



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**PROPUESTA DE UN MODELO DE VIVIENDA DE ADOBE
REFORZADO CON MALLA METÁLICA SISMORRESISTENTE
PARA LA LOCALIDAD DE LAMPA, DISTRITO Y PROVINCIA
DE LAMPA – PUNO, PERIODO 2020-2021.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JACINTO CCALLO, FÉLIX

Bach. CHAMBILLA MAQUERA, WILBER ANDRÉS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Con todo el cariño para mi padre Juan Chambilla, quien siempre creyó en la educación. También a toda mi familia que me apoyaron en todo momento.

Wilber Andrés Chambilla Maquera.



DEDICATORIA

Con mucho cariño a mi madre Martina que del cielo nos ilumina, y a toda mi familia por haberme impartido perseverancia y comprendido los años de estudio.

Félix Jacinto Ccallo.



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, quienes nos transmitieron sus conocimientos durante nuestro proceso de aprendizaje que nos influyeron a través de sus lecciones y experiencias en nuestra formación pre profesional.

Un especial agradecimiento al Ingeniero Nicolás Luza, por habernos apoyado y recomendado durante el desarrollo de esta tesis.

También a los ingenieros docentes miembros del jurado revisor, por habernos recomendado e impartido algunas experiencias en el desarrollo de este trabajo de tesis.

Wilber Andrés Chambilla Maquera.

Félix Jacinto Ccallo.



INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 17

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. 19

1.2.1. Problema general..... 19

1.2.2. Planteamiento específico del problema. 19

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO..... 19

1.3.1. Objetivo General. 19

1.3.2. Objetivos Específicos. 19

1.4. HIPÓTESIS. 20

1.4.1. Hipótesis general. 20

1.4.2. Hipótesis específica. 20

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 20

1.6. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN. 22

1.7. UNIDAD DE ANÁLISIS. 22

1.8. POBLACION DE ESTUDIO..... 22

1.9. TAMAÑO DE LA MUESTRA. 22

1.10. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN..... 23



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	25
2.2. MARCO TEÓRICO.	32
2.2.1. Viviendas de adobe.	32
2.2.2. Estudio de suelos.	32
2.2.3. Cimentaciones para viviendas de adobe.....	33
2.2.4. Sobrecimiento para viviendas de adobe.	34
2.2.5. Adobe.	34
2.2.7. Leyes de similitud.	40
2.2.8. Sismo.....	45
2.2.9. Relación entre la aceleración del sismo y la escala de Richter y la de Mercalli.	48
2.2.10. Fuerzas sísmicas horizontales (H).....	50
2.2.11. Cargas.....	51
2.2.12. Refuerzo de viviendas de adobe.....	52
2.2.13. Esfuerzos longitudinales.....	52
2.2.14. Tipos de fallas.	53
2.3. MARCO CONCEPTUAL.	55

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	59
3.1.1. Ubicación política de la localidad de Lampa.	59
3.1.2. Localización del lugar del área de estudio.	59
3.1.3. Características de la zona de estudio.....	60
3.1.4. Viviendas en la localidad de Lampa.....	61
3.1.5. Situación de las viviendas post sismo en Lampa diciembre 2016.	61



3.2. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES PARA EL MODELO DE VIVIENDA DE ADOBE.....	63
3.2.1. Dimensionamiento del adobe.	63
3.2.2. Suelos, cimientos y sobrecimientos.....	64
3.2.3. Muros y vanos.	65
3.3. DETERMINACIÓN LOS ESFUERZOS LONGITUDINALES DEL MODELO DE VIVIENDA DE ADOBE.....	66
3.3.1. Análisis de cargas.....	66
3.3.2. Comportamiento sísmico del modelo de vivienda de adobe.....	74
3.3.3. Modelado del modelo de vivienda en SAP 2000.	76
3.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FALLA EN LOS PROTOTIPOS SIN REFUERZO Y REFORZADO SIMULADO EN MESA VIBRADORA.....	80
3.3.1. Preparado del prototipo del muro crítico.....	81
3.4.2. Prototipo sin refuerzo.	83
3.4.3. Prototipo con refuerzo de malla metálica.....	83
3.4.4. Fases de los ensayos dinámicos.....	85

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LAS DIMENSIONES DE MUROS Y VANOS DE LA PROPUESTA DEL MODELO DE VIVIENDA.	87
4.2. RESULTADOS DE ESFUERZOS LONGITUDINALES DEL MODELO DE VIVIENDA SIMULADOS EN SAP 2000.	88
4.2.1. Esfuerzos longitudinales del modelo de vivienda para un adobe existente.	89
4.2.2. Esfuerzos longitudinales del modelo de vivienda para un adobe recientemente elaborado.	92
4.2.3. Gráfico comparativo del esfuerzo longitudinal del modelo reforzado y no reforzado.....	96



4.3. RESULTADOS DE LOS TIPOS DE FALLAS EN LOS PROTOTIPOS SIN REFUERZO Y REFORZADO CON MALLA METÁLICA.	99
4.3.1 Ensayo en mesa vibratoria del prototipo sin refuerzo.	99
4.3.2 Fallas en el prototipo sin refuerzo.	101
4.3.3 Ensayo en mesa vibratoria del prototipo con refuerzo de malla metálica. .	102
4.3.4 Análisis de falla en el prototipo reforzado con malla metálica.	104
4.4. DISCUSIONES.....	105
4.4.1 Discusión resultados obtenidos de esfuerzos longitudinales y fichas de evaluación en campo.	105
4.4.2 Discusión resultados obtenidos de esfuerzos longitudinales y simulación en mesa vibradora.	108
V. CONCLUSIONES.....	110
VI. RECOMENDACIONES	112
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	113

TEMA: Modelo de vivienda de adobe sismorresistente.

ÁREA: Estructuras.

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Análisis y diseño estructural.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31 de mayo del 2022.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Cimiento y sobrecimiento para una vivienda de adobe.	34
Figura 2.	Dimensionamiento del adobe.....	35
Figura 3.	Relación largo y altura del adobe.....	36
Figura 4.	Prueba de flexión.	37
Figura 5.	Módulo de elasticidad.	38
Figura 6.	Dimensionamiento en vanos y muros.....	39
Figura 7.	Limite geométrico de muros y vanos.....	40
Figura 8.	Sismo cercano.	47
Figura 9.	Sismo lejano.....	48
Figura 10.	Distancia al hipocentro.	49
Figura 11.	Falla típica por flexión.	54
Figura 12.	Localización distrito de Lampa.....	59
Figura 13.	Viviendas cercanas a la localidad de Lampa.	62
Figura 14.	Medidas del adobe.	63
Figura 15.	Área tributaria en la cobertura.	67
Figura 16.	Aceleración espectral.	74
Figura 17.	Asignación de carga muerta en el techo.	78
Figura 18.	Asignación de carga viva en el techo.....	78
Figura 19.	Asignación de carga de nieve en el techo.	79
Figura 20.	Asignación de carga de viento.	79
Figura 21.	Mesa vibratoria, laboratorio de estructuras EPIC - UNA.....	80
Figura 22.	Muro a ser ensayado en mesa vibratoria.....	81
Figura 23.	Preparación del muro de adobe prototipo.	82
Figura 24.	Muro sin refuerzo.....	83
Figura 25.	Determinación de las dimensiones del refuerzo.	84
Figura 26.	Muro con refuerzo de malla metálica.	85



Figura 27. Prototipo ensamblado en la mesa vibratoria.	86
Figura 28. Vista isométrica de la propuesta del modelo de vivienda de adobe.	88
Figura 29. Esfuerzo longitudinal frontal para adobe existente.....	90
Figura 30. Esfuerzo longitudinal posterior para adobe existente.	90
Figura 31. Esfuerzo longitudinal lado derecho para adobe existente.....	91
Figura 32. Esfuerzo longitudinal lado izquierda para adobe existente.....	91
Figura 33. Esfuerzo longitudinal isométrica para adobe existente.....	92
Figura 34. Esfuerzo longitudinal frontal para adobe nuevo.	93
Figura 35. Esfuerzo longitudinal posterior para adobe nuevo.....	94
Figura 36. Esfuerzo longitudinal muro transversal derecho para adobe nuevo.	94
Figura 37. Esfuerzo longitudinal lado izquierda para adobe nuevo.....	95
Figura 38. Esfuerzo longitudinal isométrica para adobe nuevo.	95
Figura 39. Cuadro comparativo esfuerzo en muro frontal.	96
Figura 40. Cuadro comparativo esfuerzo en muro posterior.....	97
Figura 41. Cuadro comparativo esfuerzo en muro lateral lado derecho.	97
Figura 42. Cuadro comparativo esfuerzo en muro lateral lado izquierdo.	98
Figura 43. Cuadro comparativo esfuerzo en muro del total de la vivienda.....	98
Figura 44. Fallas en el prototipo sin refuerzo.....	101
Figura 45. Fallas en el prototipo sin refuerzo con refuerzo.....	104
Figura 46. Comparación de falla por tracción con resultados de simulado en SAP 2000.	106
Figura 47. Comparación de falla por corte con resultados de simulado en SAP 2000.	107



INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Capacidad portante del suelo.	33
Tabla 2.	Relación de aceleración máxima con la escala Mercalli.....	49
Tabla 3.	Factor del suelo “S”.	50
Tabla 4.	Factor de uso “U”.....	50
Tabla 5.	Factor del Sismo “C”.	50
Tabla 6.	Metrado de cargas muertas del modelo de vivienda de adobe.....	67
Tabla 7.	Factores de barlovento y sotavento.....	70
Tabla 8.	Carga de viento en techo y pared.	70
Tabla 9.	Valores de Sa para cada periodo.....	72
Tabla 10.	Metrado de carga muerta del modelo de vivienda.	75
Tabla 11.	Resultados de los ensayos del prototipo sin refuerzo.	99
Tabla 12.	Resultados de los ensayos del prototipo reforzado.	102



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

PPD. Porcentaje de Personas Insatisfechas.

ISO. Organización Internacional de Normalización.

RNE. Reglamento Nacional de Edificaciones.

PMV. Estimación de sensación Térmica.

UNA. Universidad Nacional del Altiplano.

MM. Escala Mercalli Modificado

MW. Magnitud de Momento

ML. Magnitud de Local.

MVCS. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

q_p . Cantidades físicas del Prototipo.

q_m . Cantidades físicas del Modelo.

q_Q . Relación de similitud entre el modelo y prototipo.



RESUMEN

El propósito del presente trabajo de investigación, cuyo objetivo es “Proponer un modelo de vivienda de adobe reforzado con malla metálica sismorresistente para la localidad de Lampa, distrito y provincia de Lampa – Puno, periodo 2019 - 2021”, debido a que se continúa construyendo viviendas de adobe de manera tradición sin ningún refuerzo sismorresistente a pesar de los constantes sismos ocurridos en dicha localidad. Se ha tomado como unidad de análisis a las viviendas de adobe típicas de un piso en las periferias de la localidad de Lampa, el tamaño de la muestra es no probabilística, el tipo de investigación corresponde a la básica y el diseño de investigación es explicativo cuasi experimental, puesto que se tomaron datos de manera puntual por conveniencia. Dentro de los resultados la propuesta del modelo de vivienda cuenta con un área útil interna de 12.88 m² cuyas medidas exteriores son: largo 5.40m, ancho de 3.60m y adobes cuadrados de 0.40m de lado, para obtener los esfuerzos longitudinales en el software SAP 2000 en su versión 21, se ha determinado el módulo de elasticidad y el coeficiente de poisson del adobe, para el adobe antiguo existente es de 87.092 Mpa y 0.21, y para el adobe nuevo de reciente elaboración es 114.333 Mpa y 0.167 respectivamente, según los resultados de los esfuerzos longitudinales, para esfuerzos de 35 Tm/m² a 49 Tn/m² se obtuvo que el modelo de adobe de reciente elaboración tiene menor área en 1.303m² al área del modelo de adobe antiguo existente. Se ha identificado los tipos de falla para los prototipos con refuerzo y sin refuerzo, se realiza una simulación en mesa vibradora, dicho ensayo es realizado en cuatro fases de diferentes amplitud y frecuencia, para la etapa de falla con una amplitud de 3cm y 2.5 Hz, a escala real el tiempo de falla para el modelo sin refuerzo es de 13.00s y para el modelo reforzado es de 25.00s a una aceleración máxima de 0.305g que representaría un sismo en la Escala Mercalli VII percepción del temblor muy fuerte, también en el prototipo sin refuerzo presenta fallas por tracción, corte y presenta colapso en su estructura, por otra parte el prototipo con refuerzo de malla metálica presenta falla por corte y no colapsa su estructura, por lo cual este modelo reforzado es la mejor propuesta para futuras ejecuciones de viviendas de adobe en las periferias de la localidad de Lampa región de Puno.

PALABRAS CLAVES:

Modelo, Vivienda, Adobe, Sismorresistente, Refuerzo.



ABSTRACT

The purpose of this research work, whose objective is "To propose an adobe housing model reinforced with earthquake-resistant metal mesh for the town of Lampa, district and province of Lampa - Puno, period 2019 - 2021", because it continues to be built adobe houses in a traditional way without any earthquake-resistant reinforcement despite the constant earthquakes that occurred in that locality. The typical one-story adobe houses on the outskirts of the town of Lampa have been taken as the unit of analysis, the sample size is non-probabilistic, the type of research corresponds to the basic one and the research design is quasi-explanatory. experimental, since data were collected in a timely manner for convenience. Within the results, the proposal of the housing model has an internal useful area of 12.88 m² whose external measurements are: length 5.40m, width 3.60m and square adobes of 0.40m on each side, to obtain the longitudinal efforts in the SAP 2000 software. In its version 21, the modulus of elasticity and the Poisson coefficient of the adobe have been determined, for the existing old adobe it is 87.092 Mpa and 0.21, and for the new adobe of recent elaboration it is 114.333 Mpa and 0.167 respectively, according to the results. of the longitudinal stresses, for stresses of 35 Tm/m² to 49 Tn/m², it was obtained that the recently elaborated adobe model has a smaller area of 1,303m² than the area of the existing old adobe model. The types of failure have been identified for the prototypes with reinforcement and without reinforcement, a simulation is carried out on a shaking table, this test is carried out in four phases of different amplitudes and frequencies, for the failure stage with an amplitude of 3cm and 2.5 Hz , on a real scale, the time to failure for the model without reinforcement is 13.00s and for the reinforced model it is 25.00s at a maximum acceleration of 0.305g, which would represent an earthquake on the Mercalli VII Scale, perception of very strong tremor, also in the prototype without reinforcement presents failures due to traction, shearing and collapses in its structure, on the other hand, the prototype with metal mesh reinforcement presents failures due to shearing and does not collapse its structure, for which this reinforced model is the best proposal for future housing executions of adobe in the outskirts of the town of Lampa region of Puno.

KEY WORDS:

Model, Housing, Adobe, Earthquake, Reinforcement.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Las construcciones de adobe se pueden encontrar en casi cualquier parte del mundo. En el Perú se encuentra construcciones de barro desde la época prehispánicas, y según INEI 2005, existen más de 2.167.000 casas con paredes de barro y tierra compactada. Este número representa casi el 41% de las viviendas en el Perú, en especial la ciudad de Lampa cuenta con 5.306 viviendas, 3.630 viviendas son de barro y tierra compactada, lo que representa el 68,41% según el INEI 2017.

En nuestro territorio peruano, tiene una frecuencia continua de la ocurrencia de sismos y el Instituto Geofísico del Perú, cada año reporta y registra promedio de 200 sismos. El 1 de diciembre de 2016, sucede el sismo de magnitud moderada 6.0 ML escala Richter en la región centro - sur del Perú, que ha tenido como epicentro a 60 km al Este de la ciudad de Lampa, 45 km al Noroeste NO de la localidad de Santa Lucia y a 25 km al sureste SE de la localidad de Condoroma, su mayor su intensidad está en las localidades de Lampa, Paratía, Vilavila, Ocuvi, Santa Lucia, Cabanillas y Condoroma todos ubicados en la región de Puno (Tavera, 2016, Pág 2).

La Norma Técnica Peruana de adobe E.080 (2017) del Reglamento Nacional de Edificaciones, menciona que la malla metálica, se puede utilizar como refuerzo de pared exterior, aplicado a paredes y anclado correctamente a él, sin embargo no detalla la forma y la manera del refuerzo con malla metálica, mucho menos aspectos técnicos económicos, y los beneficios que brindan a nivel sismorresistente al utilizar dicho refuerzo, razón por la que se fomenta esta investigación con un material sumamente accesible a comparación del carrizo y las geomallas que no son tan accesibles en el lugar de estudio.



Según entrevista a los ciudadanos de la localidad de Lampa de la región de Puno, mencionan el desconocimiento de la utilización de la malla metálica como refuerzo sismorresistente, también indican que no son asesorados por ninguna entidad del estado y/o profesionales del área para construir una casa de barro y tierra compactada post sismo de Lampa ocurrido el 1 de diciembre de 2016.

Razón por la que realizamos el presente estudio de investigación cuyo objetivo es dé; proponer un modelo de vivienda reforzada con malla metálica sismorresistente para la localidad de Lampa - Puno, periodo 2020-2021, el cual es presentado en siete capítulos:

El capítulo I, desarrollamos el fundamento de la investigación como el planteamiento del problema, objetivos del estudio, hipótesis, justificación, y la metodología de la investigación.

El capítulo II, se redacta los antecedentes de la investigación, el marco teórico que justifica la presente investigación, también se da a conocer el marco conceptual de los términos más importantes.

El capítulo III, se desarrolla los materiales y métodos de la investigación, donde se han determinado las dimensiones del modelo de vivienda de adobe, esfuerzos longitudinales en SAP 2000 v21 y la identificación de los tipos de fallas en el prototipo reforzado y no reforzado.

El capítulo IV, se muestra los resultados y las discusiones de los objetivos planteados en la presente investigación.

El capítulo V, se da a conocer las conclusiones que responden a los objetivos de la presente investigación, también detalla la propuesta del modelo de vivienda de adobe sismorresistente.



El capítulo VI, presenta las recomendaciones para futuras investigaciones referida a temas similares.

Y finalmente el capítulo VII, se describe las referencias bibliográficas que justifican el presente trabajo.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

A. DIAGNOSTICO.

En la localidad de Lampa, provincia de Lampa, región de Puno, según INEI -2017, cuenta en total con 5306 viviendas con ocupantes presentes, siendo una cantidad de 3630 viviendas con muros de adobe, representando el 68.41% del total de viviendas.

Específicamente la localidad de Lampa y localidades aledañas de la región de Puno, han sufrido fuertes movimientos sísmicos y de muy larga duración, por lo que los pobladores de la zona fueron fuertemente afectados. El sismo ocurrido en Lampa y localidades aledañas el 1 de diciembre de 2016, las fuertes sacudidas de paredes y ventanas también provocaron el derrumbe de paredes de adobe, se rompieron las ventanas de muchas casas, se destruyeron escuelas e iglesias, se desprendieron piedras y lodo desde los cerros aledaños. La intensidad medida fue de VI en la escala de Mercalli Modificada (Tavera, 2016, Pág. 8).

Según visita a la localidad de Lampa, se ha evaluado ocho viviendas de adobe en las periferias de dicha localidad, podemos mencionar que cinco viviendas presentan fallas de corte que representa a la mayoría de viviendas, dos presentan fallas de tracción y una vivienda presenta falla por flexión, también del total de viviendas evaluadas, seis viviendas están en riesgo de colapso y ninguna de las viviendas evaluadas cuentan con el refuerzo sismorresistente alguno, que mencionan las normas técnicas peruanas.



También se afirma según visualización en las periferias de la localidad de Lampa, continúan las construcciones de viviendas de adobe sin ningún tipo de refuerzo sismorresistente, por ser económicas y más accesible para su ejecución. Según entrevista a los pobladores de zona, este tipo de viviendas se continúan construyendo de manera tradicional porque no cuentan con asesoramiento técnico por parte de las diferentes entidades competentes y/o profesionales entendidos en la materia para mejorar dichas construcciones de viviendas en adobe, a su vez mencionan que diferentes materiales como sogas cabuya y carrizos son de difícil acceso en la zona.

B. PRONÓSTICO.

De no profundizar estudios en viviendas de adobe sismorresistente, que puedan ser económicas y factibles en el proceso constructivo para los pobladores de la zona, además estas viviendas puedan evitar el colapso de su estructura, por tanto, brindar mayor seguridad a los pobladores de la localidad de Lampa, se estaría exponiendo al riesgo de colapso de dichas viviendas frente a futuros sismos que puedan ocurrir.

C. CONTROL DEL PRONÓSTICO.

Se debe realizar estudios con materiales accesibles de la zona y que sean económicos para la construcción de viviendas de adobe sismorresistente, también detallar la manera y la forma de uso de la malla metálica para el refuerzo sismorresistente, razón por la que se plantea el presente trabajo de tesis con el objetivo; propuesta de un modelo de vivienda de adobe reforzado con malla metálica sismorresistente para la localidad de Lampa, distrito y provincia de Lampa – Puno, periodo 2020-2021, con ello se detallará aspectos técnicos a nivel sismorresistente.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema general.

¿Cómo es la propuesta del modelo de vivienda en adobe reforzado con malla metálica sismorresistente para la localidad de Lampa, distrito y provincia de Lampa – Puno, periodo 2020 - 2021?

1.2.2. Planteamiento específico del problema.

- ¿Cómo es el dimensionamiento de muros y vanos de la propuesta del modelo de vivienda de adobe?
- ¿Cuáles son los esfuerzos longitudinales del modelo de vivienda de adobe propuesto, simulado en SAP 2000?
- ¿Cuáles son los tipos de fallas en los prototipos sin refuerzo y reforzado con malla metálica ensayados en mesa vibradora?

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

1.3.1. Objetivo General.

Proponer un modelo de vivienda de adobe reforzado con malla metálica sismorresistente para la localidad de Lampa, distrito y provincia de Lampa – Puno, periodo 2020 - 2021.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Determinar las dimensiones de muros y vanos de la propuesta del modelo de vivienda.



- Determinar los esfuerzos normales longitudinales del modelo de vivienda de adobe propuesto, simulado en SAP 2000.
- Identificar los tipos de fallas en los prototipos sin refuerzo y reforzado con malla metálica ensayado en mesa vibradora.

1.4. HIPÓTESIS.

1.4.1. Hipótesis general.

La propuesta del modelo de vivienda de adobe reforzado con malla metálica sismorresistente, mejorará la seguridad de los ocupantes en las viviendas de la localidad de Lampa, distrito y provincia de Lampa – Puno, periodo 2020 - 2021.

1.4.2. Hipótesis específica.

- El dimensionamiento de los, muros y vanos garantizará una mejor funcionalidad y la mejor propuesta del modelo de vivienda de adobe típica en la localidad de Lampa región Puno.
- Los resultados de los esfuerzos longitudinales simulado en el software SAP 2000 permitirá identificar las áreas críticas y la forma de refuerzo con malla metálica del modelo de vivienda de adobe propuesto.
- La identificación de los tipos de fallas en el prototipo sin refuerzo y reforzado con malla metálica ensayados en mesa vibradora, permitirá verificar el colapso de la estructura del modelo de vivienda propuesto.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

A. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.



En la actualidad la localidad de Lampa de la región de Puno, se viene construyendo viviendas de adobe sin ningún criterio técnico a nivel sismorresistente a pesar que la Norma Técnica Peruana E.080 del RNE – 2017, menciona y detalla el refuerzo a nivel sismorresistente con materiales como; sogas cabuya, carrizo, geomallas y otros, cabe precisar que dicha norma también menciona el refuerzo con malla metálica, sin precisar la manera y forma de dicho refuerzo. Razón por la justificamos el presente estudio de tesis, puesto que se realizará la simulación sismorresistente en el software SAP 2000, en ella se evaluará los esfuerzos críticos en los muros para un mejor planteamiento del refuerzo, también se realizará el ensayo en mesa vibradora para verificar el colapso de la estructura en el modelo de vivienda propuesto.

B. JUSTIFICACIÓN ECONOMICA.

En la localidad de Lampa se pudo verificar que no se cuenta con el material como carrizo, geomallas, las sogas cabuya son un tanto complicado su utilización, puesto que se tendría que realizar los amarres en forma de malla y generando mayor costo en la mano de obra. Por tanto, se justifica la utilización de malla metálica por ser un material económico, de fácil accesibilidad y utilización, también se puede precisar que dicha malla metálica es utilizada como malla ganadera, entonces se podría utilizar el material sobrante de las mismas, también pueden ser reciclados, o en su defecto se podrá comprar en una mínima cantidad.

C. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

En la actualidad se sigue construyendo las viviendas de adobe de manera tradicional en la localidad de Lampa y localidades aledañas, a pesar de lo ocurrido el 1 de diciembre de 2016 sismo de intensidad VI en la escala de Mercalli Modificada en donde colapsaron muchas viviendas de adobe, entonces justificamos a nivel social porque



se tendrá una mayor seguridad a los pobladores de la zona con el planteamiento del modelo de vivienda de adobe sismorresistente.

1.6. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación del proyecto corresponderá a la básica, debido a que se considera teoría relacionado a aspectos sismo resistentes de construcciones de adobe, así como aspectos normativos para el dimensionamiento de una vivienda típica; el mismo que corresponde al diseño explicativo - cuasi experimental, debido a que se toman datos puntuales para cada ensayo.

1.7. UNIDAD DE ANÁLISIS.

La unidad de análisis corresponde a una vivienda típica de un piso con techo de calamina de una sola agua típicas de las periferias de la localidad de Lampa - Puno.

1.8. POBLACION DE ESTUDIO.

La población de estudio corresponde a las viviendas de adobe típicas en las periferias de la localidad de Lampa - Puno.

Población. Es un conjunto de varios casos que coinciden con el conjunto de especificaciones (Hernández Sampieri, Fernández Collado , & Baptista Lucio, 2014).

1.9. TAMAÑO DE LA MUESTRA.

El tamaño de la muestra se tomó por criterio de los investigadores NO PROBABILÍSTICA, la técnica de selección de la muestra es por conveniencia.

Una muestra no probabilística, la selección de elementos no está determinada por la probabilidad, sino por consideraciones relacionadas con las características del estudio



o el propósito del estudio (Hernández Sampieri, Fernández Collado , & Baptista Lucio, 2014).

Para el presente trabajo, se ha tomado en cuenta el siguiente criterio:

Para la propuesta del modelo de vivienda se han tomado una muestra de ocho viviendas en las periferias de la localidad de Lampa, esta toma de datos ha sido según la disponibilidad y acceso a las viviendas, en dichas viviendas se ha evaluado la caracterización y el uso de las mismas.

Para determinar los esfuerzos normales longitudinales se ha tomado dos muestras en un mismo sector de la localidad de Lampa, estas muestras con la finalidad de obtener las propiedades mecánicas del adobe, la primera muestra consta del adobe existente (adobe antiguo) de aproximadamente 15 años de antigüedad según entrevista a los pobladores de la zona, y una muestra de adobe de reciente elaboración (adobe nuevo) en el mismo sector de la localidad de Lampa. Dichas muestras fueron tomadas en parte Norte de la localidad de Lampa en la salida de la carretera Lampa – Caracara.

Para la simulación en los prototipos con refuerzo y sin refuerzo se ha tomado una muestra de suelo en parte Norte de la localidad de Lampa en la salida de la carretera Lampa – Caracara, con ello se ha elaborado adobes a escala y se ha utilizado el mismo suelo de la muestra para el mortero y la conformación de muros en los prototipos.

1.10. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

La recolección de información se ha obtenido realizando la visita a las viviendas y entrevista a los propietarios, se ha visitado en total a ocho viviendas, estas viviendas fueron de acuerdo a la accesibilidad por parte de los propietarios, también cabe precisar



que se ha tomado en cuenta que dichas viviendas fueran construidas anterior al sismo ocurrido en Lampa y localidades aledañas el 1 de diciembre de 2016.

En base a la encuesta se ha determinado el dimensionamiento del modelo de vivienda, y la forma de la vivienda de adobe, también podemos precisar que la vivienda evaluada es principal todo el conjunto de viviendas unifamiliares de las periferias de la localidad de Lampa.

Para el estudio de suelos y determinar las propiedades del adobe, se realizó en el lado Este de dicha localidad, ello por tener las facilidades y el permiso del propietario. En dicho lugar se ha tomado los adobes antiguos, también se ha elaborado tres adobes nuevos, con dichos adobes se ha realizado los ensayos para calcular el módulo de elasticidad y el coeficiente de poissón.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.

A) INTERNACIONAL.

Torres, A. (2015) desarrolló la investigación sobre; *“INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO SISMICO EN VIVIENDAS DE ADOBE Y SU RELOEVANCIA EN LA REDUCCION DE DESASTRES”*, estudio desarrollado en Pusuquí poblado que se ubica en la zona norte de la localidad de Quito y presentado en la Universidad Central de Ecuador, para optar el título de ingeniero civil.

Cuyas conclusiones fueron:

- En general, desconocen por completo cualquier tipo de proceso de construcción con adobe, lo que los expone a sismos para proteger la vida de los residentes.
- En cuanto al proceso constructivo transmitido de generación en generación por los habitantes y la información aquí contenida no está actualizada, se afirma que el 80% de las estructuras no cumplen con las dimensiones mínimas de las edificaciones de adobe y sus elementos, tales como: cimientos, muros, superposición y techo.
- Hay materiales en el área que podrían usarse para reforzar la estructura existente, pero los residentes del área no consideraron estos materiales. También se observó que todas las viviendas se encuentran en estado crítico y con probabilidad de derrumbe en caso de terremoto.
- En el proceso de evaluación y tratamiento de la patología, es necesario considerar todas las etapas de exploración, prueba, búsqueda de la causa y sugerencia de



tratamiento para dar criterios técnicos que reduzcan errores y brinden soluciones adecuadas, fusionando para evitar el colapso de la estructura.

- Capacidad para comprender las complejidades de evaluar y recomendar estructuras de adobe y mejoras constructivas.

Catalán, P. (2013) desarrolló la investigación sobre; “*ACTUACIÓN SÍSMICA DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE BASADO EN ENSAYOS EN MESA VIBRADORA DE DOS MODELOS A ESCALA*” estudio desarrollado en el estado de Guerrero y presentado en la Universidad Nacional Autónoma de México, para optar el grado de maestro en ingeniería civil.

Cuyas conclusiones fueron:

- Las propiedades mecánicas de los adobes son muy bajas, principalmente los esfuerzos de flexión, y se puede suponer que los adobes tienen una resistencia muy baja a las fuerzas inducidas desde su plano, todo debido a la mala adherencia entre los adobes y las juntas.
- Debido a la rigidez de la barra de refuerzo colocada a ambos lados del muro, los movimientos impuestos por el modelo reforzado sobre su cimentación son menos excitantes, e incluso cuando se aplican movimientos de alta aceleración, estos movimientos no afectan significativamente al modelo.
- Los periodos de vibrar del prototipo sin refuerzo resultaron de 0.12s y de 0.048s para el modelo reforzado, en consecuencia, se afirma que el periodo de vibrar del modelo reforzado se ha reducido hasta un 60%. Esta curva de periodos de vibrar obtenido en el prototipo sin refuerzo durante los ensayos pudo presentar un comportamiento muy frágil y flexible, por tanto, la pérdida de su rigidez fue notable, también presentó agrietamientos y su rigidez se reduce en un 90.5% de la rigidez inicial por una



distorsión máxima de 2.07%. esta curva de periodos del modelo reforzado, contempla una pérdida de rigidez gradual y menos perceptible, para el presente prototipo se ha realizado hasta el máximo del doble de aceleraciones que se aplicó al modelo sin refuerzo, es disminución de rigidez se redujo hasta 75.5% y una distorsión máxima de 0.54%.

- El coeficiente basal resistido en el prototipo sin refuerzo (0.41) es mucho menor que el prototipo reforzado (0.7), todo ello en base a la baja resistencia y rigidez del modelo sin refuerzo, lo que permite que se pueda ver distorsiones notables.

B) NACIONAL.

Huamán, E. & Neyra, C. (2018) desarrolló la investigación sobre; “*SUGERIR EL REFORZAMIENTO EN ADOBE PARA LA MODERAR LA VULNERABILIDAD SISMICA EN EL LOCAL MUNICIPAL DE ACRAQUIA 2018*”, estudio desarrollado en la ciudad de Acraquia Huancavelica, para obtener el título profesión de ingeniero civil en la Universidad Cesar Vallejo Lima – Perú.

Cuyas conclusiones fueron:

- “La aplicación de malla electro soldada permite reducir los desplazamientos desde los 21cm para muros no reforzada, y de 3.8cm para muros reforzados, también se puede afirmar que en la estructura reforzada el efecto sísmico ha disminuido en 5.6 veces. Por tanto, se afirma que el reforzamiento propuesto ha logrado disminuir significativamente a la respuesta sísmica y la vulnerabilidad sísmica”.
- “El uso de refuerzo de geomallas permitió reducir los desplazamientos desde los 21cm para el caso de muros no reforzados, hasta los 3.6cm para el caso de los muros reforzados, en efecto se afirma que el efecto sismo se redujo a 5.5 veces. Por tanto,



se afirma que el reforzamiento propuesto ha logrado disminuir significativamente a la respuesta sísmica y la vulnerabilidad sísmica”.

- “La utilización de viga collar permitió reducir los desplazamientos desde los 21cm para los muros no reforzado hasta los 5.28 del caso de los muros reforzados en efecto se afirma que el efecto sismo se redujo a 4 veces. Por tanto, se afirma que el reforzamiento propuesto ha logrado disminuir significativamente a la respuesta sísmica y la vulnerabilidad sísmica”.

Quispe, J. & Rondón, S. (2012) desarrolló la investigación sobre; “PLANTEAMIENTO DEL REFORZAMIENTO EN LA EDIFICACION DE ADOBE EVALUADO AL CASO DE UN LOCAL EDUCATIVO DE ADOBE EN LA PROVINCIA DE YAUYOS” estudio desarrollado en la comunidad de Chocos, provincia de Yauyos, para obtener el título de ingeniero civil, en la P.U.C. del Perú – Lima.

Cuyas conclusiones fueron:

- La malla electro soldada fue la más económica, puesto que presenta bajo costo en el mercado y es de fácil instalación puesto que no se necesita otro refuerzo de la cimentación y el número de anclajes en el muro es menor.
- En el resultado fue para concluir la utilización de la geomalla como la mejor propuesta. La población se mostró satisfecho con el reforzamiento, puesto que anteriormente se tenía experiencias de construcciones con geomallas. Por lo que la mejor propuesta de reforzamiento debe ser tomado en cuenta las decisiones de la comunidad, puesto que serán los que den replicas en las posibles construcciones futuras.
- De la evaluación de esfuerzos de corte del aula sin intervenir, concluimos que los muros largos no cuentan con el área transversal necesario para resistir las fuerzas



- sísmicas, razón por la que se ha realizado la disminución de las ventanas, y de ese modo se estaría cumpliendo con el límite de resistencia de corte del adobe (0.02Mpa).
- Según el análisis por flexión concluimos que se deberá utilizar refuerzo que resista los momentos por los sismos en los muros, por tanto, el refuerzo con geomalla se obtuvo momentos mayores a los que puede soportar la geomalla ($M_r=4.12 \text{ kN.m/ml}$) es por esa razón que se ha utilizado contrafuertes, el cual redujeron los momentos generados en los muros, siendo el máximo valor de 3.10 kN.m/ml .
 - En la evaluación no existen fallas a compresión pura en edificaciones de adobe, por lo que se pudo comprobar que el máximo esfuerzo a compresión del apilamiento del adobe fue de 1.86 kg/cm^2 , menor a lo mencionado en la norma técnica E.080 (2.00 kg/cm^2).
 - Se realizó talleres de capacitación, los pobladores quedaron muy contentos y tomaron conciencia del comportamiento inicial de la estructura de adobe como también las falles que puedan presentar en ellas. Así mismo tomaron conciencia de la vulnerabilidad a la que se exponen en el día cotidiano y del compromiso y responsabilidad de prevenir acciones en forma coordinada con las autoridades de la zona.

Zelaya, V. (2007) desarrolló el trabajo de tesis sobre; *“ANÁLISIS SOBRE DISEÑO SÍSMICO EN VIVIENDAS DE ADOBE Y SU RELEVANCIA EN LA REDUCCIÓN DE DESASTRES”*, estudio desarrollado en la ciudad de Lima, para optar grado académico de maestro en gerencia de la construcción moderna de la Universidad Nacional Federico Villareal - Perú.

Con el objetivo siguiente:



“Analizar cómo la introducción del modelado sísmico en estructuras de Adobe reducirá la magnitud de los desastres sísmicos en la ciudad de Lima”.

Cuyas conclusiones fueron:

- Se pudo concluir que la mayor parte de las viviendas no están bien dimensionadas, son vulnerables a colapsos si no se toman las medidas correctivas.
- El presente trabajo de estudios permitirá, reducir de alguna manera la problemática que tienen las construcciones de adobe vulnerables en nuestro territorio.
- Se elaborará investigación de análisis de riesgos, estudios de peligro y vulnerabilidades.
- Se incluye el estudio de riesgos en caminos de planeamiento territorial.
- Hay experiencias que fueron demostrados para que contribuyan a la mitigación y que protejan a la vida.
- Se ha visto en la población, la voluntad para contribuir en de reducción de desastres que debe ser impartida desde la formación e incorporación de la gestión de riesgos en el ámbito educativo.

Y algunas recomendaciones de la investigación fueron:

- Realización de una investigación como experiencia piloto en una población con el apoyo de los gobiernos locales y regionales.
- Dadas las características geográficas y territoriales del país, el desarrollo y realización de este tipo de investigaciones es necesario para implementar y prevenir nuevas acciones.



Delgado, E. (2006) desarrolló la investigación sobre; *“ACTUACIÓN SÍSMICA DE UNA VIVIENDA DE ADOBE DE DOS PISOS CON REFUERZO HORIZONTAL Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO”*, estudio desarrollado en la ciudad de Lima, para optar el título de ingeniero civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Cuyas conclusiones fueron:

- “Se apreció un buen comportamiento, inclusive se podría decir hasta en sismos extremos, de los muros de corte de ambos pisos, así como el muro del primer piso, presentaron fisuras muy finas y no presento ningún adobe triturado”.
- “En la segunda fase, que corresponde a un sismo moderado con aceleración de 0.3g, el muro de flexión del segundo piso (no cuenta con refuerzo horizontal) empezó a balancearse, generando aceleraciones en su parte central de 1.85g que excedió el valor de diseño especificado en la norma técnica E.030 de (0.69g), si el colapso parcial ocurrió producto a un sismo severo, es fundamental evitar esta forma rápida de falla”.
- Un mínimo refuerzo que se ha utilizado en los confinamientos funciona adecuadamente, similar al concreto de menor resistencia, en la fase 5 correspondiente a sismo catastrófico con aceleración de 0.75g, presentaron fisuras de tracción por flexión en los machones, el tipo de deformación fue por corte, las fisuras en las juntas columna y muro se presentó en la fase 3 y amplificaron en la fase 4 que corresponde a un sismo muy severo con aceleración de 0.6g”.
- “Para los lugares donde existan viviendas de adobe construidos en dos pisos en la sierra peruana, se puede utilizar la solución de cuarto cerrado de fuego que propone la norma técnica E.0.80, de acuerdo a la norma técnica E.030, aceleraciones de hasta



0.3g y consolidar la cimentación, correspondiente a la segunda etapa de la prueba,

No hay grietas visibles en la pared curva en el segundo piso”.

2.2. MARCO TEÓRICO.

2.2.1. Viviendas de adobe.

En las zonas periféricas de muchas localidades y zonas rurales en la región de Puno aún observamos construcciones rústicas de adobe con techos de ichu y calamina, también observamos que dichas casitas están ubicadas en zonas vulnerables y al borde de los ríos, y están expuestas a posibles riesgos por la naturaleza. Observamos que dichas casitas de adobe se continúan construyendo, también se pudo apreciar este tipo de construcciones en locales comunales y locales institucionales, estando de ese modo expuestas a posibles fenómenos naturales. La población continúa construyendo casas de adobe por ser económicas y más sencillo en el proceso constructivo, y en muchos casos son viviendas de segundo piso (Mamani, 2017).

2.2.2. Estudio de suelos.

La normativa peruana recomienda no construir viviendas de adobe cuando la capacidad portante del suelo en estudio es menor a 1 kg/cm^2 , sin embargo, si sería posible cuando el adobe es estabilizado. Si tenemos adobes simples “barro más paja” se recomienda que la capacidad portante sea igual o mayor a 2 kg/cm^2 (Zelaya, 2007).

Tabla 1.

Capacidad portante de suelos.

ITEM	TIPO DE SUELO	$\sigma_t = (\text{Kgf/cm}^2)$
1	Roca dura y sana (granito y basalto)	40
2	Roca media dura y sana (pizarra)	20
3	Roca blanda y fisurada	7
4	Conglomerado compacto bien graduado	4
5	Terrenos de mezcla de arena y grava	2
6	Arena fina, media gruesa, mezclada con limo o arcilla	1.5
7	Arena fina, mezclada con limo o arcilla	1
8	Arcilla firme	1.5
9	Arcilla inorgánica blanda	0.5
10	Limo inorgánico con o sin arena	0.25

Fuente: Zelaya (2007).

2.2.3. Cimentaciones para viviendas de adobe.

En el proceso constructivo la cimentación de las viviendas de adobe se recomienda lo siguiente; transmitir cargas a un suelo firme de fundación, también evitar que la humedad ascienda hasta los muros de adobe, por tanto se tendrá que considerar una profundidad mínima de 0.60m del terreno normal y el ancho recomendado de 0.60m, por tanto se podría recomendar la siguiente cimentación; piedras medianas o pequeñas acomodadas entre sí, concreto con piedra y albañilería de piedra con mezcla de cemento o cal y agregado grueso (Norma técnica E.080, 2017).

2.2.4. Sobrecimiento para viviendas de adobe.

Los sobrecimientos deberán cumplir las condiciones; transmiten cargas hasta el cimiento y protegen los muros ante cualquier erosión también la ascensión capilar, sin embargo, estos sobrecimientos deben cumplir que la altura debe ser no menos de 0.30 metros y contar con un ancho mínimo de 0.40 metros. Además, estas pueden ser de varios tipos de sobrecimiento como; albañilería de piedra con mezcla de cemento o cal y arena gruesa, también puede ser de concreto ciclópeo (Norma técnica E.080, 2017).

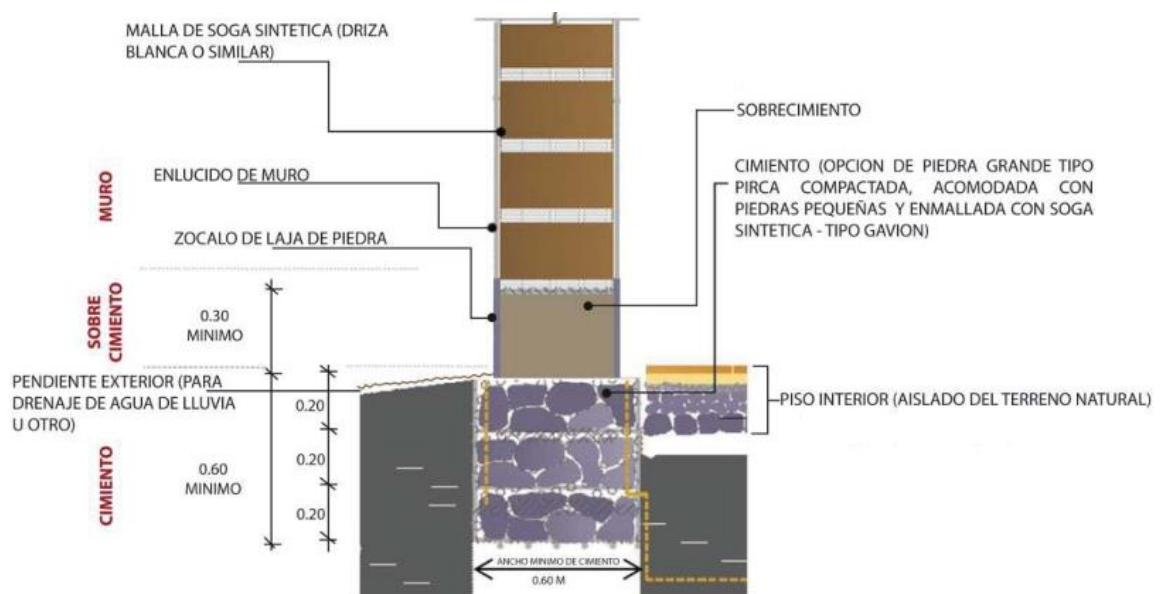


Figura 1. Cimiento y sobrecimiento para una vivienda de adobe.

Fuente: Norma técnica E.080 (2017).

2.2.5. Adobe.

El adobe es una mezcla de barro, mezclado con paja seleccionada y moldeado en sus diferentes formas, de tamaño es variable y secado al aire que posteriormente se podrá levantar muros de fábrica. Dicha mezcla de tierra necesita de mucha arcilla que pueda permitir su moldeado. En realidad, no hay un porcentaje preciso para cada una de las componentes, sin embargo, podemos distribuir de la siguiente manera: 15% de arcilla,

21% de limo, 61% de arena y 3% de grava. Ello debido al abundante agua utilizada durante el proceso de amasado, se agrega a la mezcla un porcentaje que pueden ser material de fibras naturales como jichu, para disminuir la retracción y disminuir las fisuras en los bloques (Torres, 2017).

Definimos al adobe como un molde macizo de tierra mezclada con agua, que contiene paja u otro similar para mejorar sus propiedades de estabilidad, si incorporamos otros aditivos como; asfalto, cemento, cal u otros aditivos, todo ello con el propósito de mejorar sus propiedades a la resistencia, comprensión y la estabilidad ante la humedad denominamos adobe estabilizado (Edificaciones antisísmica de adobe, 2010).

2.2.5.1. Dimensionamiento del adobe.

(Zelaya, 2007) menciona que la longitud del adobe de deberá exceder que el doble de su ancho más el espesor de la junta entre los adobes, entonces se debería cumplir lo siguiente: $I \leq 2*a + e$ junta, además podemos apreciar en la Figura 2.

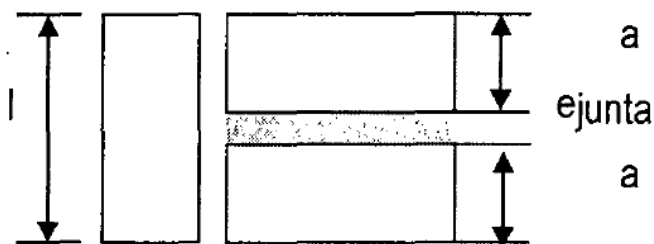


Figura 2. Dimensionamiento del adobe.

Fuente: Zelaya (2007).

(Zelaya, 2007) Por otro lado decimos que la relación entre la longitud del adobe y su altura no deberá ser menor que cuatro, en viviendas construidas de adobe sin estabilización, ni menor que tres para adobe estabilizado, por tanto, se puede apreciar en

la Figura 3, es decir deberá cumplir la siguiente relación $\frac{l}{h} \geq 4$ para adobes sin estabilizar y $\frac{l}{h} \geq 3$ para adobes estabilizado.

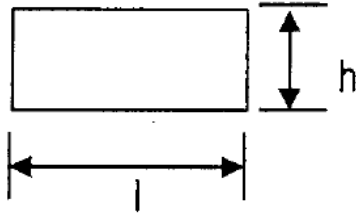


Figura 3. Relación largo y altura del adobe.

Fuente: Zelaya (2007).

Por otro lado, recomienda adobes cuadrados y un espesor de juntas de 2cm, y para adobe estabilizado con medidas de 28 x 28 x 8 cm y un adobe simple de 38 x 38 x 8 cm (Zelaya, 2007).

Por situaciones del peso de los adobes cuadrado no debe superar los 0.40 m de lado, si se trata de adobe rectangular el largo debe ser igual al doble de su ancho, la altura de estos adobes debe medir entre los 0.08 m y 0.12 m (Norma técnica E.080, 2017).

2.2.5.2. Control de calidad de los adobes.

Los bloques de adobe no tienen que presentar grietas tampoco debe presentar deformaciones, un buen bloque de adobe encima sobre otros dos, deberá de resistir el peso de una persona por el periodo de un minuto, este ensayo se podrá realizar por lo menos cada 50 adobes (Edificaciones antisísmica de adobe, 2010).

La siguiente prueba de carga puntual se realiza cuando una persona de promedio de peso aproximado de 70 kg está por encima del adobe de prueba, deberá permanecer entero durante un minuto, según normativa peruana el módulo de rotura debe ser de 2.5 kg, en la Figura 4, podemos observar dicha prueba de flexión (Zelaya, 2007).

Prueba de flexión

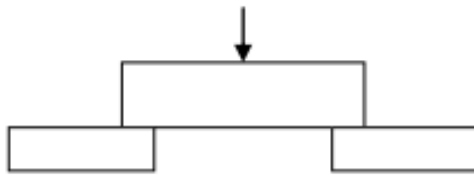


Figura 4. Prueba de flexión.

Fuente: Zelaya (2007).

El esfuerzo de flexión:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \dots \dots \dots \text{Ec.1}$$

Donde:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad c = \frac{h}{2} \quad M = \frac{pl}{4}$$

l = longitud.

b = ancho.

h = altura.

2.2.5.3. Módulo de elasticidad.

El módulo de elasticidad es la relación lineal entre esfuerzo deformación sin errores importantes, estas curvas esfuerzo deformación no son lineales, tal como se puede apreciar en la Figura 5, sin embargo, este concepto del módulo de elasticidad no es igual que el acero, entonces, para esfuerzos bajos de hasta 0.4 a 0.5f'c, es decir un comportamiento lineal no tendrá errores importantes (Ottazzi, 2004).

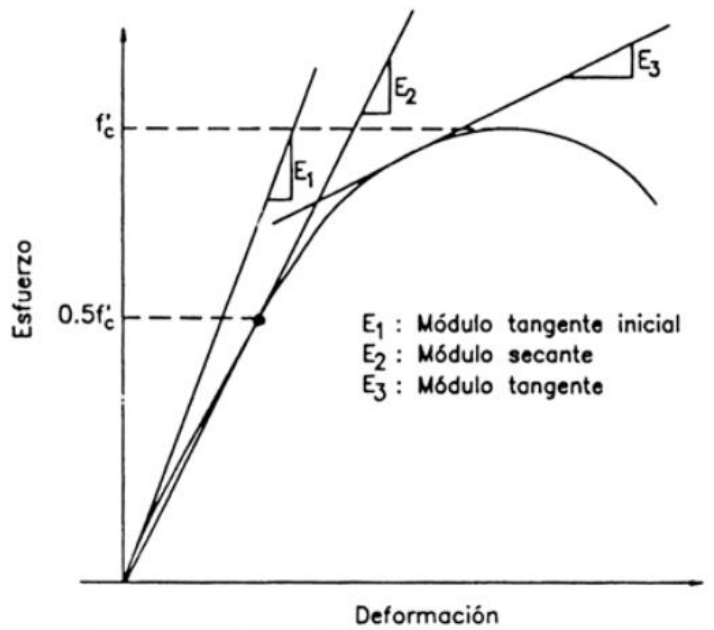


Figura 5. Módulo de elasticidad.

Fuente: Ottazzi (2004).

La relación del esfuerzo normal y su deformación es decir para esfuerzos de tensión o compresión por debajo del límite elástico proporcional del material, en concreto, el módulo de elasticidad está dado por la pendiente de la línea recta es formado en la zona elástica de la curva Esfuerzo – Deformación unitaria. Para dicho cálculo del módulo de elasticidad de los adobes se toma en cuenta lo mencionado por (Jimenes & Llanos, 1985) en donde utiliza la expresión siguiente (Mantilla, 2018).

$$E = \frac{C}{\epsilon} \dots \dots \dots \text{Ec. 2}$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad (Kg/cm²).

C = Esfuerzo a la compresión en el LP (Kg/cm²).

ϵ = Deformación unitaria en el LP.

2.2.6. Muros.

(Zelaya, 2007) Según normativa de sismo resistente: el espesor (e) mínimo de los muros es el mayor de las siguientes expresiones:

$$e \geq \frac{1}{8}h \dots \dots \dots \text{Ec. 3}$$

Donde:

e = espesor del adobe.

h = altura del adobe.

Los vanos puertas y ventanas deberán alejarse como mínimo 1.20m de la pared transversal, los vanos de puertas y ventanas deberán estar separados como mínimo de 1.00m y el vano de la puerta no debe ser mayor a 0.90m, el vano de la ventana no debe ser mayor de 1.20m ni debe tener una altura mayor a 0.90m, se debe cumplir la suma de los vanos debe ser menor o igual a la longitud del paño, también en la Figura 6 se aprecia el dimensionamiento.

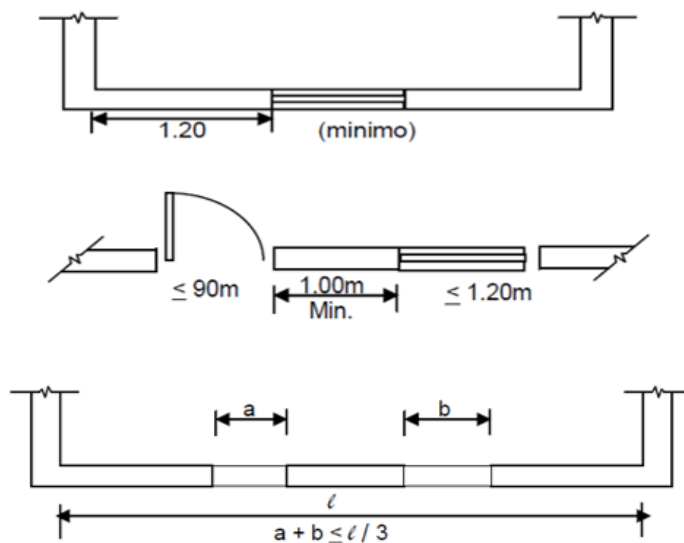


Figura 6. Dimensionamiento en vanos y muros.

Fuente: Zelaya, (2007).

El ancho mínimo de los muros de adobe deberá ser de 0.40m y podrán usarse de un ancho de 0.38m para muros reforzados, estos muros deberán tener arriostres horizontales y arriostres verticales contrafuertes o muros transversales, y poseer una planta simétrica respecto a los ejes principales, estos vanos deben tener relaciones y ubicación según lo que indica en la Figura 7, el mismo que recomienda que sean pequeños y centrados (Norma técnica E.080, 2017).

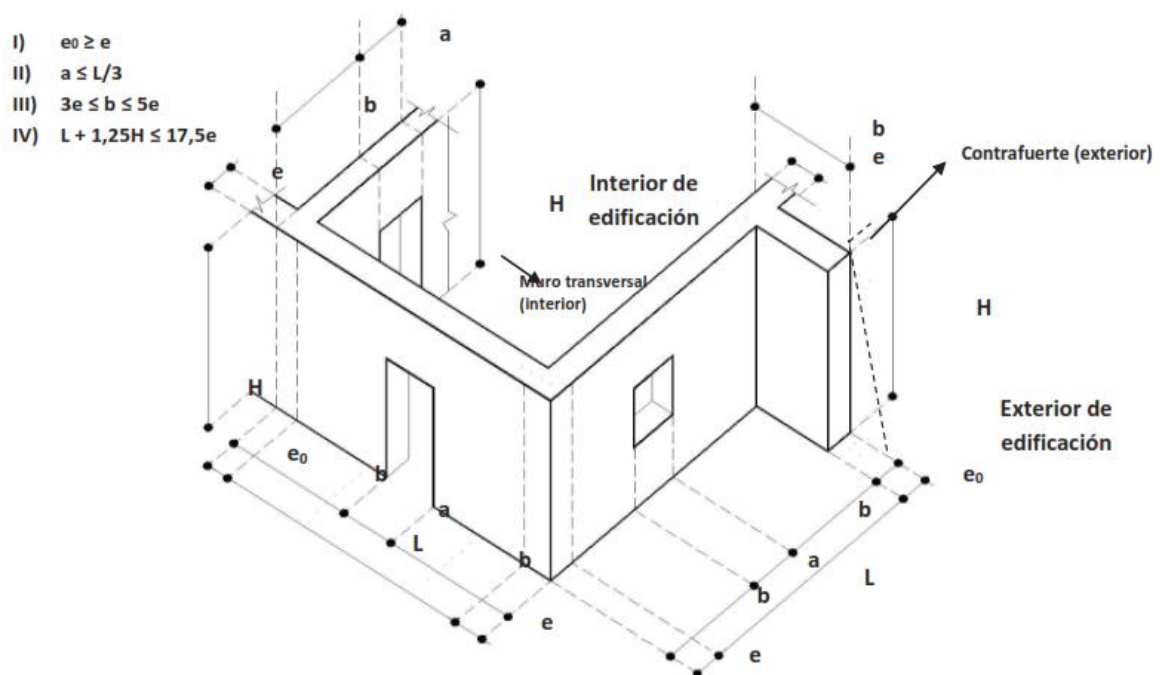


Figura 7. Limite geométrico de muros y vanos.

Fuente: Norma técnica E.080 (2017).

2.2.7. Leyes de similitud.

Las leyes de escalamiento son el fundamento de la teoría de modelación y básicamente son necesarias para diseñar, ensayar e interpretar en los modelos los resultados del estudio. Estos requerimientos de similitud podrán establecer relaciones entre las cantidades físicas del modelo (q_m) y el prototipo (q_p) en cuanto a geometría, materiales, las condiciones de frontera, condiciones de carga y su respuesta estructural.



Estas relaciones serán derivadas a partir de un análisis dimensional y son establecidos de tal forma que el comportamiento de este prototipo pueda ser expresado como una función directa del comportamiento que es observado en el modelo por medio del factor de escala (S_q) que relaciona la similitud entre el modelo y el prototipo:

$$q_p = q_m S_Q \dots\dots\dots \text{Ec.4}$$

Las relaciones dimensiones que deberán cumplir para relacionar coherentemente el comportamiento dinámico son:

$$\frac{\sigma_m T_m^2 L_m}{M_m} = \frac{\sigma_p T_p^2 L_p}{M_p} \dots\dots\dots \text{Ec.5}$$

$$\frac{A_m T_m^2}{L_m} = \frac{A_p T_p^2}{L_p} \dots\dots\dots \text{Ec.6}$$

$$\frac{\rho_m L_m^2}{M_m} = \frac{\rho_p L_p^2}{M_p} \dots\dots\dots \text{Ec.7}$$

Para la condición estática:

$$\frac{\rho_m L_m}{\sigma_{vm}} = \frac{\rho_p L_p}{\sigma_{vp}} \dots\dots\dots \text{Ec.8}$$

Donde:

A = aceleración.

L= longitud.

M = masa.

T = tiempo.

ρ = densidad de masa.

χ = peso volumétrico.

σ = esfuerzo dinámico.

σ_v =esfuerzo inducido en condición estática.

m = relativo del modelo.



p = relativo del prototipo.

$$S = \frac{\text{parametro del prototipo}}{\text{parametro del modelo}} = \text{factor de escala.}$$

De las principales dimensiones se derivan las ecuaciones que se presentan a continuación:

De la ecuación 5.

$$S_T = \left[\frac{S_M}{S_\sigma S_L} \right]^{1/2} \dots\dots\dots \text{Ec.9}$$

De la ecuación 6.

$$S_A = \frac{S_L}{S_T^2} \dots\dots\dots \text{Ec.10}$$

De la ecuación 7.

$$S_M = S_p S_L^3 \dots\dots\dots \text{Ec.11}$$

De la ecuación 8.

$$S_{\sigma v} = S_p S_L \dots\dots\dots \text{Ec.12}$$

En el estudio de la actuación dinámico del modelo, se plantea las siguientes hipótesis:

- Las dimensiones del modelo (L_m) es obtenido en base a las dimensiones del prototipo (L_p) que es multiplicada por el factor de escala optado (S_L).

$$L_m = \frac{L_p}{S_L} \dots\dots\dots \text{Ec.13}$$

- Estos materiales que son utilizados en el modelo, deberán tener propiedades mecánicas iguales que los materiales utilizados en el prototipo.

$$S_\rho = S_\gamma = 1 \dots\dots\dots \text{Ec.14}$$



En base de las hipótesis formuladas y de las ecuaciones 9 a 12 podemos obtener las relaciones de similitud del modelo como una relación del prototipo afectado por un factor de escala, estos parámetros de masa, tiempo, aceleración y esfuerzos inducidos en condiciones estáticas:

Fijando $S_\sigma = 1$

$$S_\rho = S_\gamma = 1$$

A. Masa.

$$S_M = S_p S_L^3 = (1)S_L^3$$

$$S_M = S_L^3 \dots\dots\dots \text{Ec.15}$$

$$S_M = S_p S_L^3 = (1)S_L^3$$

Como: $S_M = \frac{M_p}{M_m}$

Por tanto:

$$M_m = \frac{M_p}{S_L^3} \dots\dots\dots \text{Ec.16}$$

De la ecuación 16, menciona que la masa del modelo (M_m) es igual a la masa del prototipo (M_p) dividido con el factor de escala al cubo (S_L^3).

B. Tiempo.

Según las ecuaciones 9 y 15.

$$S_T = \left[\frac{S_M}{S_\sigma S_L} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{S_L^3}{(1)S_L} \right]^{\frac{1}{2}} = (S_L^2)^{\frac{1}{2}} = S_L$$

$$S_T = S_L \dots\dots\dots \text{Ec.17}$$



Como: $S_T = \frac{T_p}{T_m}$

Por lo tanto:

$$T_m = \frac{T_p}{S_L} \dots\dots\dots \text{Ec.18}$$

De la ecuación 18 menciona que el tiempo en el modelo (T_m) es igual al tiempo del prototipo (T_p) dividido con el factor de escala (S_L).

C. Aceleración.

Según las ecuaciones 10 y 15.

$$S_A = \frac{S_L}{S_T^2} = \frac{S_L}{S_L^2} = \frac{1}{S_L}$$

$$S_A = \frac{1}{S_L} \dots\dots\dots \text{Ec.19}$$

Como: $S_A = \frac{A_p}{A_m}$

Por lo tanto:

$$A_m = \frac{A_p}{1/S_L} = S_L A_p \dots\dots\dots \text{Ec.20}$$

La ecuación 20 menciona que la aceleración del modelo (A_m) es igual a la aceleración del prototipo (A_p) multiplicado por el factor de escala (S_L).

En base a las ecuaciones 16, 18 y 20 son importantes para representar el comportamiento dinámico del modelo y son resultados de haber utilizado leyes de similitud e hipótesis simple (Catalán, 2013).



2.2.8. Sismo.

El concepto de sismo es cómo movimiento de la corteza terrestre o la percepción de vibraciones de la Tierra, provocadas por la energía mecánica liberada desde el manto superior de la corteza terrestre, en una súbita liberación de presión acumulada en un período de volumen limitado (Sanchez, 2014).

Cuando pasa un camión, o pasa un tren, se produce pequeñas vibraciones en la superficie del terreno, a ese fenómeno se puede relacionar con el microsismo o un pequeño temblor. La erupción volcánica origina una vibración pueda dar a lugar a eventual sismos o un terremoto. Los sismógrafos registran centenas de millares de sismos, cada año en todo el mundo. Sin embargo, algunos pocos alcanzan a llegar la categoría de terremotos y la mayoría de ellos ocurren en los fondos de los océanos (generando Tsunamis) o en lugares desérticas. El origen de estos sismos se encuentra distribuido en las profundidades que están entre 0 a 700 km epicentro (Sanchez, 2014).

A) Hipocentro: El sismo originado en un pequeño volumen, debajo de la tierra, el cual se puede identificar como un punto, es denominado hipocentro, todo ello con fines de estudios (Sanchez, 2014).

B) Epicentro: Es la proyección vertical, sobre la superficie de la tierra, del punto que representa el hipocentro, se llama epicentro (Sanchez, 2014).

2.2.8.1. Causas de los sismos.

Según los estudios anteriores, se puede afirmar que el proceso de los sismos es; La actividad volcánica y el diastrofismo.



Si se observa un mapa del mundo, podemos ver que las áreas volcánicas y las zonas sísmicas coinciden, esto dio, por origen, esto hizo que se pronostica por mucho tiempo que la causa fundamental de los terremotos eran las erupciones volcánicas.

Es cierto que los volcanes activos pueden causar fuertes terremotos, pero estos terremotos son de tipo localizado y son menos intensos que los terremotos heterótrofos. Los estudios realizados en todo el mundo muestran que los terremotos más fuertes que sacuden la litosfera son causados por una descomposición catastrófica. Esto significa que la corteza puede temblar cuando ocurre una falla o cuando un bloque se desliza a lo largo del plano de falla. Esta clase de terremotos se puede llamar movimientos de la corteza (Zelaya, 2007).

2.2.8.2. Ondas sísmicas.

Cuando ocurre un terremoto, esta enorme cantidad de energía se propaga en tres dimensiones desde el origen en forma de "ondas elásticas". Estas ondas pueden transmitirse a través de la "masa terrestre" del mismo sólido, o a través de una superficie que los separa. En base a esto, se pueden clasificar en ondas mecánicas y ondas superficiales. (Zelaya, 2007).

A. Ondas corporales.

Ondas primarias (P): Son sustancias que hacen vibrar las partículas en la dirección de propagación de las ondas, produciendo únicamente compresión y expansión. Estas ondas pueden atravesar medios sólidos, líquidos y gaseosos.

Estas ondas son de tipo acústico y sus velocidades de propagación varían entre alrededor de 1 km/s para suelo suelto y 14 km/s para la parte más profunda del manto (Zelaya, 2007).

Ondas secundarias o de corte (S): Las partículas oscilan perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda. Estas ondas se propagan solo a través de sólidos. La velocidad de propagación de las ondas es prácticamente la mitad de la onda primaria. (Zelaya, 2007).

B. Ondas superficiales.

Ondas Love (l): La onda de corte vibra perpendicularmente a la dirección de transferencia de energía (Zelaya, 2007).

Ondas Rayleigh (R): Las partículas vibran en un plano vertical. Cuando las ondas sísmicas se mueven a distancia, el terremoto puede ser registrado por dispositivos llamados sísmicos, a menudo ubicados lejos del foco (Zelaya, 2007).

2.2.8.3. Sismógrafo.

Es un grupo que traza continuamente el movimiento de la Tierra. Con este sismómetro puedes conocer la hora, magnitud y ubicación de un sismo, así como sismos cercanos y lejanos, tal como se puede apreciar en las Figuras 8 y 9 (Zelaya, 2007).

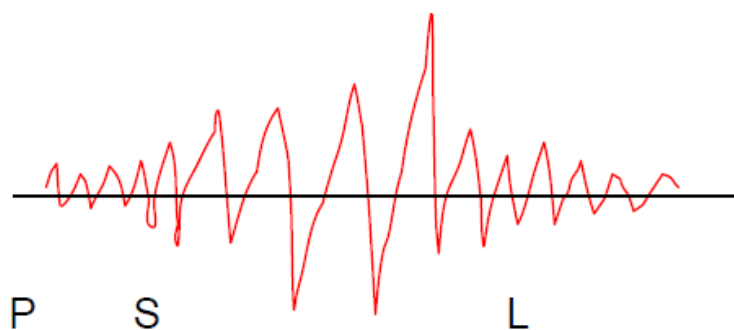


Figura 8. Sismo cercano.

Fuente: Zelaya, (2007).

Sismo Lejano o Tele sismo: > 1000 kilometros de distancia.

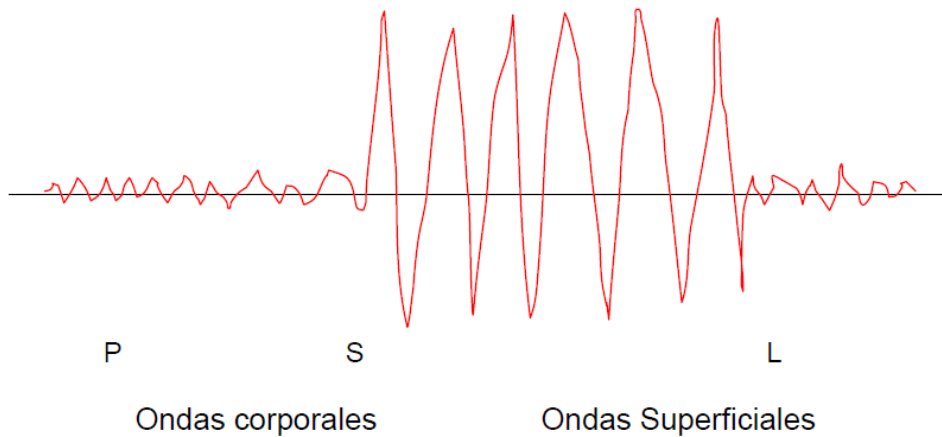


Figura 9. Sismo lejano.

Fuente: Zelaya, (2007).

2.2.9. Relación entre la aceleración del sismo y la escala de Richter y la de Mercalli.

(Rodriguez & Gonzalez, 1998) La fórmula empírica para la magnitud de un terremoto está relacionada con la máxima aceleración horizontal de la Tierra a_c [m/s^2], es la desarrollado por Donovan:

$$a_c = \frac{10.8 * e^{0.5M}}{(R+25)^{1.32}} \dots\dots\dots \text{Ec.21}$$

La ecuación empírica de Milen y Davenport:

$$a_c = \frac{0.0677 * e^{1.64M}}{1.1 * e^{1.1M} + R^2} \dots\dots\dots \text{Ec.22}$$

Donde:

M = es la magnitud del sismo en la escala Richter.

R = $\sqrt{D^2 + h^2}$) = es la distancia al hipocentro del terremoto.

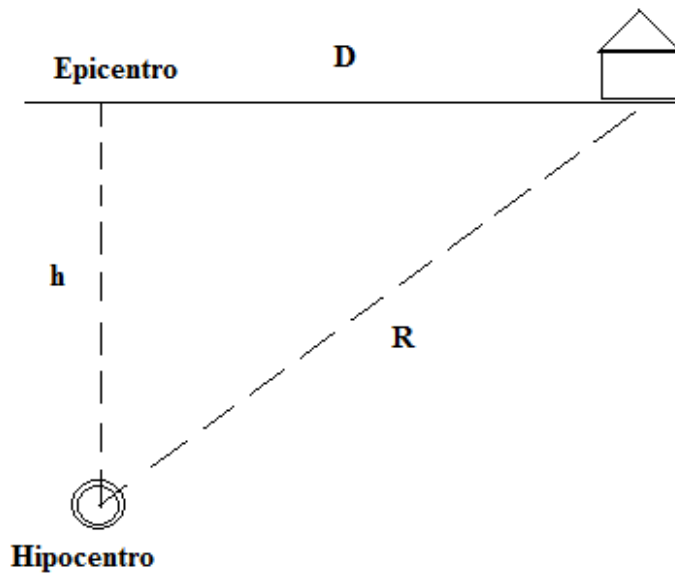


Figura 10. Distancia al hipocentro.

Fuente: (Rodriguez & Gonzalez, 1998).

Tabla 2
Relación de aceleración máxima con la escala Mercalli.

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica (g)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0.0017	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 – 0.014	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 – 0.039	Leve	Ninguno
V	0.039 – 0.092	Moderado	Muy leve
VI	0.092 – 0.18	Fuerte	Leve
VII	0.18 – 0.34	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 – 0.65	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 – 1.24	Violento	Fuerte
X+	> 1.24	Extremo	Muy fuerte

Fuente: (Rodriguez & Gonzalez, 1998).

2.2.10. Fuerzas sísmicas horizontales (H).

La fuerza sísmica horizontal en la base de los edificios de ladrillo estará determinada por la expresión:

$$H = S U C P \dots \dots \dots \text{Ec. 23}$$

Donde:

S: factor del suelo Tabla 3.

U: factor de uso Tabla 4.

C: coeficiente del sismo Tabla 5.

P: peso total de edificación (incluyendo cargas muertas y el 50% de cargas vivas).

Tabla 3.

Factor del suelo “S”.

Tipo	Descripción	Factor S
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portantes admisible > 0.3 Mpa ó 3.06 kg. f/cm ² .	1.0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02 kg. f/cm ² .	1.4

Fuente: Norma técnica E.080 (2017).

Tabla 4.

Factor de uso “U”.

Descripción	Factor S
- Hospedaje, educación, salud, servicios comunales, recreación deporte, transporte y comunicaciones.	1.3
- Industria, comercio oficina.	1.2
- Viviendas: Unifamiliar, multifamiliar tipo quinta.	1.0

Fuente: Norma técnica E.080 (2017).



Tabla 5.
Factor del Sismo “C”.

Zona Sísmica	Coefficiente Sísmico C
4	0.25
3	0.20
2	0.15
1	0.10

Fuente: Norma técnica E.080 (2017).

2.2.11. Cargas.

Las edificaciones en cualquier parte deben ser aptos para resistir cargas que son sometidos para su uso, estos actuarán en las combinaciones prescritas, las cuales no deben causar esfuerzos ni deformaciones que pasen lo señalado para cada elemento estructural (Norma técnica E.020, 2006).

Se considera que la combinación de cargas para calcular el esfuerzo admisible opera de acuerdo con las siguientes combinaciones que tienen el efecto más adverso sobre el miembro estructural, excepto como se especifica en la norma del miembro (Norma técnica E.020, 2006).

- D
- D + L
- D + (W ó 0.70E)
- D + T
- $\alpha (D + L + (W \text{ ó } 0.70 E))$
- $\alpha (D + L + T)$
- $\alpha (D + (W \text{ ó } 0.70 E) + T)$
- $\alpha (D + L + (W \text{ ó } 0.70 E) + T)$



2.2.12. Refuerzo de viviendas de adobe.

(Norma técnica E.080, 2017) La normativa peruana, considera refuerzo de tipo vegetal como; caña de carrizo, caña brava sólida, madera en rollizo o aserrada con diámetro igual o mayores a 25 mm como refuerzo vertical externo horizontal, también refuerzo con sogas naturales cabuya de mínimo 6 mm de diámetro como refuerzo horizontal externo, también formando mallas ortogonales externas, las conexiones de los elementos verticales y horizontales se realizaran con cuerdas de nylon o sogas sintéticas aplicando nudo llano.

(Norma técnica E.080, 2017) Refuerzo de malla compuesta de geomalla con nudos. El refuerzo está en el exterior y debe estar incrustado en el yeso. Las geomallas fabricadas con materiales sintéticos deben cumplir con las propiedades requeridas para su uso como refuerzos para edificios no quemados, muros de carga incluyendo aberturas y muros no de carga. Aterriza a ambos lados. Pared lateral con cuerda sintética, distancia máxima 0,30m. Sólo se permite el uso de otros tipos de enrejados si se ha demostrado su resistencia sísmica mediante ensayos periódicos a escala natural.

(Norma técnica E.080, 2006) La parte exterior se puede reforzar con una malla metálica, pegada a la superficie de la pared y fijada a la pared y se debe proteger con una capa de cemento - unos 4 cm de arena, la malla se puede colocar sobre una o sobre ambas. Los lados de la pared, en este caso las dos capas están conectadas por elementos de conexión. El uso eficaz en las esquinas asegura una buena superposición.

2.2.13. Esfuerzos longitudinales.

Los esfuerzos longitudinales, están asociados de acuerdo a los ejes de referencia que actúan, por decir aquellas que actúan y que están contenidas en el eje de la pieza serán consideradas como fuerzas longitudinales y por lo tanto generan esfuerzos longitudinales,

en caso estas fuerzas actúen en la perpendicular al eje de la pieza se llaman fuerzas de corte, en caso de una vivienda los esfuerzos longitudinales serias generados por las fuerzas que actúan en dirección paralela al plano de la base de la vivienda típica (Blondet,2006).

2.2.14. Tipos de fallas.

Los daños a los edificios no quemados se deben principalmente a la baja resistencia a la tracción y la mala adherencia entre los ladrillos refractarios y el mortero. A menudo, el principal tipo de falla que ocurre en combinación, son los siguientes:

A. Falla por tracción en unión de muros.

Según la figura 11, El tipo de falla ha sido demostrado se debe prácticamente a la tracción directa presente en uno de los muros, creando arriostramientos laterales en el otro muro de la conferencia. La tensión de flexión de esta pared se ve exacerbada por la tensión.

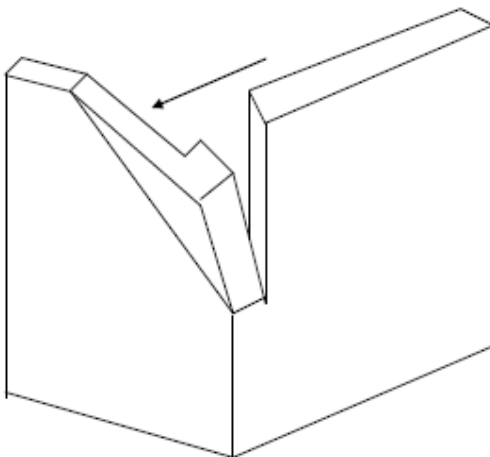


Figura 11. Falla típica por tracción.

Fuente: Zelaya (2007).

B. Falla por flexión en muros de adobe.

Según la Figura 12, se puede ilustrar las variaciones de este tipo de falla que se deben básicamente a los esfuerzos de tracción por flexión que actúan directamente en el muro como una losa apoyada en su base y en los elementos verticales que son los arriostres. La falla puede presentar en las diferentes secciones horizontales verticales u oblicuas.

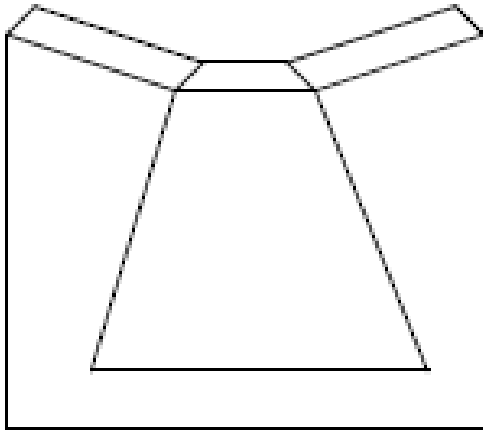


Figura 11. Falla típica por flexión.

Fuente: Zelaya (2007).

C. Falla por corte en muros de adobe.

Según la Figura 13, se puede ver este tipo de falla, que se produce cuando el muro trabaja como muro de corte. Y básicamente se debe, a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales y verticales.

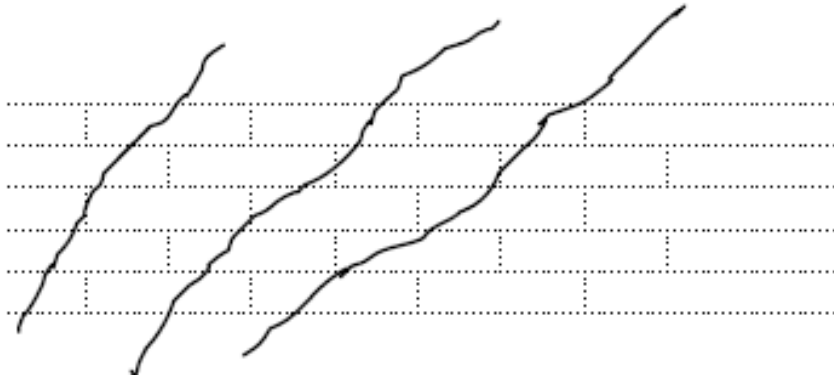


Figura 13. Falla típica por corte.

Fuente: Zelaya (2007).

El daño a las estructuras no reforzadas por un terremoto es extremadamente frágil. Normalmente, si la mampostería tiene poca resistencia a la tracción, el montaje de la pared comenzará desde la parte superior y se romperá en las esquinas. Esto vuelve a separar las paredes entre sí, provocando inestabilidad lateral y haciendo que las paredes colapsen fuera del plano.

Si se controla el daño debido al ángulo, la pared puede resistir la fuerza horizontal del terremoto en su plano. Esto puede resultar en corte, que es el segundo tipo de falla. En este caso, aparece una típica fisura de tracción diagonal.

2.3. MARCO CONCEPTUAL.

Adobe.

Es una unidad de suelo grueso, que se puede mezclar con paja o arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad (Norma técnica E.080, 2017).



Arcilla.

Es un material del suelo activo y esencial que, en contacto con el agua, permite el amasado, actúa plásticamente y fija las partículas inertes restantes para formar limo o arcilla de los materiales de construcción (Norma técnica E.080, 2017).

Arriostre.

Un componente que impide significativamente el libre movimiento de los bordes de la pared y lo trata como un soporte vertical u horizontal (Norma técnica E.080, 2017).

Colapso.

Colapso repentino de una pared o techo parcial o total (Norma técnica E.080, 2017).

Diseño.

Es el resultado final del proceso y el objetivo es básicamente encontrar la solución ideal a un problema en particular, pero hacer lo mejor posible para que sea práctico y estéticamente agradable para ser implementado (Acero, 2016).

Falla.

El fracaso es una diferencia inaceptable entre el rendimiento esperado y el observado (Torre, 2013).

Fisura o grieta estructural.

Las rajaduras que se producen en el muro de tierra debido a una carga que excede la carga que el material puede soportar por gravedad, terremotos, accidentes, etc. (Norma técnica E.080, 2017).



Paja.

La paja es una hierba que crece a una altura de 3.300 a 4.500 metros sobre el nivel del mar, es una planta de regiones frías, es un material fibroso bastante fino y se utiliza como aglutinante para aliviar el estrés. Contracción de la mezcla suelo-agua después del proceso desecante (Mantilla, 2018).

Prototipo.

Un prototipo es la primera versión o modelo de un producto que incorpora ciertas características del producto final. Fue creado para investigar de forma rápida y económica la viabilidad del concepto preliminar. Puede fabricarse a mano con materiales simples, pero también puede contar con la experiencia de estilistas, ingenieros y desarrolladores profesionales (Mamani, 2017).

Refuerzo.

Elementos de alta resistencia a la tracción utilizados para controlar el desplazamiento de muros en caso de fisuras estructurales (Norma técnica E.080, 2017).

Riesgo sísmico.

La probabilidad de que el impacto social o económico causado por un terremoto sea mayor o igual a un valor dado para un lugar o área geográfica en particular (Torre, 2013).

Peligro Sísmico.

La probabilidad de que el valor de un parámetro particular que mide el movimiento sísmico (intensidad, aceleración) pueda exceder un período de tiempo particular (t), también conocido como intervalo de contacto (Torre, 2013).



Sismo fuerte.

Clase de intensidad de Mercalli modificada Fuerza VII o superior (Norma técnica E.080, 2017).

Sismo leve.

Igual o menor a la intensidad III de la escala de Mercalli modificada (Norma técnica E.080, 2017).

Sismo moderado.

Entre las intensidades IV y VI de la escala de Mercalli modificada (Norma técnica E.080, 2017).

Vivienda.

Una vivienda es una estructura cuyo propósito es brindar cobijo y cobijo a los habitantes de la zona y protegerlos del clima y otras amenazas. Otros conceptos de vivienda son habitaciones, casas, alojamientos, salas de estar, viviendas, villas, viviendas, apartamentos, etc. El derecho a tener una vivienda digna es considerado uno de los derechos humanos (Mamani, 2017).

Vulnerabilidad sísmica.

Esta es una valoración del daño o la gravedad del daño de una estructura en particular o varias estructuras puede experimentar, resistir o verse afectada por la vibración del suelo de una estructura en particular (Mamani, 2017).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

3.1.1. Ubicación política de la localidad de Lampa.

Distrito : Lampa.

Provincia : Lampa.

Región : Puno.

Latitud Sur : 15°21'48" S

Longitud Oeste : 70°21'58" O

Altitud : 3873 msnm.

3.1.2. Localización del lugar del área de estudio.

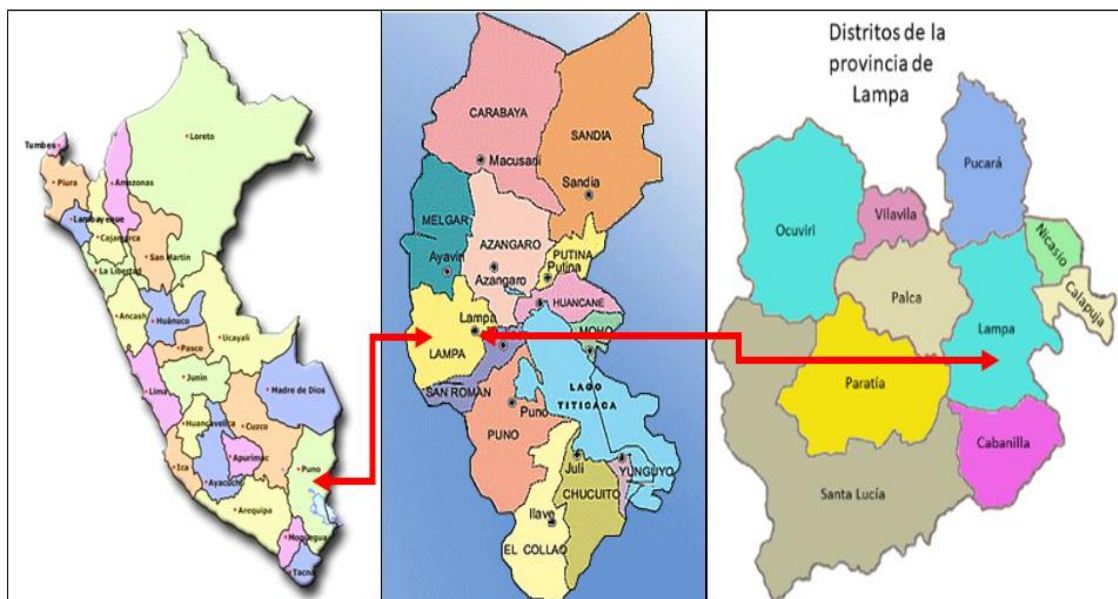


Figura 12. Localización distrito de Lampa.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



3.1.3. Características de la zona de estudio.

3.1.3.1. Clima.

El área del proyecto se encuentra en 3873 m.s.n.m., el clima es frígido, y mayores se expresan en invierno (mayo – Julio), con temperaturas mínimas de hasta -15.332°C , datos según Senamhi este clima va mejorando en los meses de primavera y verano. El clima es normalmente típico al climático altiplánico y a la formación ecológica húmeda montaña, sub tropical, denominado pradera o sub páramo.

Se evaluaron datos para los últimos 20 años en la estación cercana a la localidad de Lampa, el cual se obtuvo los siguientes resultados:

Precipitación	:	Máxima = 81.991 mm, Mínima = 0 mm Promedio = 3.651 mm
Humedad Relativa	:	Máxima = 99.6%, Mínimo = 3.4%, Promedio = 54.3%
Temperatura Máxima	:	25.548 °C, Promedio = 15.364 °C
Temperatura Mínima	:	-15.332 °C, Promedio = -1.127 °C
Velocidad del viento	:	Máxima = 6.964 m/s, Mínima = 0.958 m/s Promedio = 2.578 m/s
Radiación Solar	:	Máxima = 36.965 w/m ² , Mínima = 3.852 w/m ² Promedio = 24.091 w/m ² .

Fuente: <https://globalweather.tamu.edu/request/view/33761>.



3.1.3.2. Topografía.

El área del terreno del área de la localidad de Lampa se caracteriza por una variedad de configuraciones. Amplio lienzo, pendientes leves y claras, alturas de colinas, valles escarpados, altas montañas cubiertas de nieve en las montañas.

La localidad de Lampa se encuentra en una topografía llana delimitada por cerros y el río, área del Altiplano o Meseta; unidad morfológica homogénea en cuyas superficies es considerada como semi – plano. Característico es la existencia de terrazas fluvio aluviales.

La provincia de Lampa del departamento de Puno, Limita:

- Norte : Provincia de Melgar y Azángaro.
- Sur : Provincia de San Román.
- Este : Provincia de Azángaro y San Román.
- Oeste : Con el departamento de Arequipa.

3.1.4. Viviendas en la localidad de Lampa.

En la localidad de Lampa cuenta con viviendas particulares 1827 y vivienda con ocupantes presentes 5306. De las viviendas con ocupantes presentes, 1658 son de ladrillo y bloque de cemento, 09 piedra o sillar con cal, 02 viviendas de Tapia, 07 viviendas de triplay calamina estera y 3630 viviendas de adobe que representa el 68.41% de viviendas en la localidad de Lampa (INEI, 2017).

3.1.5. Situación de las viviendas post sismo en Lampa diciembre 2016.

(Tavera, 2016) Localidades de Ocuvi, Santa Lucia, Lampa, Paratía, Vilavila de la región de Puno, presentó movimientos fuertes y de una duración muy prolongada.

Todas las personas tuvieron que salir a la calle por varios minutos. Se tuvo fuertes vibraciones de paredes y ventanas. Se presentó daños de muchas viviendas hasta llegar al colapso de sus estructuras de las paredes de adobe y rotura de ventanas. También presentaron daños en colegios e iglesias, además se desprendimiento de tierra y material rocoso en los cerros circundantes Figura 15. La intensidad evaluada fue de VI en la escala de Mercalli Modificada.



Figura 13. Viviendas cercanas a la localidad de Lampa.

Fuente: (Tavera, 2016).

En el mes de mayo de 2020, se pudo realizar una visita a la localidad de Lampa con el objeto de verificar los daños producido por los sismos ocurridos en diciembre 2016 de 6.0 ML en la escala Mercalli Modificada. De las ocho (08) viviendas evaluadas, se pudo observar que tres (05) viviendas presentan falla por corte, cuatro (02) viviendas presentan fallas por tracción y una (01) vivienda presenta falla por flexión, es decir una cantidad de fallas se presentó por tracción precisamente en las aristas laterales y superior

de la vivienda, también se observó en buena cantidad de viviendas con falla de corte precisamente en la parte superior de la vivienda, también se pudo observar que la totalidad de viviendas visitadas no contaban con ningún refuerzo mencionado en las normativas peruanas.

Por otra parte, se menciona que, de acuerdo a entrevistas a los pobladores, que una gran cantidad de viviendas que sufrieron el colapso total, por tanto, ya fueron removidos dichos restos de las viviendas de adobe.

3.2. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES PARA EL MODELO DE VIVIENDA DE ADOBE.

3.2.1. Dimensionamiento del adobe.

Según lo mencionado en el marco teórico, se fundamenta algunos criterios y normativas para su elección de las medidas más óptimas, sin embargo, adoptamos lo mencionado en el manual de elaboración de adobe del MVCS de 0.40 x 0.40 x 0.10m.

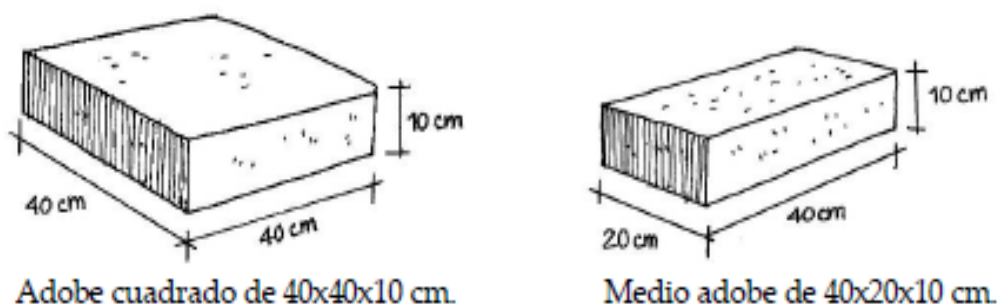
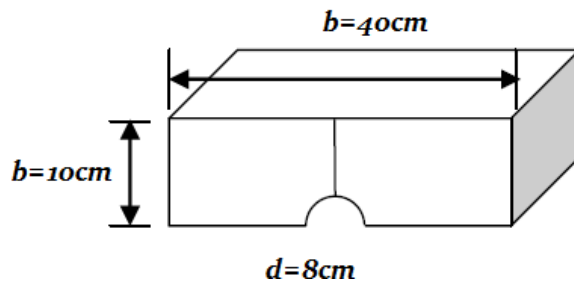


Figura 14. Medidas del adobe.

Fuente: Manual de elaboración de adobe MVCS (2010).

Para la prueba del adobe tomamos en cuenta las siguientes dimensiones 40x40x10 cm, y medidas del medio adobe 40x20x10 cm.



El esfuerzo de flexión: $\sigma = \frac{Mc}{I}$, donde: $I = \frac{bh^3}{12}$; $c = \frac{h}{2}$

$$M = \frac{pl}{4} \rightarrow \sigma = \frac{3}{2} \frac{pl}{bd^2}$$

Remplazando datos del adobe $\rightarrow \sigma = \frac{3 \cdot 70 \cdot 40}{2 \cdot 10 \cdot 8^2} = 6.5625$

$$\sigma = 6.56 \text{ kg/cm}^2$$

La norma dice: $\sigma = 2.50 \text{ kg/cm}^2$

Como: $6.56 \text{ kg/cm}^2 > 2.50 \text{ kg/cm}^2$ **CUMPLE!**

El módulo de rotura en promedio debe ser $\sigma = 3.50 \text{ kg/cm}^2$, sin embargo, en ningún adobe debe tener menos de $\sigma = 2.50 \text{ kg/cm}^2$.

3.2.2. Suelos, cimientos y sobrecimientos.

A. SUELO: Encargada de transmitir la carga al suelo. Las normativas peruanas exigen no edificar con adobe en suelos que tenga una capacidad portante menores de 1.00 kg/cm², para un adobe simple barro más paja, una capacidad portante mayor a 2.00 kg/cm², el tipo de suelo que presenta dicha calicata es un terreno de mezcla de arena, grava, mezclada con limo y arcilla.

En la localidad de Lampa se ha realizado el estudio de suelos en una calicata, ubicada en la periferia de la localidad, de ello el resultado de la capacidad portante del suelo es de 2.025 kg/cm², el cual es permisible para la construcción de adobe simple de barro más paja.



Para los cimientos cumple la función de transmitir cargas al suelo, también evita que la humedad ascienda en los muros de adobe, el cual deberá considerar lo mencionado en la Norma Técnica E-0.80, con una profundidad de 0.60m y un ancho de 0.60, con piedra grande y piedra mediana acomodada con barro o concreto ciclópeo.

Los sobrecimientos transmiten cargas hacia los cimientos y protege el muro ante acción de la erosión y la ascensión capilar, por lo que se debe considerar lo mencionado en la Norma Técnica E-0.80, un ancho de 0.40m y una altura de 0.30m el cual puede ser piedra mediana acomodada con barro o concreto ciclópeo.

3.2.3. Muros y vanos.

Según Norma Técnica Peruana E.080, la altura mínima del muro será de 2.40m a 3.00m.

Adoptamos $h=2.40m$

(ZELAYA, 2007) Según normas de sismo resistente: el espesor (e) mínimo de los muros la mayor de las siguientes dimensiones:

$$e \geq \frac{1}{8} h$$

Dónde: $e=0.40m$ (dimensiones del adobe), $h=2.40m$ altura libre.

Remplazando: $0.40m \geq \frac{1}{8} (2.40) m$ $0.40 m \geq 0.30 m$... si cumple

Los vanos de puertas y ventanas deben alejarse como mínimo 1.20m de la pared transversal.

Los vanos de puertas y ventanas deben estar separados como mínimo 1.00 m

El vano de puerta no debe ser mayor de 0.90m

El vano de ventana no debe ser mayor de 1.20m ni debe tener una altura mayor de 0.90m.



$$a + b \leq \frac{l}{3} \dots \dots \dots 0.8 + 0.4 \leq \frac{4.60}{3} \dots \dots \dots 1.2 \text{ m} \leq 1.533 \text{ m} \dots \text{ cumple}$$

Según Norma Técnica Peruana E.080 del R.N.E., actualizada en el año 2017, menciona los límites de la geometría de muros y vanos.

Adoptamos:

Vano en puerta = 0.80m

Vano en ventana = 0.40m

Muro intermedio = 1.00m

Muros laterales = 1.20m.

3.3. DETERMINACIÓN LOS ESFUERZOS LONGITUDINALES DEL MODELO DE VIVIENDA DE ADOBE.

3.3.1. Análisis de cargas.

La vivienda deberá ser capaz de soportar las cargas que se someta como consecuencia de su uso previsto, como se indica en la Norma E.020 del RNE.

3.3.1.1. Carga muerta.

Para el análisis de carga muerta de la vivienda se toma en cuenta el peso de los distintos materiales que actúan sobre la vivienda y son tal como indica en la Tabla 6.

Tabla 6.
Metrado de cargas muertas del modelo de vivienda de adobe.

Materiales	Módulo Elasticidad		Módulo de Poisson	Peso Unitario	
	E	Und.	u	p.e.	Und.
Adobe para muro longitudinal	186.33	MPa	0.20	1600.00	Kgf/m3
Adobe para muro transversal	294.20	Mpa	0.15	1600.00	Kgf/m3
Calaminón T e=0.40mm	-	-	Peso =	3.76	Kg/m2
Listones de madera tornillo	108.00	Tn/cm2	0.20	450	Kg/m3
Triplay Pino e=6mm	-	-	Peso =	3.023	Kg/m2

Fuente: Norma Técnica E.010, E.020 (2017).

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Las cargas muertas que actúan sobre el techo inclinado de 7.83° , se detallan en la Figura 17.

Áreas tributarias sobre el cual actuara las cargas.

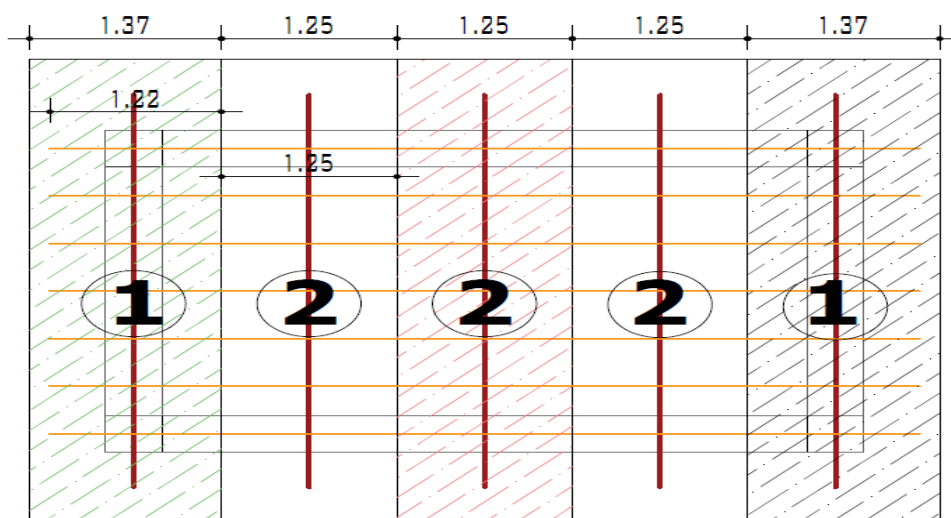


Figura 15. Área tributaria en la cobertura.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Área tributaria 1: Las cargas muertas que actúan sobre las vigas de madera de 4"x2" son distribuidas por metro lineal (calaminón y triplay) y puntual (Correas de tornillo 3"x2").

- Calaminón: $3.76 \text{ kg/m}^2 \times 1.37\text{m} = 5.1512 \text{ kg/m}$.
- Triplay de 6mm: $3.023\text{kg/m}^2 \times 0.42\text{m} = 1.27\text{kg/m}$.
- Correas de tornillo 3"x2": $1.22\text{m} \times 450\text{kg/m}^3 \times 0.0762\text{m} \times 0.0508\text{m} = 2.125 \text{ kg}$.

Área tributaria 2: Las cargas muertas que actúan sobre las vigas de madera de 4"x2" son distribuidas por metro lineal (calaminón y triplay) y puntual (Correas de tornillo 3"x2").

- CM de Calaminón: $3.76 \text{ kg/m}^2 \times 1.25\text{m} = 4.70 \text{ kg/m}$.
- CM de Triplay de 6mm: $3.023\text{kg/m}^2 \times 1.25\text{m} = 3.78\text{kg/m}$
- CM de Correa tornillo 3"x2": $1.25\text{m} \times 450\text{kg/m}^3 \times 0.0762\text{m} \times 0.0508\text{m} = 2.177 \text{ kg}$.

3.3.1.2. Carga viva del techo.

La carga viva es la carga actuante de acuerdo al uso que posee la estructura, según la Norma Técnica E.020 para techos con coberturas livianas de plancha onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etc., cualquiera sea su pendiente es 0.30 kPa (30 kgf/m²).

Área tributaria 1: La carga viva que actúan sobre las vigas de madera de 4"x2" son distribuidas por metro lineal.

- CV: $30\text{kg/m}^2 \times 1.37\text{m} = 41.10 \text{ kg/m}$.

Área tributaria 2: La carga viva que actúan sobre las vigas de madera de 4"x2" son distribuidas por metro lineal.

- CV: $30\text{kg/m}^2 \times 1.25\text{m} = 37.50 \text{ kg/m}$.



3.3.1.3. Cargas de nieve.

La estructura y todos los elementos de techo que están expuestos a la acción de carga de nieve tienen que ser diseñados para resistir las cargas producidas por la acumulación de la nieve en el techo, según la Norma Técnica E.020 para techos a una o dos aguas que tengan inclinaciones menores o iguales a 15° la carga de diseño (Q_t), sobre la proyección horizontal, será:

$$Q_t = 0.40\text{kPa (40 kgf/m}^2\text{)}.$$

Área tributaria 1: La carga de nieve que actúa sobre las vigas de madera de 4"x2" son distribuidas por metro lineal.

- $CN: 40\text{kg/m}^2 \times 1.37\text{m} = 54.80 \text{ kg/m}.$

Área tributaria 2: La carga de nieve que actúa sobre las vigas de madera de 4"x2" son distribuidas por metro lineal.

- $CN: 40\text{kg/m}^2 \times 1.25\text{m} = 50.00 \text{ kg/m}.$

3.3.1.4. Carga de viento.

Todas las estructuras de edificios, cierres y componentes externos afectados por el viento deben estar diseñados para soportar las cargas externas e internas (presión y succión) del viento y moverse en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí, según la Norma E.020 la velocidad de diseño (V_h) del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la vivienda que es de 110 km/h según el mapa eólico del Perú, para un periodo de retorno de 50 años.

La carga externa (presión o succión) aplicada por el viento se considera estática y perpendicular a la superficie sobre la que actúa el viento.



$$Ph = 0.005CVh^2 \dots\dots\dots Ec.24$$

Donde:

Ph: Presión o succión del viento a una altura h en Kg/m².

C: Factor de forma adimensional.

Vh: Velocidad de diseño a la altura h, en Km/h.

Tabla 7.
Factores de barlovento y sotavento.

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 -0.7	-0.6

Fuente: Norma Técnica E.020.

Tabla 8.
Carga de viento en techo y pared.

Descripción	Carga	C	Presión (kg/m ²)	Presión Vertical (kg/m ²)	Área Tributaria	Carga Distribuida (kg/m)
Techo	Barlovento	+0.3	+18.15	+17.98	A1	+24.63
					A2	+22.48
	Sotavento	-0.7	-42.35	-41.96	A1	-57.49
					A2	-52.45
Pared	Barlovento	-0.6	-36.30	-35.96	-	-
	Sotavento	+0.8	+48.40	+47.95	-	-
		-0.6	-36.30	-35.96	-	-

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



3.3.1.5. Carga sísmica.

Las normas establecen requisitos mínimos para las edificaciones diseñadas para tener un comportamiento sísmico consistente con los principios señalados a fin de evitar la pérdida de vidas, asegurar la continuidad del servicio y minimizar los daños a la propiedad (Norma Técnica E-080, 2017).

A. Zonificación: El territorio nacional está dividido en cuatro zonas, la vivienda en análisis se encuentra en la localidad de Lampa, distrito y provincia de Lampa - Puno, por lo que se encuentre en zona sísmica 3.

Coefficiente sísmico: $C = 0.20$.

B. Categoría de edificación: Este es el factor básico de amplificación de la fuerza de corte y depende del nivel de importancia que se le dé al edificio.

Según la Norma Técnica E.080-2017, la vivienda en estudio corresponde a edificaciones comunes.

Factor de Uso: $U = 1.0$

C. Condiciones geotécnicas: La zona en estudio corresponde a suelos medianamente rígidos, con perfil tipo II, donde se cimienta sobre suelos intermedios o blandos con capacidad portante mayores a 1.02 kg. f/cm^2 .

Factor de suelo: $S = 1.40$

Periodos: $T_p = 0.6$ y $T_L = 2.0$



D. Factor de amplificación sísmica (C): De acuerdo a las características de la zona de estudio se define por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 T < T_p & \quad C = 2.5 \\
 T_p < T < T_L & \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T > T_L & \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

E. Coeficiente de Reducción: Este valor puede reducir la fuerza sísmica del diseño. El enfoque de diseño basado en la resistencia utilizado actualmente en la normativa peruana lo trata como un parámetro constante que depende únicamente del tipo de estructura.

Se ha tomado como referencia la Norma Técnica (E.080, 2017) Adobe.

El coeficiente de reducción sísmica $R=1.0$

F. Aceleración Espectral: Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se tomará un espectro inelástico de pseudo - aceleraciones que está definido por lo siguiente:

$$S_a = \frac{Z*U*C*S}{R} * g \dots\dots\dots Ec.25$$

Para el análisis en la dirección vertical se podrá usarse un espectro con valor igual a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales.

Tabla 9.
Valores de Sa para cada periodo

T	C	ZUCS/R*g
0.00	2.50	7.358
0.01	2.50	7.358
0.02	2.50	7.358



T	C	ZUCS/R*g
0.03	2.50	7.358
0.04	2.50	7.358
0.05	2.50	7.358
0.06	2.50	7.358
0.07	2.50	7.358
0.08	2.50	7.358
0.09	2.50	7.358
0.10	2.50	7.358
0.20	2.50	7.358
0.30	2.50	7.358
0.40	2.50	7.358
0.50	2.50	7.358
0.60	2.50	7.358
0.70	2.14	6.306
0.80	1.88	5.518
0.90	1.67	4.905
1.00	1.50	4.415
1.50	1.00	2.943
2.00	0.75	2.207
3.00	0.33	0.981
4.00	0.19	0.552
5.00	0.12	0.353
6.00	0.08	0.245
7.00	0.06	0.180
8.00	0.05	0.138
9.00	0.04	0.109
10.00	0.03	0.088

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

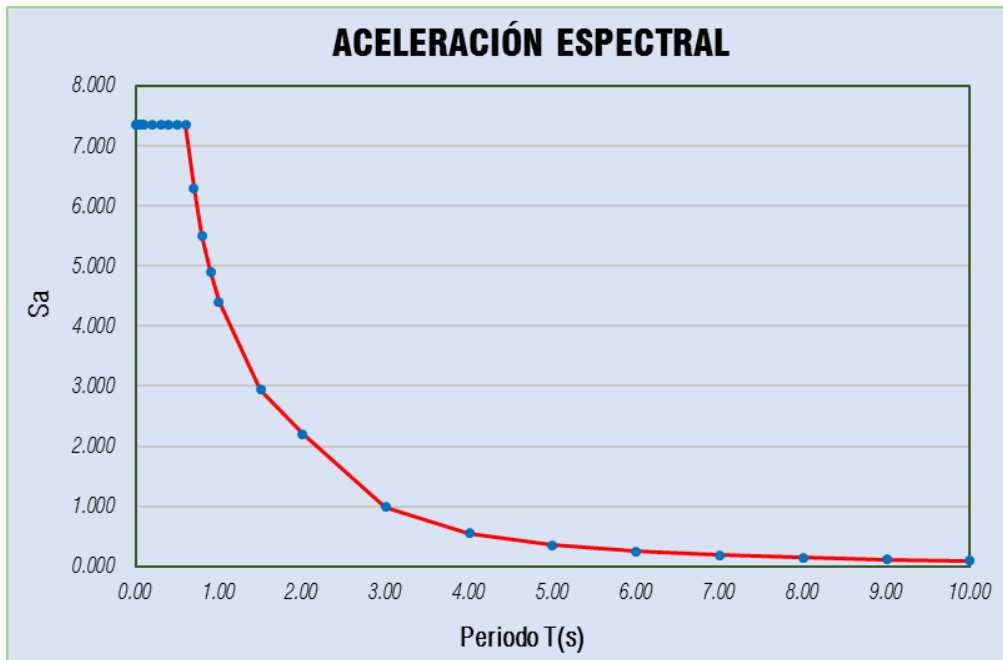


Figura 16. Aceleración espectral.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.3.2. Comportamiento sísmico del modelo de vivienda de adobe.

Según la Norma Técnica E.080 - 2017, El daño a las estructuras no reforzadas de adobe por un terremoto es extremadamente frágil. Normalmente, si la mampostería tiene poca resistencia a la tracción, el montaje de la pared comenzará desde la parte superior y se romperá en las esquinas. Esto vuelve a separar las paredes entre sí, provocando inestabilidad lateral y haciendo que las paredes colapsen fuera del plano.

3.3.2.1. Fuerzas sísmicas horizontales.

La fuerza sísmica horizontal en la base para las edificaciones de adobe se puede calcular con lo siguiente.

$$H = S * U * C * P$$

Tenemos:

Factor de suelo $S = 1.4$

Factor de uso $U = 1.0$

Coefficiente sísmico $C = 0.20$



El peso total de la vivienda, incluyendo cargas muertas y el 50% de carga viva.

$$P = CM + 0.5*CV$$

3.3.2.2. Carga muerta total del modelo de vivienda.

En el siguiente Tabla 10, se detalla el metrado de cargas del modelo de vivienda de adobe.

Tabla 10.
Metrado de carga muerta del modelo de vivienda.

Descripción	Und	Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total	Peso Unitario		Peso Total (Kg)
								Peso	Und.	
Calaminón T de e=0.40mm	m2	1	6.48	5.34		34.60	34.60	3.76	Kg/m2	130.11
Listón de tornillo 2"x3"	m3	7	6.20	0.08	0.05	0.17	0.17	450.00	Kg/m3	75.60
Listón de tornillo 2"x4"	m3	5	4.34	0.10	0.05	0.11	0.11	450.00	Kg/m3	50.40
Triplay Pino de e=6mm	m2	1	4.60	2.80		12.88	12.88	3.02	Kg/m2	38.94
Muro de Adobe	m3						15.11	1600.00	Kg/m3	24,177.28
Longitudinal			Área =							
Eje A-A, B-B entre 1-2	m3	2	8.84	0.40		7.07				
V-01	m3	-2	0.40	0.40	0.80	-0.26				
Transversal										
Eje 2-2 entre A- B	m3	1	4.59	0.40	2.70	4.96				
Eje 1-1 entre A- B	m3	1	4.59	0.40	2.20	4.04				
V-01	m3	-1	0.40	0.40	0.80	-0.13				
P-01	m3	-1	0.80	0.40	1.80	-0.58				



Descripción	Und	Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total	Peso Unitario		Peso Total (Kg)	
								Peso	Und.		
										Kg	24,472.32
										Tn	24.47

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.3.2.3. Carga viva total del modelo de vivienda.

Según la Norma Técnica E.020 la carga viva es 0.30 kPa (30 kgf/m²).

Según la Norma Técnica E.060, según evaluación si es necesario incluir en el cálculo el efecto de las cargas de nieve o granizo (40kgf/m²), éstas tendrán que considerarse como cargas vivas (CV).

$$\text{Carga viva total} = (30\text{kg/m}^2 + 40\text{kg/m}^2) \times 6.48\text{m} \times 5.34\text{m} = 2,422.224\text{Kg} = 2.422\text{Tn}.$$

Por lo tanto, el peso total de la vivienda es:

$$P = 24.47\text{Tn} + 0.5 \times 2.422\text{Tn} = 25.68\text{Tn}$$

Fuerza sísmica horizontal

$$H = 1.4 \times 1.0 \times 0.20 \times 25.68\text{Tn} = 7.19\text{Tn}.$$

3.3.3. Modelado del modelo de vivienda en SAP 2000.

Según el análisis de cargas y de comportamiento sísmico se tiene el siguiente modelaje de la vivienda en SAP2000.



3.3.3.1. Definición de materiales, secciones y estados de carga.

Para definir los tipos de materiales es necesario tomar en cuenta las propiedades propias de cada material como: módulo de elasticidad, módulo de Poisson, densidad y peso específico.

Los estados de carga son aquellas cargas que afectan a la vivienda en forma permanente y ocasional.

3.3.3.2. Definición de confinación de carga.

Las combinaciones de carga que afectan a una vivienda son afectadas por factores de mayoración en los distintos estados de cargas como: carga muerta (CM), carga viva (CV), carga viento (CVi) y carga de sismo (CS).

El cual es tomado en cuenta lo mencionado en el marco teórico del presente trabajo de investigación.

- D
- D + L
- D + (W ó 0.70E)
- D + T
- $\alpha (D + L + (W \text{ ó } 0.70 E))$
- $\alpha (D + L + T)$
- $\alpha (D + (W \text{ ó } 0.70 E) + T)$
- $\alpha (D + L + (W \text{ ó } 0.70 E) + T)$.

Las combinaciones son ingresadas en el software SAP 2000 en su versión demo, y se obtiene un valor de combinación máxima que también definimos una nueva combinación.

3.3.3.3. Definición de asignación de carga.

Las cargas asignadas a la vivienda, son: carga muerta, carga viva, carga nieve, carga de viento y sismo.

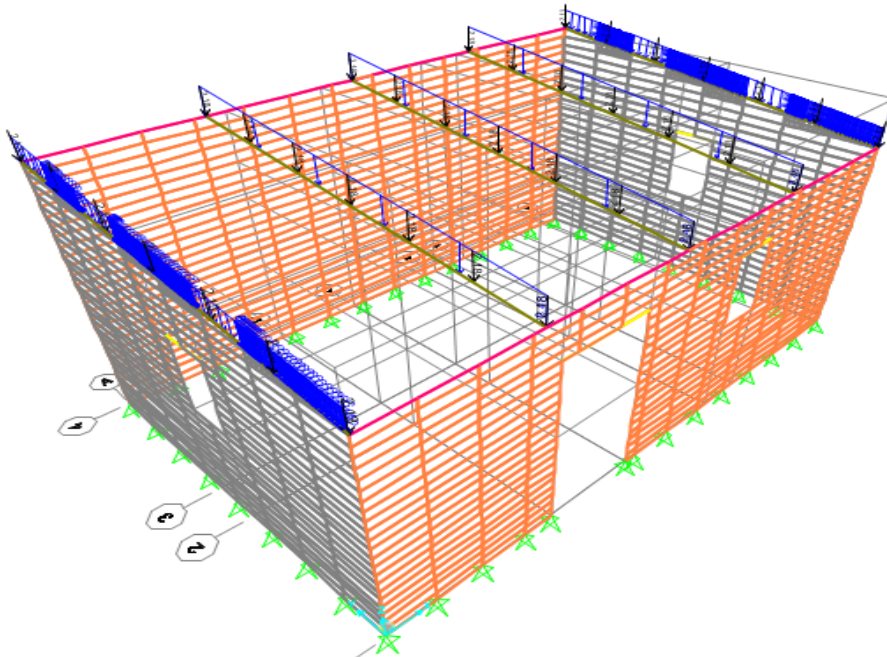


Figura 17. Asignación de carga muerta en el techo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

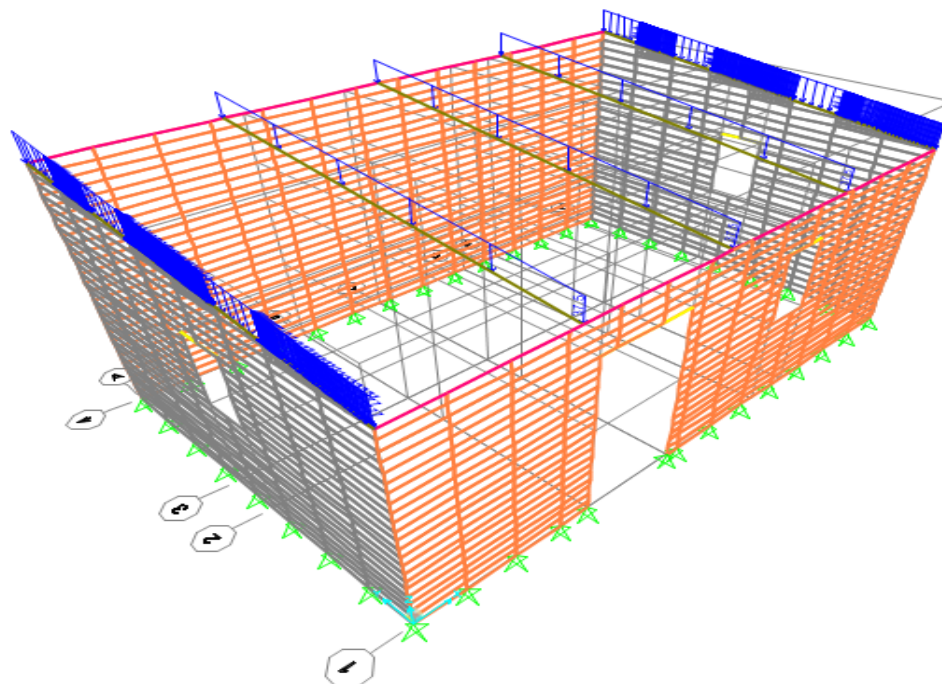


Figura 18. Asignación de carga viva en el techo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

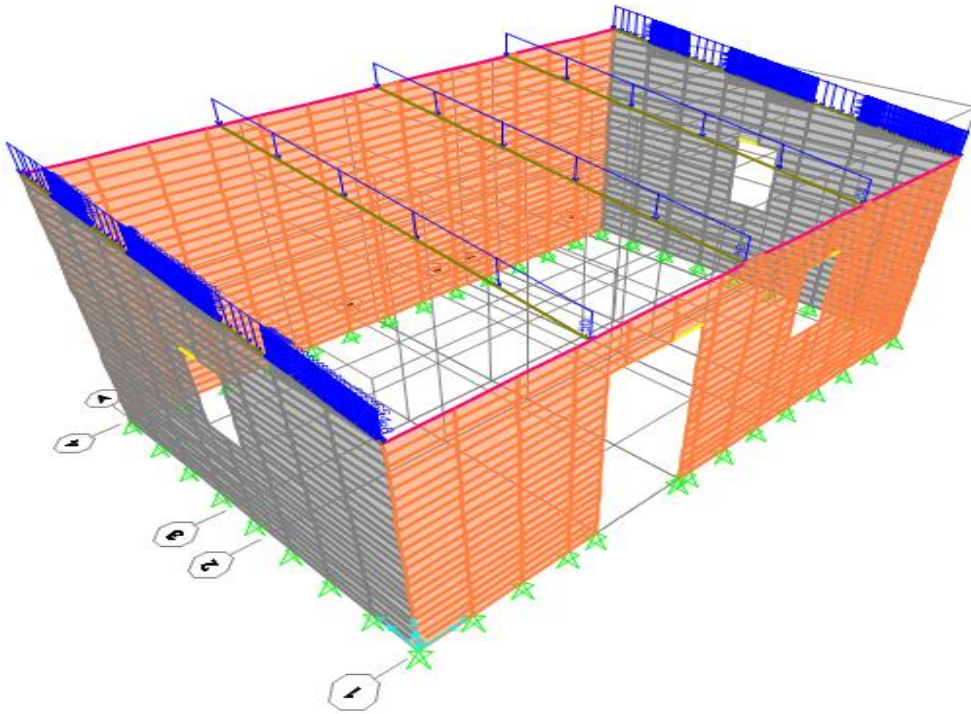


Figura 19. Asignación de carga de nieve en el techo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

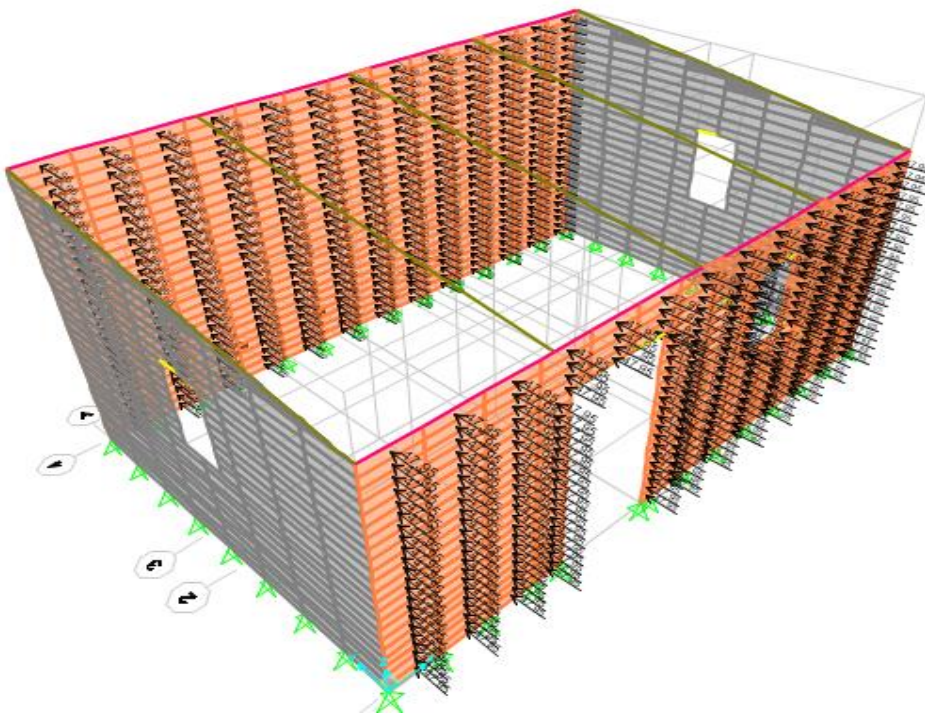


Figura 20. Asignación de carga de viento.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FALLA EN LOS PROTOTIPOS SIN REFUERZO Y REFORZADO SIMULADO EN MESA VIBRADORA.

Para identificar los tipos de fallas del modelo de vivienda de adobe se sometió a pruebas dinámicas por medio de la simulación de movimientos horizontales y los efectos sobre el prototipo a escala 1/10, la cual será simulada en una mesa vibratoria. Según especificaciones y características del equipo, es que se toma en cuenta solo el lado del muro más crítico, es decir el muro de la parte delantera. La escuela profesional de Ingeniería Civil de la UNA – PUNO cuenta con una mesa vibratoria tipo biaxial con 02 etapas, etapa superior de 0.46 x 0.46 cm, etapa inferior 0.61 x 0.46 cm, masa del sistema de 27.2 kg, velocidad máxima de cada etapa 664.9 mm/s, fuerza máxima de fase 159.3 lb, máxima aceleración de la etapa a 0 kg de carga 24.5 m/s², las especificaciones son adjuntan en los anexos del presente trabajo.



Figura 21. Mesa vibratoria, laboratorio de estructuras EPIC - UNA.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.3.1. Preparado del prototipo del muro crítico.

El modelo físico representa un módulo (prototipo) para la simulación en la mesa vibratoria cuyas características y dimensiones son sustentadas conforme al dimensionamiento a escala de 1:10, la escala se sustenta de acuerdo al peso del sistema de la mesa vibratoria. Las medidas del adobe son 4 x 4 x 1 cm, el muro frontal tiene las siguientes medidas: largo 0.515 m, espesor 0.04 m, altura 0.25 m, las juntas tanto longitudinal y transversal es de 05mm.

Como base se ha utilizado un tablero de 0.615 x 0.455 cm de triplay de espesor de 10 mm, se realiza lo agujeros según las características y/o las medidas de la mesa vibratoria.

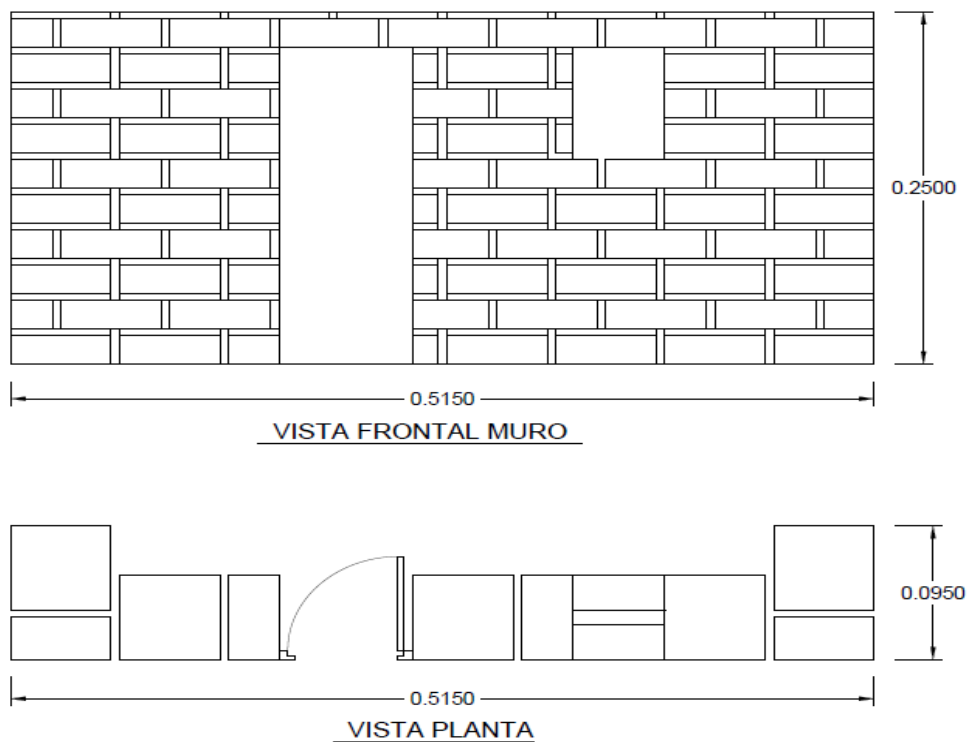


Figura 22. Muro a ser ensayado en mesa vibratoria.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Según medidas se procede a preparar la mezcla para la elaboración de adobes a escala, para lo cual se utiliza los siguientes materiales 15% de arcilla, 21% de limo, 61%

de arena y 3% de grava, adicionando abundante agua durante la fase de amasado, utilizando un molde metálico se realiza lo adobes a escala, es secado durante 05 días en una mesa libre de la intemperie que afecte en la elaboración de los mismos, teniendo en cuenta la cantidad se procede a pesar la unidad teniendo así un peso de 0.135 kg por unidad. En la Figura 25, presenta la elaboración de los adobes a escala.

Considerando siempre los pesos de los materiales, también se realiza el pesado del tablero de triplay obteniendo un peso de 2.065 kg, se toma en cuenta el alineamiento y verticalidad del muro, también se considera un tarrajeo en la cara delantera y posterior del prototipo del modelo de vivienda. En la Figura 25, observamos en proceso de preparación del prototipo del modelo de vivienda.



Figura 23. Preparación del muro de adobe prototipo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.4.2. Prototipo sin refuerzo.

Tomando en consideración las dimensiones citadas anteriormente se procede a realizar el prototipo sin ningún tipo de refuerzo, se toman las medidas del PROTOTIPO SIN REFUERZO, como longitud, alto y peso obteniendo así los siguientes resultados.

Longitud = 0.513 m.

Alto = 0.24 m.

Peso = 15.50 kg.

En la Figura 26, se puede el prototipo sin ningún tipo refuerzo, apto para ser simulado en la mesa vibradora.



Figura 24. Muro sin refuerzo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.4.3. Prototipo con refuerzo de malla metálica.

Para determinar las medidas del refuerzo, se realizó mediciones con escalímetro en las áreas más críticas, se tomó mediciones horizontales y verticales de los esfuerzos mayores críticos, obteniendo una longitud de 0.50 m de refuerzo para la parte superior

tanto delantera y posterior, 0.50 m en aristas en las cuatro esquinas tanto en la parte delantera y posterior, medidas que se tomará en cuenta para el modelo de vivienda y en escala 1/10 para el prototipo.

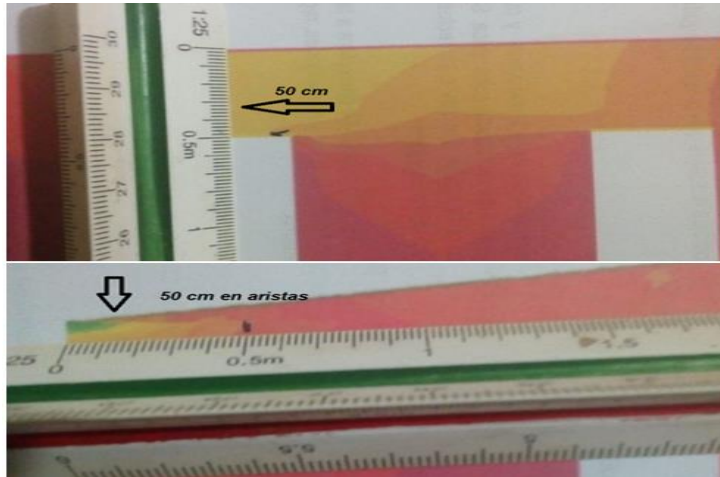


Figura 25. Determinación de las dimensiones del refuerzo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En base a lo especificado anteriormente se prepara el prototipo con refuerzo de malla metálica de fierro galvanizado con agujeros de 2mm normalmente utilizado para tamizaje de arena fina. Para el refuerzo se toma en cuenta según los cálculos de los esfuerzos longitudinales y la medición de la longitud de áreas críticas, considerando aspectos técnicos constructivos es que se refuerza las aristas del muro con 0.50m por lado, también la arista superior de 0.50m interior y exterior, es tomado en cuenta la escala a 1/10.



Figura 26. Muro con refuerzo de malla metálica.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Se realiza el tarrajeo con el mismo material del suelo para lo cual se tiene ya el Prototipo ya terminado. Se toma las medidas del PROTOTIPO, como longitud, alto y peso obteniendo así los siguientes resultados.

Longitud = 0.514 m.

Alto = 0.26 m

Peso = 15.57 kg.

La muestra se deja secar por una semana 07 días.

3.4.4. Fases de los ensayos dinámicos.

Se realiza el ensayo en la mesa vibratoria, se toma en cuenta las recomendaciones del encargado de laboratorio, de ello se programa para realizar en cuatro fases con diferentes valores de amplitud y frecuencia, cada fase para un tiempo de 10 segundo, el ensayo es tomado realizado de forma progresiva hasta observar la falla del muro propuesto.

Primera fase $A=1\text{cm}$, $F=1\text{ Hz}$, $t=10\text{s}$.

Segunda fase $A=1\text{cm}$, $F=2\text{ Hz}$, $t=10\text{s}$.

Tercera fase $A=1\text{cm}$, $F=2.5\text{ Hz}$, $t=10\text{s}$.

Cuarta fase $A=3\text{cm}$, $F=2.5\text{ Hz}$, $t=10\text{s}$.

A = amplitud, F = frecuencia, t =tiempo del ensayo.

Esta variación de amplitud y frecuencia se realiza con la finalidad de alcanzar valores máximos de aceleración, dicho valor de la aceleración será observado en el osciloscopio de la mesa vibratoria.



Figura 27. Prototipo ensamblado en la mesa vibratoria.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LAS DIMENSIONES DE MUROS Y VANOS DE LA PROPUESTA DEL MODELO DE VIVIENDA.

Según el estudio de suelos se ha determinado una capacidad portante de 2.035kg/cm², con la que se ha dimensionado una cimentación de ancho 0.40m y 0.60m de profundidad, como sobrecimiento se ha propuesto una altura de 0.30m y 0.40m de ancho se utilizara piedra grande y mediana respectivamente.

Las dimensiones del adobe se han propuesto 0.40m x 0.40m x 0.10m y medios adobes de 0.20m x 0.40m x 0.10m, según cálculos del módulo de rotura se ha obtenido 6.56 kg/cm², que es superior a los 2.5 kg/cm² que es mínimo recomendado, también cumple las recomendaciones de la Norma Técnica Peruana E.080.

La altura del muro frontal es de 2.40m, altura de muro posterior es de 2.90m, muro longitudinal exterior de 5.40m, muro longitudinal interior 4.60m y muro transversal exterior 3.60m, muro transversal interior 2.80m. Vanos de la puerta tiene un ancho de 0.80m y una altura de 1.80m, las ventanas frontal y posterior tiene un ancho de 0.40m, altura 0.80m y alfeiser de 1.00m.

Como área útil interna propuesta del modelo de vivienda es de 12.88 m², vivienda típica de la zona y de la región de Puno, también es propuesto de conforme a la situación económica de los moradores de dicha localidad.

Para su mejor apreciación se puede apreciar en la Figura 30, también los detalles de las mismas pueden ser apreciados en los anexos del presente trabajo de investigación.

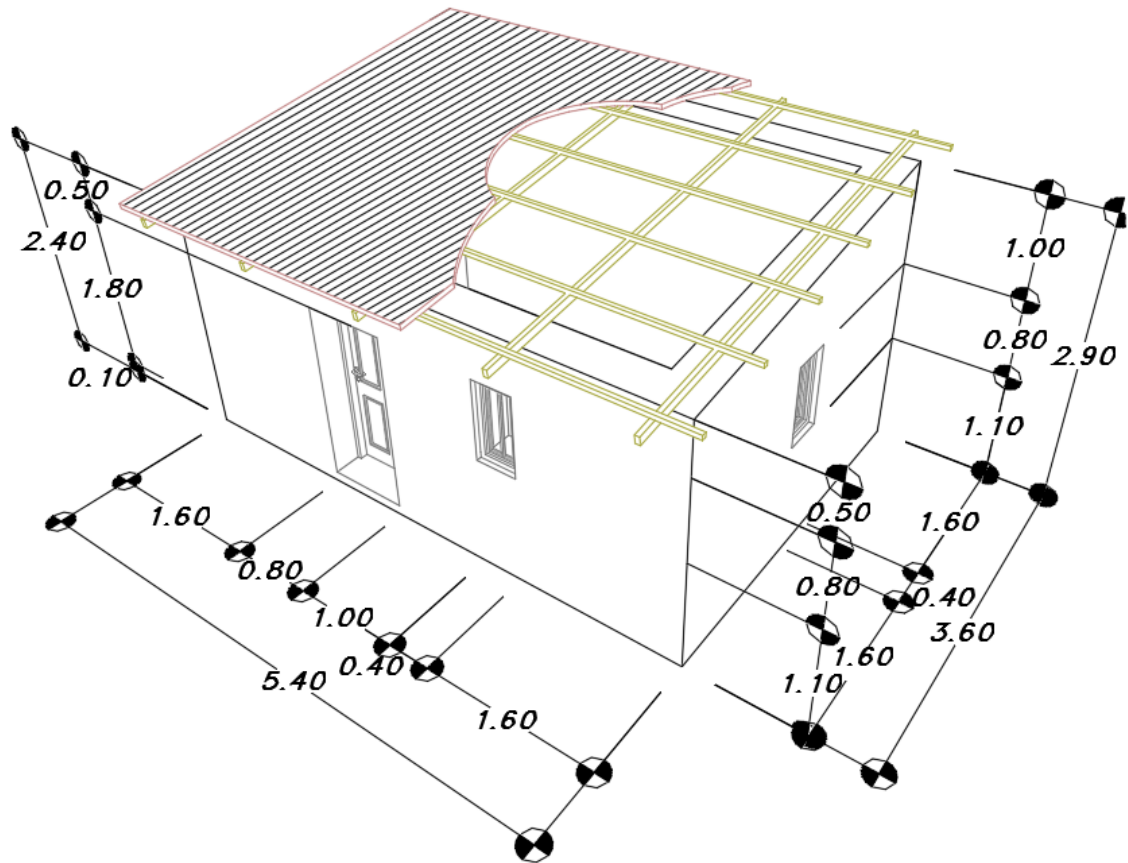


Figura 28. Vista isométrica de la propuesta del modelo de vivienda de adobe.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2. RESULTADOS DE ESFUERZOS LONGITUDINALES DEL MODELO DE VIVIENDA SIMULADOS EN SAP 2000.

Para su modelamiento del modelo de vivienda en SAP 2000, se ha considerado dos escenarios, la primera para un adobe existente en la zona de estudio y un segundo escenario para un adobe nuevo elaborado en la zona, específicamente en las coordenadas UTM $x=353522.95$, $y=8302149.29$ en la parte Este de la localidad de Lampa, región Puno. Para ambos escenarios, tanto para el adobe existente de aproximadamente 10 años y adobe de elaboración reciente, ambos adobes son de características de adobe simples barro y paja, se ha determinado el módulo de elasticidad y el coeficiente de poisson, por ser datos necesarios para la simulación en el software SAP 2000.



4.2.1. Esfuerzos longitudinales del modelo de vivienda para un adobe existente.

Para adobe existente se ha tomado en cuenta tres especímenes, de medidas 0.10x0.10x0.20m, con un área en la base de 100cm², dichas muestras fueron ensayados en laboratorio, obteniendo los siguientes resultados:

A) Espécimen 01:

Módulo de elasticidad = 894.44 kg/cm², Coeficiente de Poisson = 0.23.

B) Espécimen 02:

Módulo de elasticidad = 780.95 kg/cm², Coeficiente de Poisson = 0.215.

C) Espécimen 03:

Módulo de elasticidad = 987.95 kg/cm², Coeficiente de Poisson = 0.19.

Para los tres especímenes se ha determinado el promedio, cuyo resultado se ha tomado en cuenta para la simulación en el software SAP 2000.

- Módulo de elasticidad promedio = 887.783 kg/cm² = 87.092 Mpa.
- Coeficiente de poisson = 0.21.

La presente simulación en SAP 2000 v21, es realizada para los datos promedio de módulo de elasticidad y coeficiente de poisson.

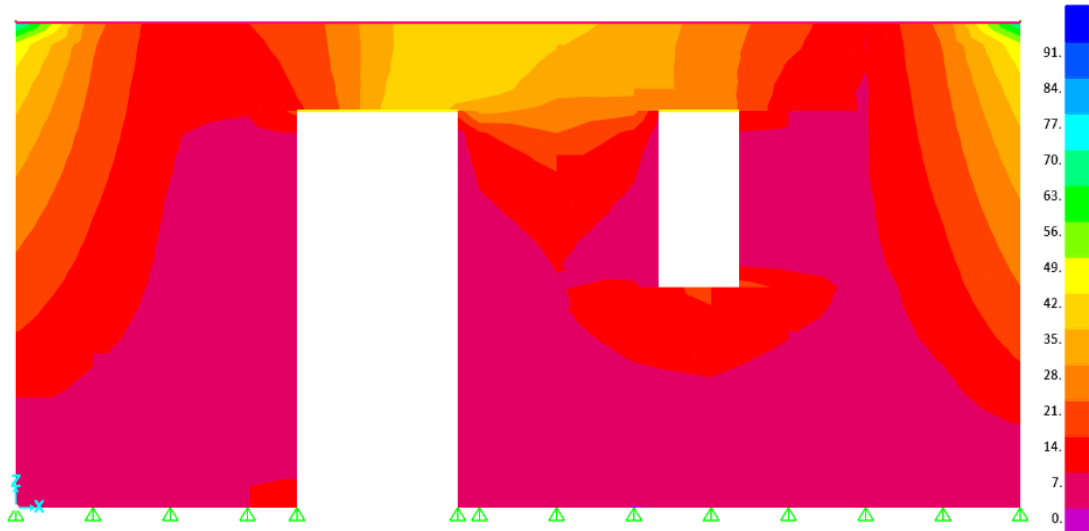


Figura 29. Esfuerzo longitudinal frontal para adobe existente.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

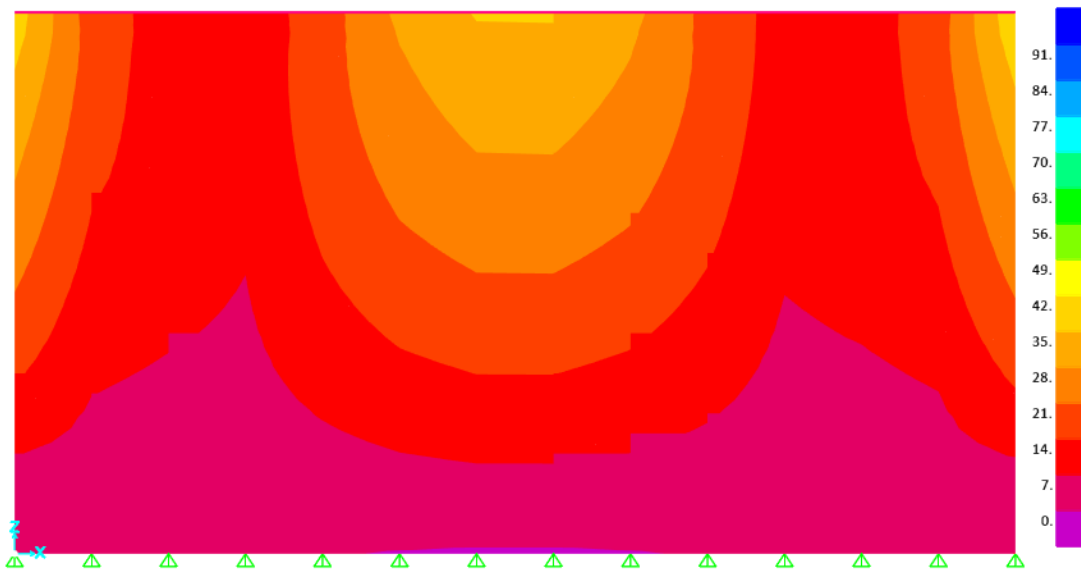


Figura 30. Esfuerzo longitudinal posterior para adobe existente.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

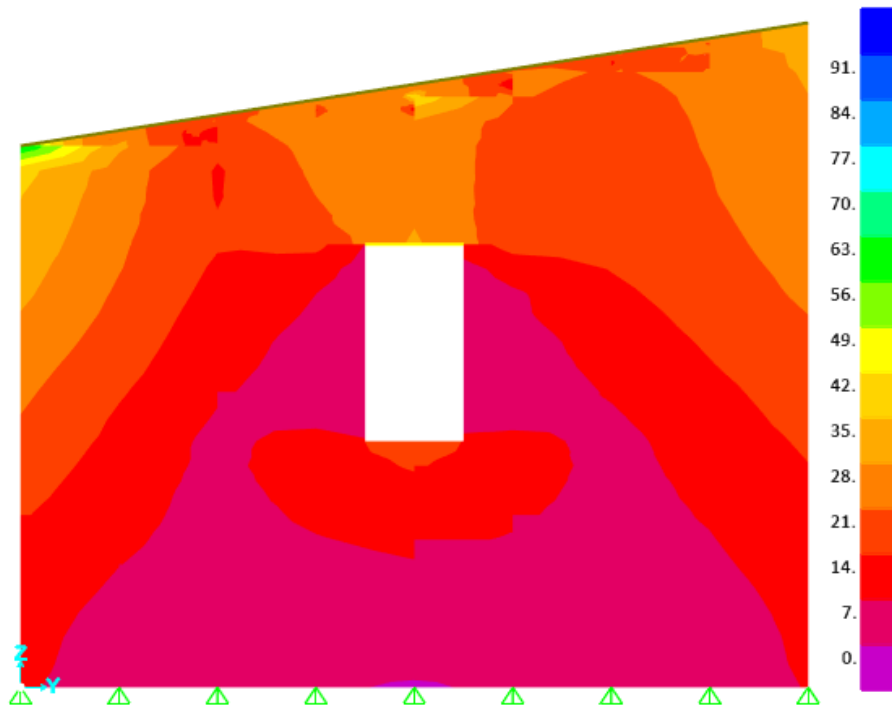


Figura 31. Esfuerzo longitudinal lado derecho para adobe existente.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

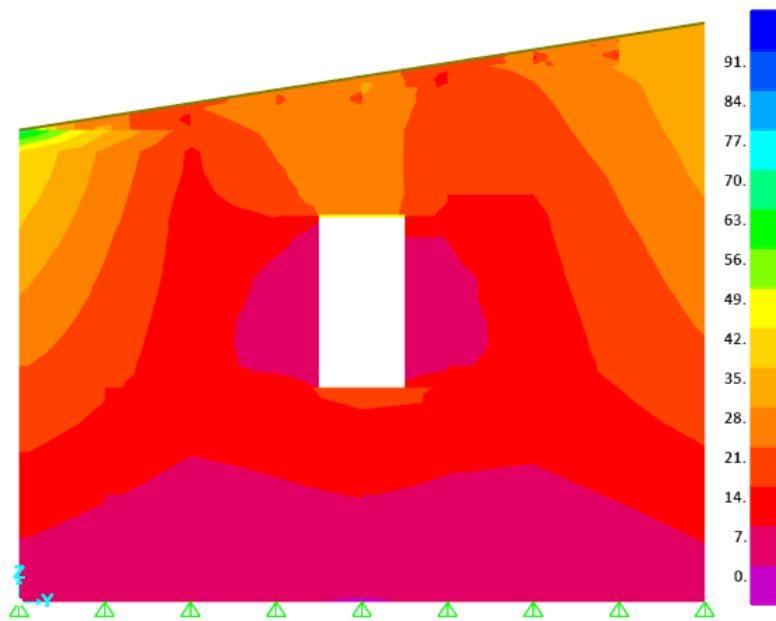


Figura 32. Esfuerzo longitudinal lado izquierda para adobe existente.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

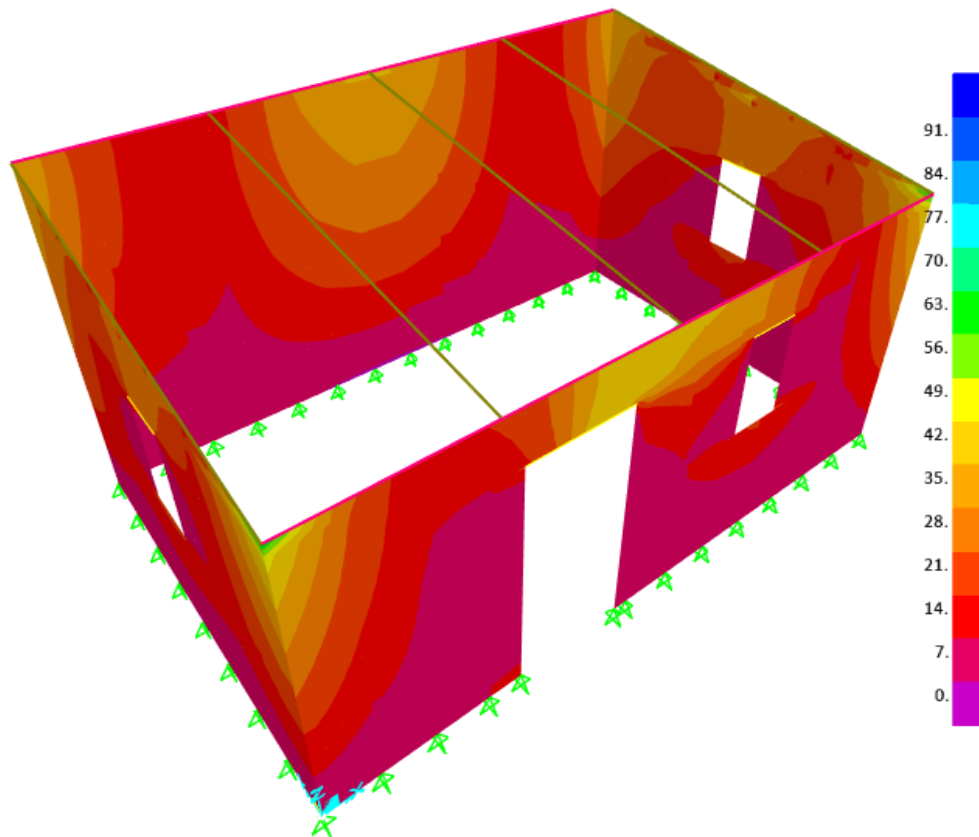


Figura 33. Esfuerzo longitudinal isométrica para adobe existente.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.2. Esfuerzos longitudinales del modelo de vivienda para un adobe recientemente elaborado.

De igual forma para un adobe de elaboración nueva se ha tomado en cuenta tres especímenes, de medidas $0.10 \times 0.10 \times 0.20$ m, con un área en la base de 100 cm^2 , dichas muestras fueron ensayados en laboratorio, obteniendo los siguientes resultados:

A) Espécimen 01:

Módulo de elasticidad = 931.03 kg/cm^2 , Coeficiente de Poisson = 0.18.

B) Espécimen 02:

Módulo de elasticidad = 1151.32 kg/cm^2 , Coeficiente de Poisson = 0.16.

C) Espécimen 03:

Módulo de elasticidad = 1414.06 kg/cm², Coeficiente de Poisson = 0.16.

Para los tres especímenes se ha determinado el promedio, cuyo resultado se ha tomado en cuenta para la simulación en el software SAP 2000.

- Módulo de elasticidad promedio = 1165.471 kg/cm² = 114.333 Mpa.
- Coeficiente de poisson = 0.167.

La presente simulación en SAP 2000 v21, es realizada para los datos promedio de módulo de elasticidad y coeficiente de poisson.



Figura 34. Esfuerzo longitudinal frontal para adobe nuevo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

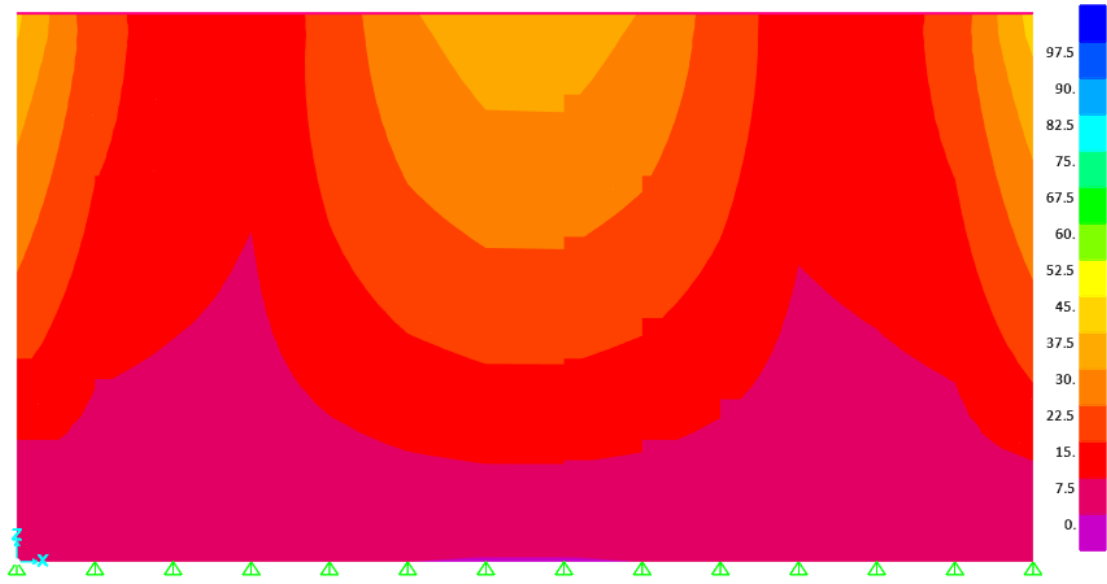


Figura 35. Esfuerzo longitudinal posterior para adobe nuevo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

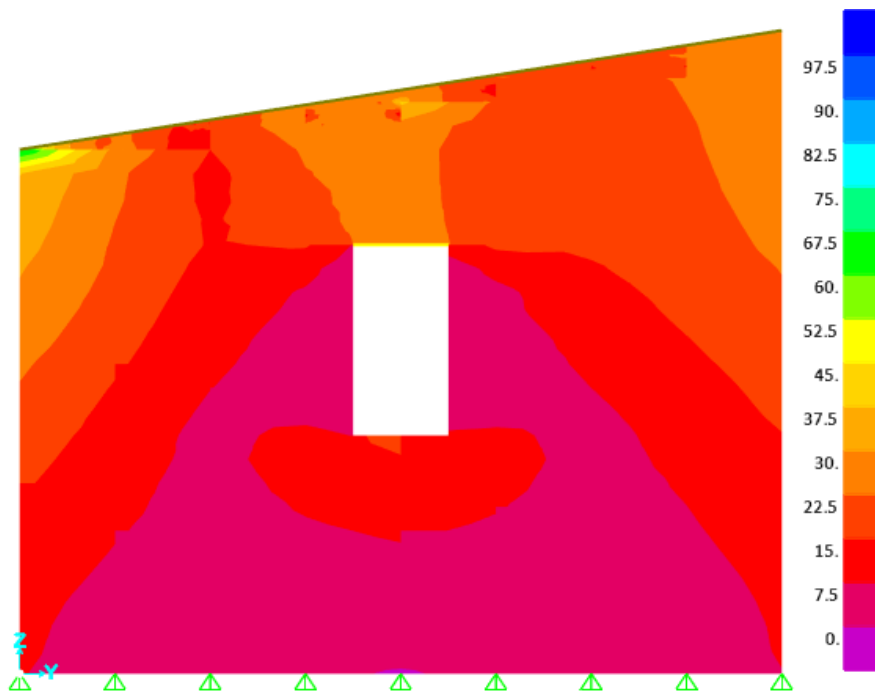


Figura 36. Esfuerzo longitudinal muro transversal derecho para adobe nuevo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

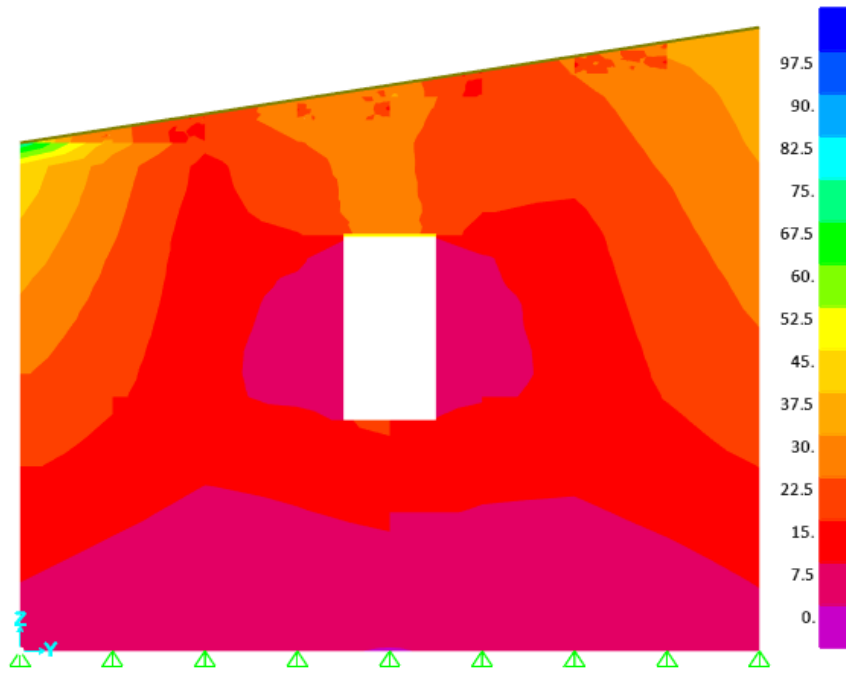


Figura 37. Esfuerzo longitudinal lado izquierda para adobe nuevo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

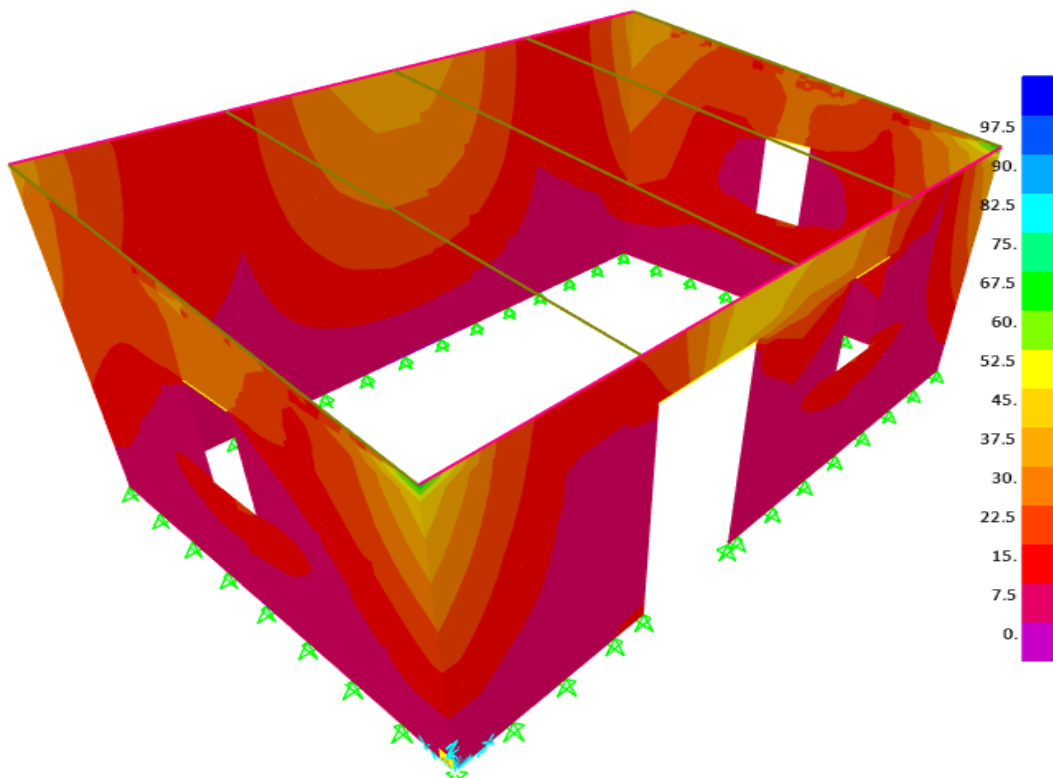


Figura 38. Esfuerzo longitudinal isométrica para adobe nuevo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.3. Gráfico comparativo del esfuerzo longitudinal del modelo reforzado y no reforzado.

Según la simulación en SAP 2000, se ha obtenido los esfuerzos longitudinales en muros del modelo de la vivienda, para ello se ha tomado cuatro intervalos de 0 a 7 tn/m², 14 a 28 tn/m², 35 a 45 tn/m y 56 a 70 tn/m, dicha simulación se ha realizado para el modelo con propiedades del adobe existente y para el modelo con propiedades de un adobe de reciente elaboración, las muestras del adobe son tomados de la misma localidad de Lampa.

Los presentes gráficos comparativos se muestran en las figuras que mostramos a continuación.

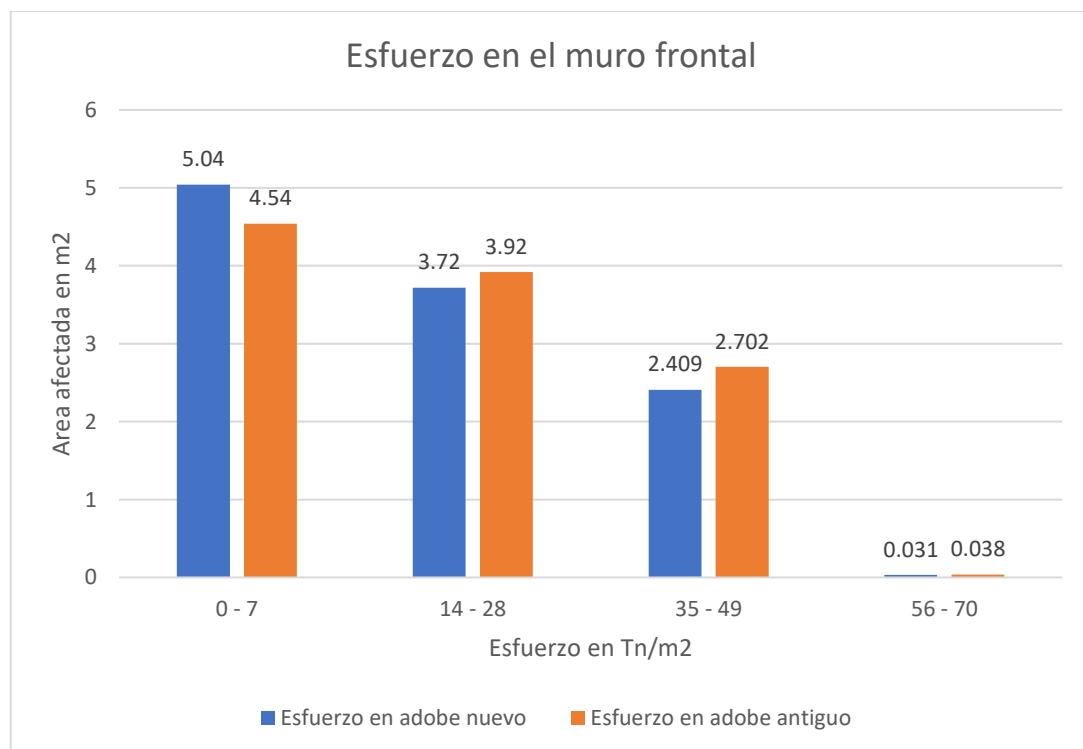


Figura 39. Cuadro comparativo esfuerzo en muro frontal.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

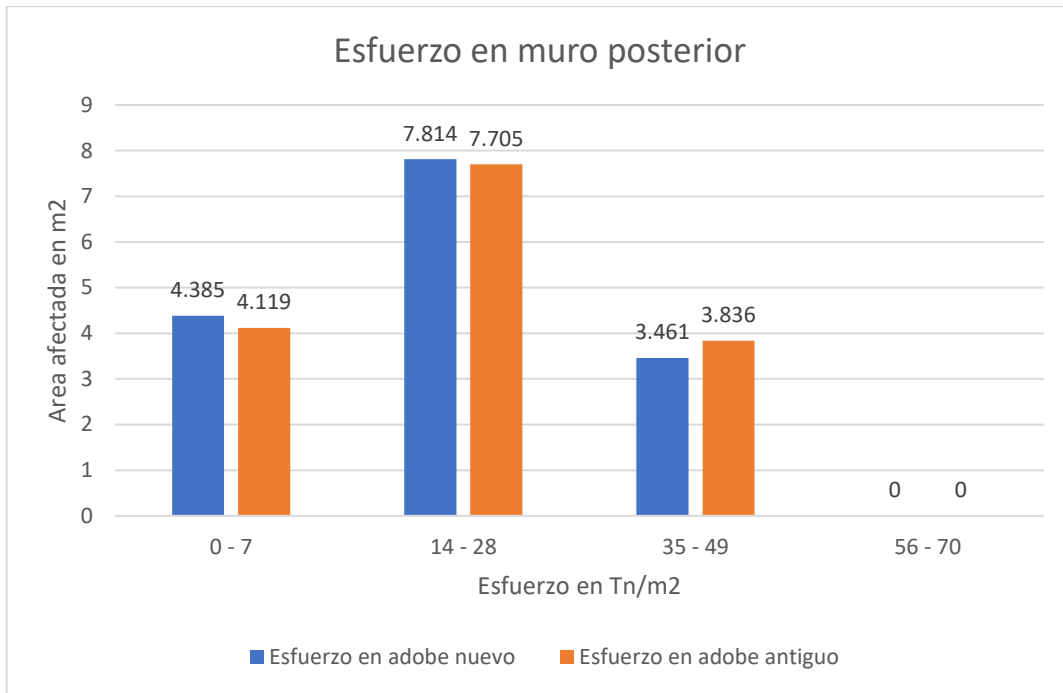


Figura 40. Cuadro comparativo esfuerzo en muro posterior.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

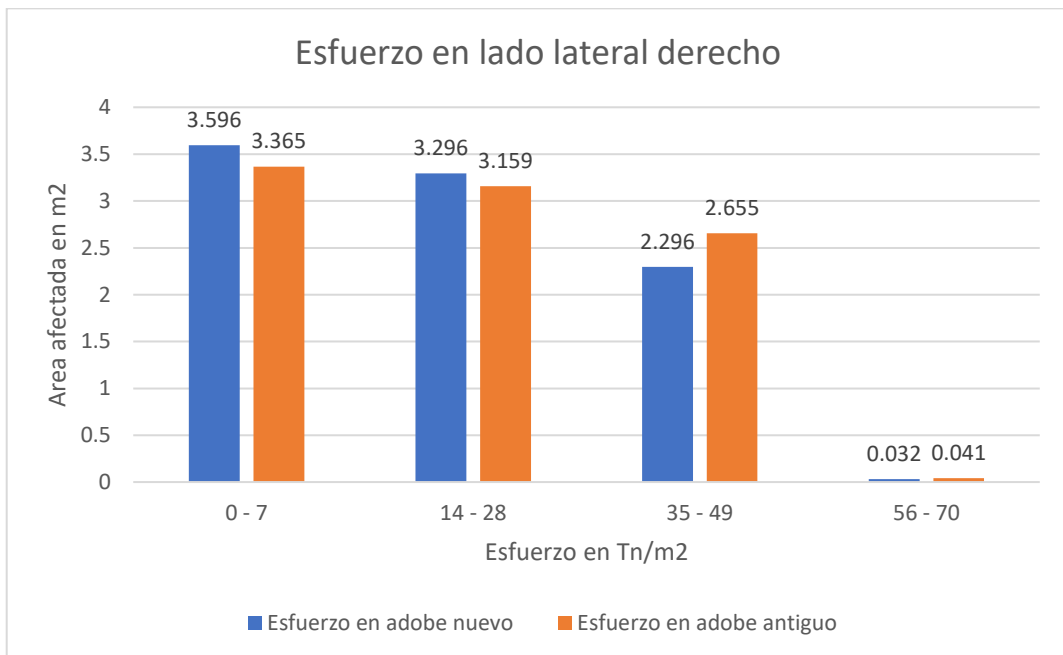


Figura 41. Cuadro comparativo esfuerzo en muro lateral lado derecho.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

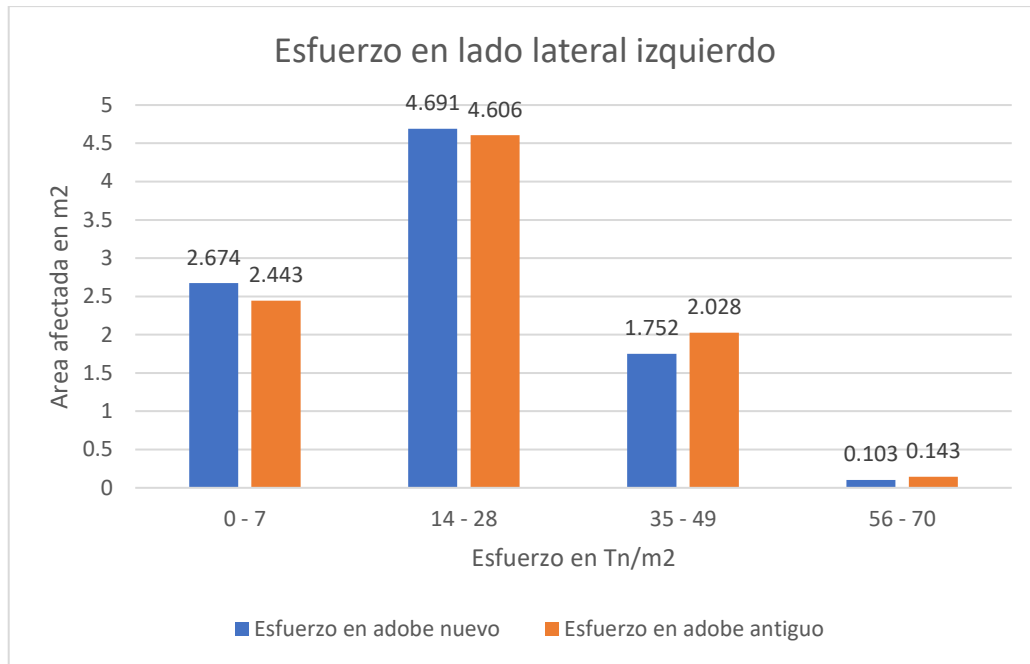


Figura 42. Cuadro comparativo esfuerzo en muro lateral lado izquierdo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

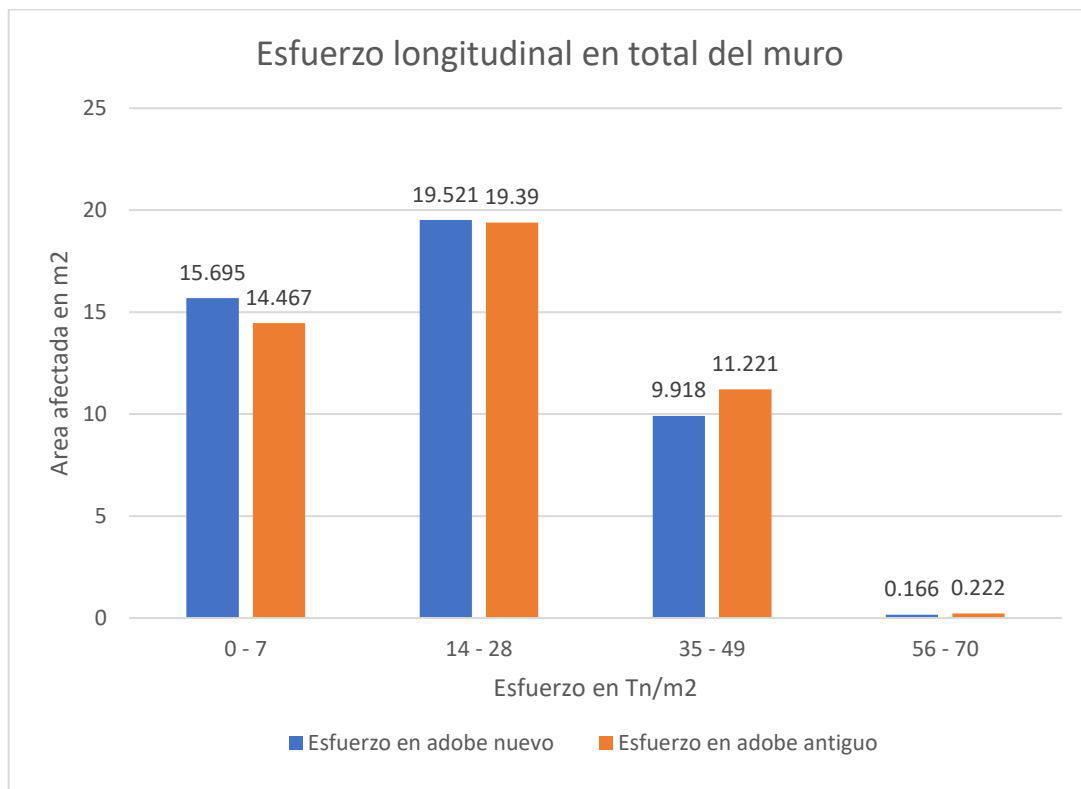


Figura 43. Cuadro comparativo esfuerzo en muro del total de la vivienda.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.3. RESULTADOS DE LOS TIPOS DE FALLAS EN LOS PROTOTIPOS SIN REFUERZO Y REFORZADO CON MALLA METÁLICA.

4.3.1 Ensayo en mesa vibratoria del prototipo sin refuerzo.

El prototipo de adobe a escala 1/10, es ensayado bajo excitaciones dinámicas severas, para lo cual se obtiene los siguientes resultados según las cuatro pruebas realizadas.

Los valores de amplitud, frecuencia, velocidad y aceleración son básicamente de la mesa vibratoria.

Tabla 11.
Resultados de los ensayos del prototipo sin refuerzo.

N° DE PRUEBA	AMPLITUD "cm"	FRECUENCIA "Hz"	TIEMPO DE ENSAYO "s"	VELOCIDAD m/s		ACELERACION "g"		DAÑO
				MAX	MIN	MAX	MIN	
1	1.000	1.000	10.000	0.065	-0.065	0.125	-0.120	NINGUNO
2	1.000	2.000	10.000	0.125	-0.125	0.225	-0.220	NINGUNO
3	1.000	2.500	10.000	0.195	-0.195	0.590	-0.450	NINGUNO
4	3.000	2.500	1.300	0.420	-0.410	3.050	-3.250	FALLÓ

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Los resultados de mesa vibratoria mostrados en la Tabla 11, son cualitativos, se observa las cuatro etapas del ensayo para diferentes valores de amplitud y frecuencia, el tiempo de cada etapa es de 10 segundos de las cuales se observa que en la prueba N°04 presenta falla de colapso en un tiempo de 1.30 segundo.

Escalamiento de los resultados del PROTOTIPO a escala real para su interpretación según las ecuaciones 16, 18 y 20 representamos.



$$M_m = \frac{M_p}{S_L^3} \dots \dots \dots \text{Ec.16}$$

$$T_m = \frac{T_p}{S_L} \dots \dots \dots \text{Ec. 18}$$

$$A_m = \frac{A_p}{1/S_L} = S_L A_p \dots \dots \dots \text{Ec. 20}$$

Cálculo de $S_L = 0.1$

En la ecuación 16: $M_m = \frac{M_p}{0.1^3} = 100M_p$

Lo cual indica que la masa del modelo es 100 veces la masa del prototipo ensayado.

En la ecuación 18: $T_m = \frac{T_p}{0.1} = 10T_p$

El tiempo de la duración del sismo será diez veces el tiempo del ensayo en mesa vibratoria del prototipo, lo cual según los ensayos se considera el ensayo a la cual FALLA, es decir el tiempo de falla sería de 1.30 segundos, reemplazando $T_m = 10 (1.30 \text{ s}) = 13 \text{ s}$, lo cual la interpretación sería que a 13 segundos la estructura fallaría el modelo en escala real.

Según la ecuación 20, $A_m = S_L A_p = 0.1A_p$

Para valores máximos y mínimos de aceleración según lo ensayado se evalúa la etapa más crítica:

Aceleración máxima = 3.05 g, $A_m = 0.1(3.05g) = 0.305g$

Aceleración mínima = -3.25 g, $A_m = 0.1(-3.25g) = -0.325g$

Por lo tanto, se asume que en el modelo real la vivienda podría fallar en un tiempo de 13 segundos con una aceleración máxima de 0.305g, una frecuencia de 2.5 Hz y Amplitud de 3cm.

4.3.2 Fallas en el prototipo sin refuerzo.

Según base teóricas se analizan cada una de los tres tipos de fallas mencionadas anteriormente:

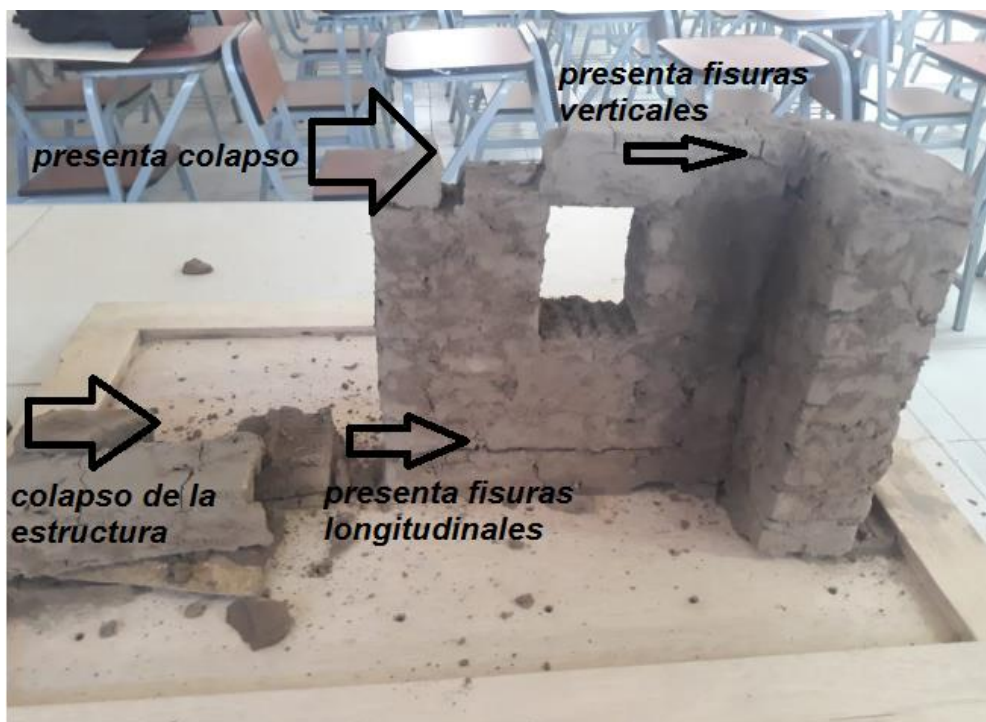


Figura 44. Fallas en el prototipo sin refuerzo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- Falla por tracción en juntas de los muros perpendiculares, en la imagen se observa que por falla por tracción existe un colapso de la estructura lado izquierdo del prototipo.
- Falla por flexión en muros de adobe; en el prototipo ensayado no presenta fallas por flexión en muros.

- c) Fallas por corte en muros de adobe; se puede observar fallas por fisuras o corte longitudinal en la base del prototipo tal como se aprecia en la figura, también se puede observar pequeñas fisuras en la parte superior derecha.

Se concluye que parte de la estructura ha sufrido un colapso tal como se aprecia en la imagen para una aceleración máxima de 3.050g de la mesa vibratoria.

4.3.3 Ensayo en mesa vibratoria del prototipo con refuerzo de malla metálica.

El prototipo de adobe a escala 1/10, simulado por excitaciones dinámicas austero, fue acomodado por una manera de refuerzo según análisis computacional SAP 2000, además del sellado del refuerzo mediante barro líquido. La manera combinada de reforzamiento sostiene una rigidez estructural; el mismo que evita la degradación excesiva y sobre todo el colapso de las estructuras de adobe, sin embargo sostiene un control de desplazamientos de la estructura en el periodo del movimiento de alta intensidad, para lo cual se obtiene los siguientes resultados según las cuatro pruebas realizadas.

Tabla 12.
Resultados de los ensayos del prototipo reforzado.

N° DE PRUEBA	AMPLITUD "cm"	FRECUENCIA "Hz"	TIEMPO DE ENSAYO "s"	VELOCIDAD m/s		ACELERACIÓN "g"		DAÑO
				MAX	MIN	MAX	MIN	
1	1.000	1.000	10.000	0.065	-0.065	0.125	-0.120	NINGUNO
2	1.000	2.000	10.000	0.125	-0.125	0.225	-0.220	NINGUNO
3	1.000	2.500	10.000	0.195	-0.195	0.590	-0.450	NINGUNO
4	3.000	2.500	2.500	0.420	-0.410	3.050	-3.250	FALLÓ

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Según las ecuaciones 16, 18 y 20 representamos el PROTOTIPO a escala real para su interpretación.

$$M_m = \frac{M_p}{S_L^3} \dots \dots \dots Ec.16$$

$$T_m = \frac{T_p}{S_L} \dots \dots \dots Ec.18$$

$$A_m = \frac{A_p}{1/S_L} = S_L A_p \dots \dots \dots Ec.20$$

Calculo de $S_L = 0.1$

En la ecuación 16: $M_m = \frac{M_p}{0.1^3} = 100M_p$

Lo cual indica que la masa del modelo es 100 veces la masa del prototipo ensayado.

En la ecuación 18: $T_m = \frac{T_p}{0.1} = 10T_p$

El tiempo de la duración del sismo será 10 veces el tiempo del ensayo en mesa vibratoria del prototipo, lo cual según los ensayos se tiene 3 pruebas cada una de 10 segundos y la última que falla en 2.5 segundos que en total sería de 32.5 segundos, reemplazando $T_m = 10 (2.5 s) = 25 s$ fallaría el modelo en escala real.

Según la ecuación 20, $A_m = S_L A_p = 0.1A_p$

Para valores máximos y mínimos de aceleración según lo ensayado se evalúa la etapa más crítica:

Aceleración máxima = 3.05 g, $A_m = 0.1(3.05g) = 0.305g$

Aceleración mínima = -3.25 g, $A_m = 0.1(-3.25g) = -0.325g$

Por lo tanto, se asume que en el modelo real la vivienda podría fallar en un tiempo de 25 segundos con una aceleración máxima de 0.305g, una frecuencia de 2.5 Hz y Amplitud de 3cm.

4.3.4 Análisis de falla en el prototipo reforzado con malla metálica.

El análisis de falla puede ser analizado de una manera analítica y visual, teniendo mecanismos de falla resumidos. Por tanto, el modelo ensayado en el presente proyecto de tesis únicamente da un inicio de las áreas de mayor esfuerzo para un análisis sísmico; sin embargo, el presente trabajo se desarrolla con el objetivo de variar los parámetros hasta la falla, en la Figura 47, se puede apreciar de las fallas ocurridas durante el ensayo.



Figura 45. Fallas en el prototipo sin refuerzo con refuerzo.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



En la imagen se presenta el modelo ensayado horizontalmente, la cual se puede observar las siguientes fallas.

- a) Falla por tracción en los encuentros de los muros; en la imagen se observa que no presenta falla por tracción en muros, ni mucho menos colapso de la estructura.
- b) Falla por flexión en muros de adobe; en el prototipo ensayado no presenta fallas por flexión en muros.
- c) Fallas por corte en muros de adobe; se puede observar fallas por fisuras o corte vertical en la superior de la puerta y leves fisuras horizontales y verticales en el muro.

El reforzamiento realizado tiene una mejor propuesta para ser propuesto como reforzamiento sísmico de las construcciones de adobe típicas de la zona a bajo costo. Las mallas metálicas son bien económicas, y accesibles que se pueden observar en muchos lugares del ámbito de nuestro país y básicamente son utilizadas en áreas críticas de la vivienda.

4.4. DISCUSIONES.

4.4.1 Discusión resultados obtenidos de esfuerzos longitudinales y fichas de evaluación en campo.

De acuerdo a las ocho fichas de evaluación e identificación de las fallas presentadas en el anexo del presente trabajo, se ha obtenido los siguientes resultados:

Fallas por tracción = 4

Fallas por corte = 3

Fallas por flexión = 1

Según las fichas de evaluación se pudo concluir que la mayor parte de fallas que a sufrido las viviendas de adobe en las periferias de la localidad de Lampa son por tracción

en total de cuatro fallas y fallas por corte en total de tres fallas, que ambos tipos de fallas sumarian un total de 87.5 %.

Según los resultados obtenidos en la simulación del SAP 2000 en su versión demo, se puede observar que los mayores esfuerzos presentan en los vértices esquinas superiores y parte superior de la puerta.

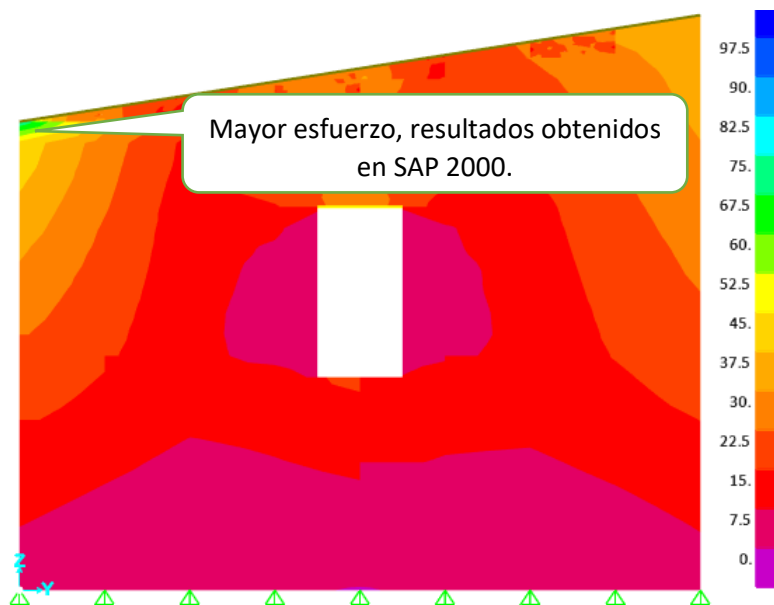


Figura 46. Comparación de falla por tracción con resultados de simulado en SAP 2000.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Podemos observar que la mayor parte de las fallas fue por tracción y precisamente en las en los vértices superior esquinas, también podemos observar en la simulación del SAP 2000, por lo que se hace muy importante el refuerzo en dicho punto.

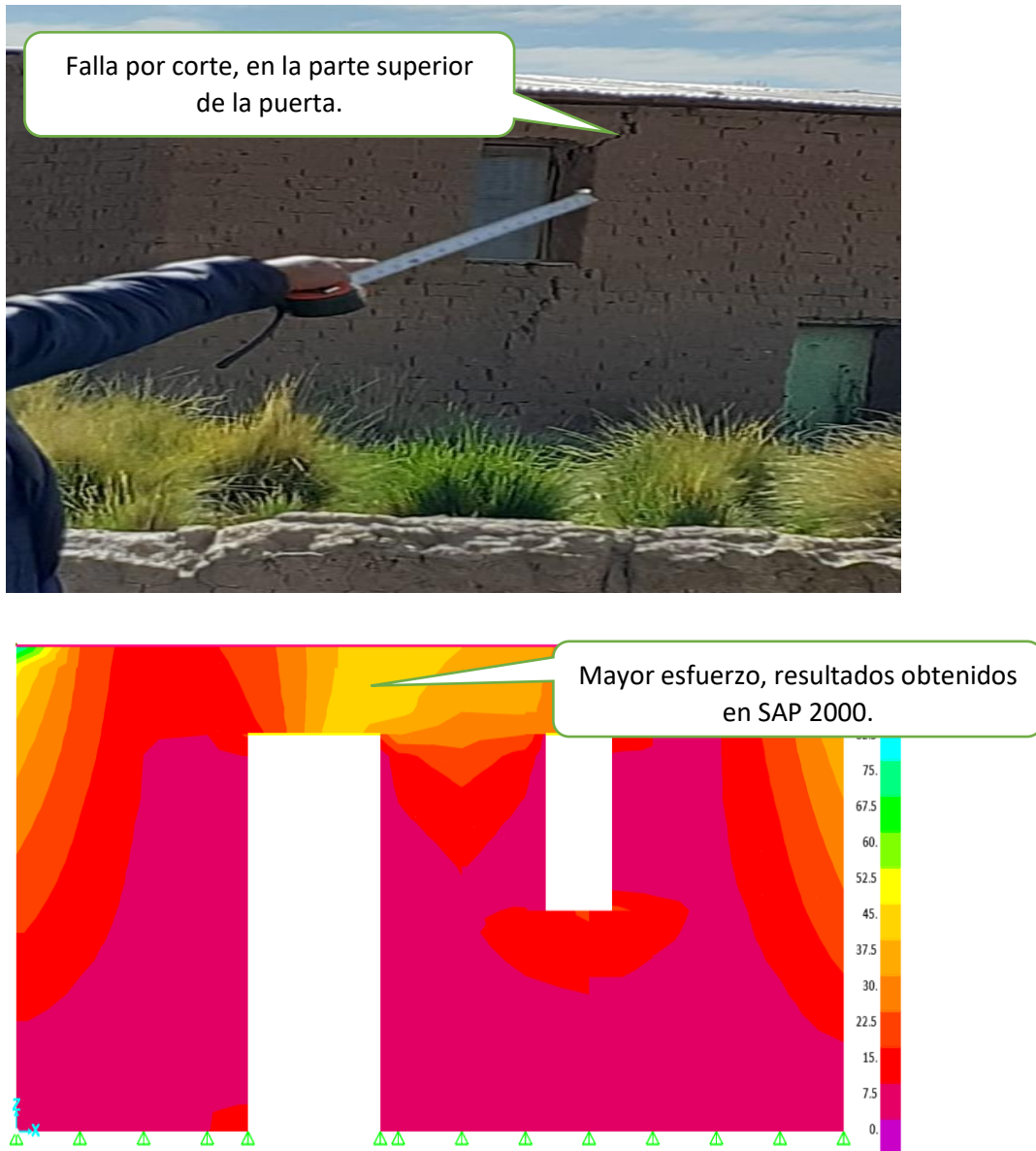


Figura 47. Comparación de falla por corte con resultados de simulado en SAP 2000.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

En la figura se observó el comparativo de la falla por corte, donde se ha podido observar que dichas fallas presentan en la parte superior del vano de la puerta, por lo que amerita el refuerzo en dicha zona.

Respecto a las fallas de flexión, son mínimas según evaluación y/o identificación de fallas en campo. Por tanto, la mayor prioridad es las fallas por tracción y corte, que concluye para un refuerzo en los vértices laterales y vértices superiores.

4.4.2 Discusión resultados obtenidos de esfuerzos longitudinales y simulación en mesa vibradora.

En la simulación en mesa vibradora para el modelo no reforzado, se ha tenido fallas por tracción y corte, por consiguiente, el colapso de la estructura.

Para el modelo reforzado con malla metálica, según el ensayo en mesa vibradora, prácticamente la vivienda no colapsa, solo presenta falla por corte en la parte superior del vano de la puerta, tal como se puede ver en la Figura 50,

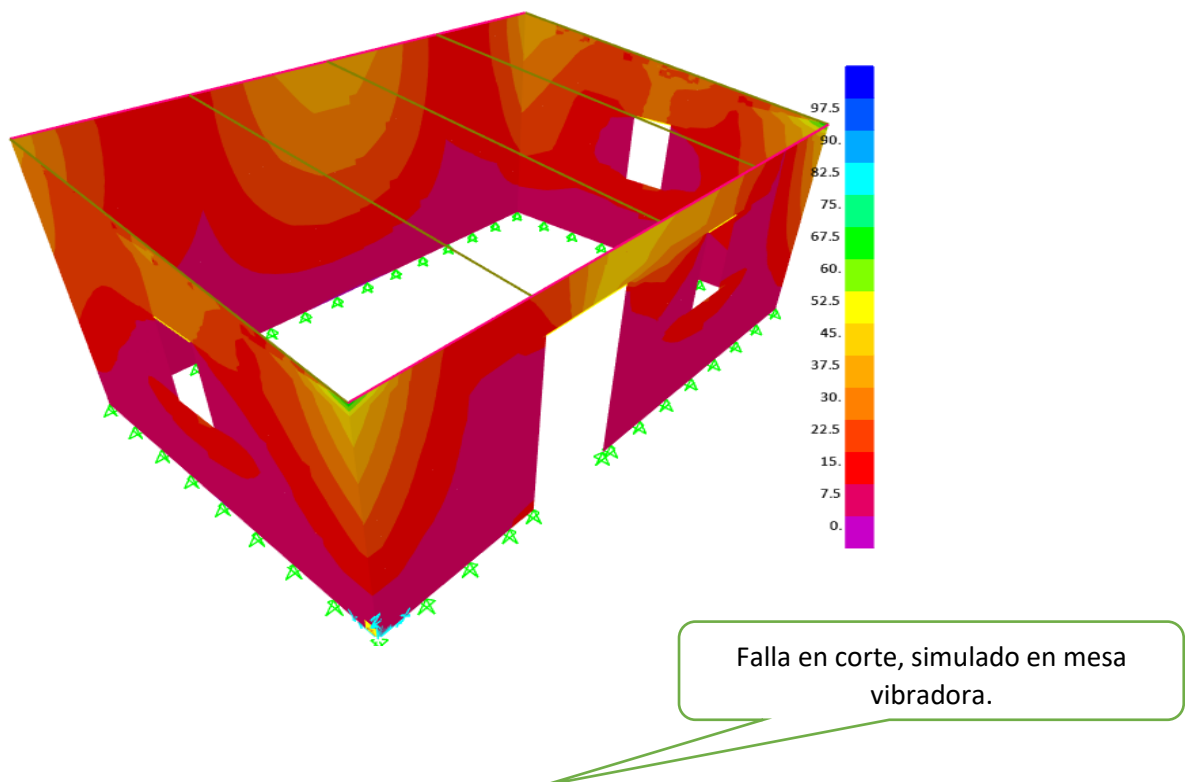




Figura 50. Comparación de los resultados en SAP 2000 y simulación en mesa vibradora del modelo reforzado.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



V. CONCLUSIONES

PRIMERO:

Se ha propuesto el modelo vivienda de adobe en la ciudad de Lampa, distrito de Lampa, provincia de Lampa - Puno, cuyas medidas garantizaran la estructuración y funcionalidad de la vivienda, obteniendo un área útil interna de 12.88 m² cuyas medidas exteriores son: largo 5.40m y ancho de 3.60m, que corresponde a una vivienda unifamiliar típica de una zona rural, cuyas dimensiones, altura frontal 2.40m, altura posterior 2.90m, vanos puerta de altura 1.80m y ancho 0.80m, ventanas de altura de 0.80m, ancho de 0.40m, alfeiser 1.10m. Así como aspectos técnicos, económicos y constructivos viable para la ejecución próxima de las viviendas de adobe, utilizando materiales existentes en la zona y pueda ser un aporte técnico en el proceso constructivo de dichas viviendas.

SEGUNDO:

Se ha realizado la simulación para el modelo propuesto en SAP2000 en su versión 21, para ello se ha determinado el módulo de elasticidad y el coeficiente de poisson del adobe, para el adobe antiguo existente es de 87.092 Mpa y 0.21, y para el adobe nuevo de reciente elaboración es 114.333 Mpa y 0.167 respectivamente, según los resultados de los esfuerzos longitudinales, para esfuerzos de 35 Tn/m² a 49 Tn/m² se obtuvo que el modelo de adobe de reciente elaboración tiene menor área en 1.303m² al área del modelo de adobe antiguo existente, para un esfuerzo de 14 Tn/m² a 28 Tn/m se obtuvo que el modelo de adobe de reciente elaboración tiene mayor área en 0.131m² al área del modelo de adobe antiguo existente y para un esfuerzo de 0 Tn/m² a 7 Tn/m se obtuvo que el modelo de adobe de reciente elaboración tiene mayor área en 1.228m² al área del modelo de adobe antiguo existente.



TERCERO:

Se ha propuesto dos prototipos a escala de 1/10, una sin refuerzo y la otra con refuerzo de malla metálica, para ello se toma en cuenta los resultados de los esfuerzos longitudinales críticos para su refuerzo, realizando en ensayo en cuatro fases de diferentes amplitud y frecuencia, para la etapa de falla con una amplitud de 3cm y 2.5 Hz, el tiempo de falla para el prototipo sin refuerzo 1.30s y para el prototipo con refuerzo 2.50s, y para una escala real el tiempo de falla del modelo sin refuerzo es de 13.00 s y para el modelo reforzado es de 25.00s a una aceleración máxima de 0.305g que representaría para un sismo en la Escala Mercalli VII percepción del temblor muy fuerte, también en el prototipo sin refuerzo presenta fallas por tracción, corte y presenta colapso en su estructura, por otra parte el prototipo con refuerzo de malla metálica presenta falla por corte y no colapsa su estructura, por lo cual este modelo reforzado es la mejor propuesta para futuras ejecuciones de viviendas típicas de adobe simple en las periferias de la localidad de Lampa región de Puno.

Según los esfuerzos obtenidos en la simulación en el software SAP 2000, se pudo observar que los esfuerzos mayores presentan en la parte superior de los muros longitudinales y los muros transversales y mayor vulnerabilidad en la parte superior del vano de la puerta y ventanas, por otra parte según evaluación de las ocho viviendas en la localidad de Lampa, se precisa que cinco viviendas presentan falla por corte, dos viviendas presenta falla por tracción, y solo una con falla de flexión, es decir la mayoría de la fallas parten de la parte superior de dichas viviendas. En la simulación en mesa vibradora se ha ensayado en dos prototipos, una sin refuerzo y la otra con refuerzo de malla metálica, y precisamente se puede observar fallas en las áreas críticas de la simulación en el software SAP 2000, en donde se concluye que el prototipo reforzado estaría evitando el colapso de la estructura.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERO:

Se recomienda realizar análisis en viviendas para usos públicos, así como: instituciones educativas públicas a nivel inicial, primaria, puestos de salud, iglesias y otros, la cual contribuirá en la mejora de diseño y construcción de estas viviendas, puesto que actualmente se tiene muchas instituciones educativas que su infraestructura están en un estado crítico y sería un buen aporte para el desarrollo de la Región.

SEGUNDO:

Se recomienda realizar el ensayo para la evaluación de sismos con refuerzo de otros materiales que pueden ser: geomallas, geo textiles, las cuales pueden ser evaluados y comparados a nivel técnico - económico. Se deberá tomar en cuenta aspectos constructivos y de disponibilidad de los materiales según normativas vigentes para su planteamiento y propuesta.

TERCERO:

Muchas viviendas de adobe actualmente no son diseñadas con un criterio técnico y muchas veces se desconoce dichos aspectos para su proceso constructivo, razón por la cual se recomienda realizar un análisis del aprovechamiento bioclimático con diferentes alternativas y así poder proponer la mejor alternativa. También la evaluación de otros factores que puedan influir en el balance energético de dichas viviendas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ACERO CLAVITEA, N. J. (2016). EVALUACIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA RURAL BIOCLIMÁTICA EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CCOPACHULLPA DEL DISTRITO DE ILAVE. PUNO.
2. ALVAREZ GUEVARA, D. A. (2015). VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE ADOBE. CAJAMARCA PERU.
3. CALATAN QUIROZ, P. (2013). COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LA VIVIENDA DE ADOBE BASADO EN PRUEBAS DE MESA VIBRATORIA DE DOS MODELOS A ESCALA. MEXICO: INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM.
4. CATALÁN QUIROZ , P. (2013). COMPORTAMIENTO SISMICO DE LA VIVIENDA DE ADOBE BASADO EN PRUEBAS EN MESA VIBRATORIA DE DOS MODELOS A ESCALA . MEXICO : INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM.
5. DIAZ DOMINGUEZ, R. (2013). CONSTRUCCION DEL CASCO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS CON AISLAMIENTO TERMICO EN UNA OBRA DE VIVIENDA MASIVA EN APURIMAC . LIMA.
6. INCROPERA, F. P., & DE WITT, D. P. (2009). FUNDAMENTOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR. ESPAÑA: Prentice Hall.
7. MAMANI CONDORI, R. E. (2017). PROTOTIPO DE VIVIENDA CON ADOBE MEJORADO EN EL DISTRITO DE CHUPA – AZÁNGARO. PUNO.
8. QUISPE ACOSTA, J. A., & RONDÓN DURAND, S. M. (2012). PROPUESTA INTEGRAL DE REFORZAMIENTO PARA EDIFICACIONES DE ADOBE. APLICACIÓN AL CASO DE UN LOCAL ESCOLAR DE ADOBE EN LA PROVINCIA DE YAUYOS. LIMA.
9. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (2017). E.080 ADOBE. LIMA.



10. RUBIÑOS MONTENEGRO, Á. C. (2009). PROPUESTA DE RECONSTRUCCIÓN POST-TERREMOTO. LIMA.
11. SAAVEDRA SALAZAR , G. G. (2014). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN TÉRMICA DE UN MÓDULO DE VIVIENDA. LIMA.
12. SANCHEZ BAUTISTA, V. (2014). ESTIMACION DE RIESGO SISMICO EN VIVIENDAS DE ADOBE DEL SECTOR SARGENTO LORES, JAEN - CAJAMARCA. CAJAMARCA.
13. TORRES BARRERA, A. R. (2015). ESTUDIO SOBRE DISEÑO SISMICO EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y SU INCIDENCIA EN LA REDUCCION DE DESASTRES. QUITO - ECUADOR.
14. TORRES PAUCAR, M. A. (2017). PROPOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR EMERGENTE, CON ADOBE ESTABILIZADO, PARA EL CASO DE ERUPCION DEL VOLCAL COTOPAXI. LATACUNGA - ECUADOR.
15. ZELAYA JARA, V. A. (2007). ESTUDIO SOBRE DISEÑO SISMICO EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE Y SU INCIDENCIA EN LA REDUCCION DE DESASTRES. LIMA.