCOLAR DE ADOBE EN LA PROVINCIA DE YAUYOS (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Vargas, L. (2016). DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE, LADRILLO Y PIEDRA EN EDIFICACIONES HISTÓRICAS PERUANAS (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LA VIVIENDA DE PERÚ. (1986) CONSTRUCCIONES EN ADOBE DISPOSICIONES ESPECIALES PARA DISEÑO SISMORRESISTENTE. Recuperado de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

Carazas, A. (2002). “ADOBE: GUIA DE CONSTRUCCION PARASISMICA”. VILFONTAINE CEDEX, FRANCIA: CRATERRE.



AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica) (2006). Manual para la Rehabilitación de Viviendas construidas en Adobe y Tapia Pisada. Bogotá. Colombia.

INEI: “Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda”. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, Perú, 2007 (en línea). Consultado 10 mayo 2014.

INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil), Manual Básico para la Estimación del Riesgo, Lima, Perú, 2006 (en línea).

Kuroiwa, J. (2002). Reducción de desastres viviendo en armonía con la naturaleza. 1 ed. Lima, Perú.

Maldonado E. y Chio G. (2009). Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra. 1ed. Bucaramanga, Colombia

Zelaya. A. 2007 “Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe”. Tesis (Mgs. Ingeniera Civil) Lima, Perú.

Sánchez, V. 2014. Estimación de riesgo sísmico en viviendas de adobe del sector Sargento Lores, Jaén. Tesis Ing. Civ. Cajamarca, Perú.

Hernández, 2014. Metodología de la Investigación. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 6ta edición. México D.F, México

MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento) (2006), Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, (NORMA E 0.20, NORMA E 0.30, NORMA E 0.70, NORMA E .080). Perú

EERI (Earthquake Engineering Research Institute,) - Perú 2003. Construcciones de Adobe Resistentes a los Terremotos: Tutor. Consultado 10 mayo 2016. Disponible en: <http://www.world-housing.net/wp>



Macetas P. “Análisis de diafragmas, diafragmas rígidos y flexibles, Teoría y ejemplos explicativos” (2016) Universidad Privada del Norte. Consultado 06 mayo 2020. Disponible en: <https://es.slideshare.net/JhimyQuispe1/diafragmas-rgidos-y-flexibles>



ANEXOS

ANEXO A. PLANO DE UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE DE DOS NIVELES EN EL CATASTRO DE LA CIUDAD DE AYAVIRI.

ANEXO B. FICHA DE CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS EDIFICACIONES

ANEXO C. FICHA COMPARATIVA DE PARAMETROS ESTABLECIDOS EN LA NORMA E.080.

ANEXO D. CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA (INDECI).

ANEXO E. NÚMERO DE VIVIENDAS POR CALLE ENCONTRADAS EN LA CIUDAD DE AYAVIRI

ANEXO F. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ANEXO G. ENSAYO DE DENSIDAD DE MASA

ANEXO H. PANEL FOTOGRAFICO.