



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Análisis de la respuesta sísmica de una vivienda rural con albañilería de adobe y albañilería confinada, centro poblado Catahui, 2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Bach. Sarco Condori, Miluska Giomira (ORCID: 0000-0001-5390-5557)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA – PERÚ**

**2021**

**Dedicatoria:**

A Dios por guiar mis pasos.

A mis queridos padres Doris y Johnny por brindarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi amado hijo Carlos Adrián que es la luz de mis días y la alegría de mi corazón.

## **Agradecimientos**

A la Universidad César Vallejo que me dio la bienvenida y a mi asesor de tesis el Dr. Gerardo Enrique Cancho Zúñiga por su apoyo en el desarrollo de este proyecto de investigación.

A mi compañero de vida Carlos que me ha apoyado incondicionalmente y a mis hermanos que siempre me han animado.

## Índice de contenidos

<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimientos</b> .....	iii
<b>Índice de contenidos</b> .....	iv
<b>Índice de tablas</b> .....	vi
<b>Índice de figuras</b> .....	viii
<b>Resumen</b> .....	xii
<b>Abstract</b> .....	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2. Variables, operacionalización .....	12
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	15
3.4. Procedimientos .....	15
3.5. Método de análisis de datos .....	16
3.6. Aspectos éticos .....	16
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	18
4.1. Estudios preliminares.....	18
4.1.1. Ubicación .....	18
4.1.2. Distribución arquitectónica .....	18
4.1.3. Estudio de mecánica de suelos.....	20
4.2. Base normativa. ....	20
4.3. Metrado de cargas .....	21
4.4. Respuesta sísmica de la vivienda rural de adobe sin refuerzo .....	22
4.4.1. Descripción del proyecto.....	22



4.4.2.	Propiedades de los materiales .....	22
4.4.3.	Modelo estructural.....	23
4.4.4.	Análisis estructural de la vivienda de adobe .....	25
4.4.5.	Resultados de la respuesta sísmica de la vivienda de adobe	34
4.4.6.	Resumen de resultados. ....	42
4.5.	Respuesta sísmica de la vivienda de albañilería confinada.....	44
4.5.1.	Descripción del proyecto.....	44
4.5.2.	Propiedades de los materiales .....	44
4.5.3.	Modelo estructural.....	44
4.5.4.	Análisis estructural de la vivienda de albañilería confinada ...	47
4.5.5.	Resultados de la respuesta sísmica de la vivienda de albañilería confinada. ....	59
4.5.6.	Resumen de resultados. ....	68
4.6.	Reforzamiento de la vivienda de adobe.....	69
4.6.1.	Determinación de los puntos críticos a reforzar .....	69
4.6.2.	Proceso iterativo de análisis estructural.....	70
4.6.3.	Análisis estructural de la vivienda con reforzamiento final .....	74
4.6.4.	Resultado de la respuesta sísmica de la vivienda con reforzamiento planteado.....	81
4.6.5.	Resumen de resultados. ....	89
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>92</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>94</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>95</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>96</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>100</b>

## Índice de tablas

Tabla 1: Características arquitectónicas. ....	18
Tabla 2: Cargas vivas de techo. ....	21
Tabla 3: Cargas muertas de techo. ....	21
Tabla 4: Zona sísmica, Anexo II de la norma técnica E.030 .....	26
Tabla 5: Factor de suelo, según norma técnica E.080 .....	26
Tabla 6: Factor de uso y densidad según tipo de edificación. E.080 .....	26
Tabla 7: Coeficiente sísmico por zona sísmica. E.080 .....	27
Tabla 8: Densidad de muros en la dirección XX. ....	30
Tabla 9: Densidad de muros en la dirección YY. ....	31
Tabla 10: Desplazamientos inelásticos producto del análisis estático. ....	41
Tabla 11: Desplazamientos laterales en la vivienda de adobe. ....	41
Tabla 12: Resumen de esfuerzos internos en muros de la vivienda de adobe. .....	43
Tabla 13: Resumen de derivas y desplazamientos de la vivienda de adobe. .....	43
Tabla 14: Factores de zona "Z", E.030. ....	47
Tabla 15: Factor de suelo "S", E.030 .....	47
Tabla 16: Períodos "Tp" y "Tl", E.030 .....	48
Tabla 17: Categoría de las edificaciones y factor de uso (U), E.030 .....	49
Tabla 18: Categoría y sistema estructural de las edificaciones. E.030 .....	49
Tabla 19: Coeficiente básico de reducción y sistemas estructurales, E.030.50	
Tabla 20: Densidad de muros en la dirección XX. ....	54
Tabla 21: Esfuerzo máximo axial, en la dirección YY. ....	54
Tabla 22: Desplazamientos inelásticos producto del análisis estático. ....	66
Tabla 23: Desplazamientos inelásticos producto del análisis dinámico. ....	66

Tabla 24: Desplazamientos laterales en la vivienda de albañilería confinada. .....	67
Tabla 25: Resumen de esfuerzos internos en muros para la vivienda de albañilería confinada. ....	68
Tabla 26: Resumen de derivas y desplazamientos para la vivienda de albañilería confinada. ....	69
Tabla 27: Zona sísmica, Anexo II de la NT E.030 .....	74
Tabla 28: Factor de suelo, según NT E.080.....	74
Tabla 29: Factor de uso y densidad según el tipo de edificación NTE.080..	75
Tabla 30: Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada. E.080.....	75
Tabla 31: Derivas de entrepiso del análisis estático XX-YY, con refuerzo...	87
Tabla 32: Desplazamientos laterales en la dirección XX-YY, con refuerzo..	88
Tabla 33: Resumen de esfuerzos internos en muros para la vivienda de adobe reforzada. ....	90
Tabla 34: Resumen de derivas y desplazamientos para la vivienda de adobe reforzado. ....	91

## Índice de figuras

Figura 1: Banda Sísmica, se muestra el refuerzo a la derecha (dintel, techo y viga collar) y a la izquierda (zócalo, alfeizar, dintel, techo y viga collar).....	5
Figura 2: Falla por corte en construcción de adobe. AIS (2012). .....	8
Figura 3: Distribución en planta de la vivienda.....	19
Figura 4: Elevación de la vivienda.....	19
Figura 5: Ejes sismorresistentes vivienda de adobe. ....	23
Figura 6: Estructuración sismorresistente, vivienda de adobe. ....	24
Figura 7: Modelamiento estructural (3D) - vivienda de adobe.....	24
Figura 8: Modelamiento estructural en planta – vivienda de adobe. ....	25
Figura 9: Modelo de análisis. ....	27
Figura 10:Definición del peso sísmico en el software Etabs. ....	28
Figura 11: Asignación de cargas vivas de techo (CV).....	28
Figura 12: Asignación de cargas muertas de techo (CM). ....	29
Figura 13: Resumen de masa por piso. ....	29
Figura 14: Distribución de muros. ....	30
Figura 15: Período fundamental de la estructura. ....	31
Figura 16: Patrones de carga para el análisis sísmico estático - XX.....	32
Figura 17: Patrones de carga para el análisis sísmico estático - YY.....	32
Figura 18: Distribución de la fuerza cortante estática por piso - XX.....	33
Figura 19: Distribución de la fuerza cortante estática por piso - YY.....	34
Figura 20: Esfuerzos por compresión de muros en la dirección XX.....	35
Figura 21: Esfuerzos por flexo compresión de muros en la dirección YY. ...	36
Figura 22: Esfuerzos por cortante de muros en la dirección XX. ....	37
Figura 23: Esfuerzos por cortante de muros en la dirección YY. ....	38
Figura 24: Esfuerzos por tracción de muros en la dirección XX.....	39

Figura 25: Esfuerzos por tracción de muros en la dirección YY.....	40
Figura 26: Período fundamental inicial de la estructura de adobe. ....	42
Figura 27: Ejes sismorresistentes vivienda con albañilería confinada. ....	45
Figura 28: Estructuración sismorresistente viv. albañilería confinada.....	45
Figura 29: Modelamiento estructural - vivienda de albañilería confinada.....	46
Figura 30: Modelamiento estructural en planta – albañilería confinada. ....	46
Figura 31: Función factor de amplificación sísmica "C" versus período "T".	48
Figura 32: Modelo de análisis. ....	51
Figura 33: Definición del peso sísmico en el software Etabs. ....	51
Figura 34: Asignación de cargas vivas de techo (CV).....	52
Figura 35: Asignación de cargas muertas de techo (CM). ....	52
Figura 36: Resumen de masa por piso. ....	53
Figura 37: Verificación de la densidad de muros. ....	53
Figura 38: Período fundamental de la estructura. ....	55
Figura 39: Patrones de carga para el análisis sísmico estático - XX.....	55
Figura 40: Patrones de carga para el análisis sísmico estático - YY.....	56
Figura 41: Distribución de la fuerza cortante estática por piso - XX.....	56
Figura 42: Distribución de la fuerza cortante estática por piso - YY.....	57
Figura 43: Función espectro de respuesta del análisis dinámico XX-YY. ....	57
Figura 44: Definición de los casos de carga del análisis dinámico XX-YY...	58
Figura 45: Distribución de la fuerza cortante dinámica por piso – XX. ....	58
Figura 46: Distribución de la fuerza cortante dinámica por piso – YY. ....	59
Figura 47: Esfuerzos por compresión de muros en la dirección XX.....	60
Figura 48: Esfuerzos por compresión de muros en la dirección YY.....	61
Figura 49: Esfuerzos por cortante de muros en la dirección XX. ....	62
Figura 50: Esfuerzos por cortante de muros en la dirección YY. ....	63

Figura 51: Esfuerzos por tracción de muros en la dirección XX.....	64
Figura 52: Esfuerzos por tracción de muros en la dirección YY.....	65
Figura 53: Período fundamental de la estructura de albañilería confinada. .	67
Figura 54: Vista ilustrativa de la respuesta sísmica sin reforzamiento. ....	69
Figura 55: Puntos críticos que requieren reforzamiento.....	70
Figura 56: Puntos críticos producto de la primera iteración. ....	71
Figura 57: Puntos críticos producto de la segunda iteración.....	72
Figura 58: Puntos críticos producto de la tercera iteración. ....	73
Figura 59: Modelo de análisis, vivienda con reforzamiento.....	76
Figura 60: Definición del peso sísmico en el software Etabs. ....	77
Figura 61: Asignación de cargas vivas de techo (CV).....	77
Figura 62: Asignación de cargas muertas de techo (CM) .....	78
Figura 63: Resumen de masa por piso, con reforzamiento planteado. ....	78
Figura 64: Período fundamental de la estructura con reforzamiento.....	79
Figura 65: Patrones de carga para el análisis sísmico estático – XX.....	79
Figura 66: Patrones de carga para el análisis sísmico estático – YY.....	80
Figura 67: Distribución de la fuerza cortante estática por piso – XX.....	80
Figura 68: Distribución de la fuerza cortante estática por piso – YY.....	81
Figura 69: Esfuerzos por compresión en muros en la dirección XX.....	82
Figura 70: Esfuerzos por flexo - compresión en muros en la dirección YY..	83
Figura 71: Esfuerzos por cortante en muros en la dirección XX. ....	84
Figura 72: Esfuerzos por cortante en muros en la dirección YY. ....	85
Figura 73: Esfuerzos por tracción en muros en la dirección XX.....	86
Figura 74: Esfuerzos por tracción en muros en la dirección YY.....	87
Figura 75: Período fundamental de la estructura de adobe reforzado. ....	88
Figura 76: Derivas de piso para los casos propuestos.....	89

Figura 77: Desplazamientos laterales para los casos propuestos. .... 90

## Resumen

El presente proyecto de investigación muestra la respuesta sísmica de una vivienda ubicada en el centro poblado de Catahui, lugar donde el material predominante es el adobe. El objetivo es analizar la respuesta sísmica de una vivienda con albañilería de adobe y otra de albañilería confinada, con el fin encontrar los puntos críticos y reforzarlos para lograr una respuesta sísmica similar entre ambas. El tipo de investigación es aplicada y metodológicamente el estudio consistió en analizar ambas viviendas y determinar los puntos críticos en la vivienda de adobe y mediante criterios estructurales obtener una respuesta sísmica similar a la vivienda de albañilería confinada. Los resultados muestran que la variación porcentual de la vivienda de adobe y la vivienda de albañilería confinada en la deriva o distorsión es 112.12% en la dirección XX y 70.71% en la dirección YY. Se concluye que la respuesta sísmica es distinta; los puntos críticos de la vivienda de adobe se ubican en la parte central de muros largos, vanos, tímpano y zona de ingreso; al reforzar en estos puntos con listones verticales de madera de 2"x2" embebidas en el muro, contrafuertes, y dispensor de madera en la parte inferior de los vanos, mejora su comportamiento en términos de rigidez disminuyendo la variación porcentual de la deriva o distorsión a 0.71% en la dirección XX y 34.83% en la dirección YY.

**Palabras Clave:** Adobe, albañilería confinada, reforzamiento, respuesta sísmica.



## **Abstract**

The present research project shows the seismic response of a house located in the town of Catahui, a place where the predominant material is adobe. The objective is to analyze the seismic response of a house with adobe masonry and another with confined masonry, in order to find the critical points and reinforce them to achieve a similar seismic response between both. The type of research is applied and methodologically the study consisted of analyzing both houses and determining the critical points in the adobe house and using structural criteria to obtain a seismic response similar to the confined masonry house. The results show that the percentage variation of the adobe house and the masonry house confined in drift or distortion is 112.12% in the XX direction and 70.71% in the YY direction. It is concluded that the seismic response is different; the critical points of adobe housing are located in the central part of long walls, openings, tympanum and entrance area; by reinforcing at these points with 2 "x2" vertical wooden slats embedded in the wall, buttresses, and wood disperser in the lower part of the spans, it improves their behavior in terms of rigidity, reducing the percentage variation of drift or distortion. at 0.71% in the XX direction and 34.83% in the YY direction.

**Keywords:** Adobe, confined masonry, reinforcement, seismic response.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente a nivel global se busca hacer cambios en el sector construcción procurando la sostenibilidad de las edificaciones; uno de los materiales de construcción más antiguo es el adobe, el cual es empleado por su comportamiento termoacústico y bajo costo; cualidades que permiten una práctica constructiva más sostenible (Vargas-Neumann, Oliveira, Silveira, & Varum, 2018). El empleo de este material es extendido a nivel mundial, en Latino América; en el Perú el 23.27% de viviendas tienen como material de construcción predominante en paredes el adobe (INEI, 2021), también existen edificaciones de la época colonial que representan patrimonio cultural.

En el Perú el 15 de agosto del 2007 se registró un sismo de magnitud de 8,0 Mw que sacudió la zona sur, se registró casi 600 muertos, 50.000 viviendas colapsadas y más de 45.000 viviendas afectadas (Blondet, Vargas, & Tarque, 2008), la ciudad de Pisco fue una de las más afectadas, cerca del 80% de las viviendas de adobe fue destruido debido principalmente a la falta de refuerzo sísmico (Blondet M. , Vargas, Tarque, & Iwaki, 2011) en dicho evento las edificaciones de albañilería o de concreto armado sufrieron poco daño, salvo las edificaciones que fueron mal diseñadas o construidas (Blondet, *et. al.* 2008).

La región de Puno se ubica en las zonas sísmicas 3 y 2 (MVCS, 2018), las construcciones de adobe se realizan principalmente en los ámbitos rurales el que se practica la autoconstrucción tradicional la cual no presenta algún tipo de refuerzo estructural ante eventos sísmicos; por lo que este tipo de construcción debe ser mejorado para lograr proyectos seguros y sostenibles, por tal motivo, el proceso constructivo debe considerar el empleo de estrategias constructivas apropiadas al medio físico y social, es decir, considerando los usos, costumbres y la tipología de la zona; para garantizar este proceso es necesario conocer el comportamiento estructural y establecer el sistema de refuerzo estructural en los muros de adobe para que la construcción de las viviendas de adobe logre tener un comportamiento similar al de una construcción con albañilería confinada ante un evento sísmico de alta intensidad, a fin de dar seguridad a los pobladores de las zonas rurales.

Por lo cual el presente proyecto de investigación denominado: “*Análisis de la respuesta estructural de una vivienda rural con albañilería de adobe y albañilería confinada, centro poblado Catahui, 2020*” tiene el siguiente planteamiento del **problema general** ¿Cómo es la respuesta sísmica de una vivienda rural con albañilería de adobe y otra de albañilería confinada, Centro Poblado Catahui, 2020? y los **problemas específicos** fueron: ¿de qué manera se puede analizar una respuesta sísmica en una vivienda de albañilería de adobe?; ¿de qué manera se puede analizar una respuesta sísmica en una vivienda de albañilería confinada? y ¿cómo se reforzaría la vivienda de adobe para conseguir un comportamiento estructural similar al de la vivienda de albañilería confinada?.

En la región puno aproximadamente el 37,04% de viviendas tienen como material predominante el adobe y en el distrito en estudio el 74,92% construyen con este material; por ello, la **justificación técnica** fue mejorar el comportamiento estructural de la vivienda de adobe ante la ocurrencia de un sismo severo mediante estrategias constructivas a fin de brindar resistencia sísmica. La **justificación social** fue mejorar la seguridad de la población pobre y extremadamente pobre que construyen con este sistema ante un evento sísmico a fin de brindar seguridad a los pobladores del Centro Poblado Catahui.

El presente proyecto de investigación tuvo como **objetivo general** analizar la respuesta sísmica de una vivienda rural con albañilería de adobe y otra de albañilería confinada, Centro Poblado Catahui, 2020; y los **objetivos específicos** que se desarrollan fueron: determinar las fuerzas cortantes basales, esfuerzos internos, derivas, desplazamientos laterales, del sistema estructural de una vivienda rural con albañilería de adobe; determinar las fuerzas cortantes basales, esfuerzos internos, derivas, desplazamientos laterales, del sistema estructural de una vivienda rural de albañilería confinada y determinar los puntos críticos de reforzamiento de la vivienda de adobe para conseguir un comportamiento estructural similar al de la vivienda de albañilería confinada.

Con respecto a las hipótesis del proyecto de investigación, se menciona que la **hipótesis general** fue: la respuesta por un evento sísmico tiene un comportamiento diferente en una estructura de adobe y otra de albañilería confinada; las **hipótesis específicas** fueron: la respuesta sísmica en una vivienda de albañilería de adobe

se analiza por el método sísmico estático y dinámico modal espectral contemplado en la norma técnica E-030; la respuesta sísmica en una vivienda de albañilería confinada se analiza por el método sísmico estático y dinámico modal espectral contemplado en la norma técnica E-030; y el refuerzo en los puntos críticos de la vivienda de adobe consigue un comportamiento estructural similar al de la vivienda de albañilería confinada.

## II. MARCO TEÓRICO

Según Escarimosa, Arroyo, Ocampo y Peralta (2019), realizaron el artículo científico denominado “*Mejoramiento estructural de la vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo, Chiapas*”. Tuvieron como **objetivo de investigación** reducir la vulnerabilidad sísmica en viviendas tradicionales de adobe. La metodología empleada consistió en evaluar la capacidad sismorresistente de dos viviendas tradicionales con muros de adobe reforzados realizando mediciones in situ, la población de estudio se realizó en el estado de Chiapa, la muestra en estudio fueron dos viviendas de adobe, el instrumento empleado fue un sensor acelerográfico y se elaboró un modelo analítico tridimensional. Los **resultados** muestran la similitud con los análisis de campo ya que los valores de los periodos de vibración se redujeron en un 13 %; y los desplazamientos laterales disminuyeron cerca de 45 %. En dicha investigación se **concluyó** que el reforzamiento aplicado en los muros de adobe con aplanados de mortero y la malla electrosoldada, redujo el valor máximo del periodo fundamental de vibración; por lo que la vivienda adquirió mayor rigidez y los muros de adobe se fortalecieron y disminuyeron su flexibilidad.

Orta, Adell, Bustamante, García y Vega (2009), **desarrollaron el artículo científico denominado** “*Ensayo en Lima (Perú) de edificio de adobe sismorresistente construido con el sistema de albañilería integral*”. Tuvo como **objetivo inmediato de esta investigación** consiste en validar experimentalmente la nueva tecnología constructiva. La **metodología** empleada fue de carácter experimental. Los **resultados** de este ensayo muestran que el sistema de albañilería integral con adobe permanece estable sin grietas significativas ante un sismo severo de 130 mm de desplazamiento el cual equivale a un sismo de 10<sup>0</sup> en la escala de Richter. En dicha investigación se **concluyó** que el sistema de albañilería integral con adobe tiene un comportamiento sismorresistente frente a la sollicitación dinámica del simulador y la estructura permanece estable.

Según Yadav y otros (2021) en el artículo científico titulado “Effects of horizontal seismic band on seismic response in masonry structure: Application of DIC technique”. El cual tuvo como la **ideal principal** fue revelar la práctica tradicional que utiliza una banda sísmica colocada durante la construcción de un edificio como se muestra en la figura 1; dicha técnica data de hace 2500 a.C. y los estudios

cualitativos de esas aplicaciones han demostrado mejorar el rendimiento en la estructura de mampostería. Se realizó con la siguiente **metodología**, se tomaron dos muestras, una sin banda y otra con banda sísmica de madera, e incorporan la técnica de correlación de imagen digital para obtener la información localizada. Como **resultado** se mostró la ventaja de la banda sísmica para limitar la propagación de grietas y mejorar la integridad de la estructura de mampostería.

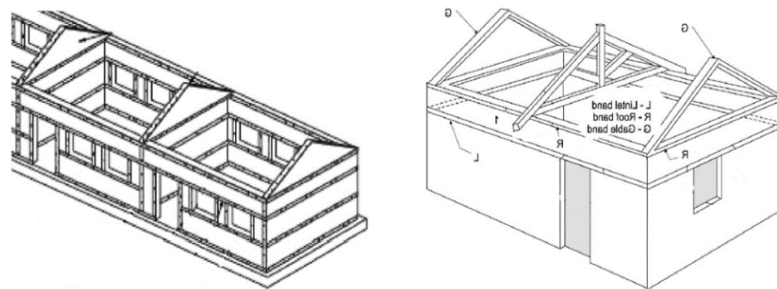


Figura 1: Banda Sísmica, se muestra el refuerzo a la derecha (dintel, techo y viga collar) y a la izquierda (zócalo, alfeizar, dintel, techo y viga collar).  
Fuente: Extraído de (Yadav, y otros, 2021)

Moreno y Mori (2019), en su investigación titulada “Comportamiento estructural de una vivienda unifamiliar de muros de adobe reforzado con mallas a base de carrizo Molino-Supe 2019”. Tuvo como **objetivo** determinar de qué manera influyen los muros de adobe reforzado con mallas de carrizo en el comportamiento estructural en una vivienda. La **metodología** empleada fue realizar ensayos de reforzamiento del muro de adobe con la malla de carrizo de los cuales se recolectaron datos para posteriormente modelarlos en el software SAP2000. Los **resultados** de los ensayos realizados muestran que se cumple con los parámetros de la NT E080 y el reforzamiento mejora la resistencia. En dicha investigación se **concluyó** que los muros de adobe con el reforzamiento de mallas de carrizo disminuyen el efecto sísmico en la vivienda.

Muestra Cabrera (2018) en su tesis titulada “*Diseño de vivienda sismorresistente construida con adobe en el distrito de Mache, 2018*”. Que tuvo como **objetivo** principal diseñar una vivienda sismorresistente de bajo costo construida con adobe para evitar el colapso parcial o total. La **metodología** empleada en esta investigación fue evaluar 10 viviendas del distrito de Mache e identificar las fallas comunes que se presentan, para así, determinar la configuración en planta más

adecuada y proponer el sistema estructural de la vivienda cumpliendo con las normas sismorresistentes, para el análisis y modelamiento respectivo ello se utilizó el software ETABS. Los **resultados** muestran fallas de 38.60% por tracción, 15.79% por flexión, y 45.61% por cortante. Sobre los daños encontrados el 12.75% se presentan debido a la erosión en la parte inferior de muros causado por las lluvias, un 30.68% se presentad debido a las filtraciones de agua en techos con teja de arcilla y un 56.57.75% es debido a las perforaciones en muros externos ocasionadas por aves. Se **concluye** que las viviendas de este distrito deben cumplir con lo establecido en la NT E080 y ser de un solo nivel, la profundidad de la cimentación de 0.80 m con un ancho de 0.60 m, el espesor en muros debe ser de 0.40 m, se debe colocar una viga collarín de madera en el borde de la edificación y la cobertura con caída a dos aguas.

Según Ruiz, Silva, Cerón, & López (2017), en el artículo científico titulado "*Seismic performance of rammed earth town halls reinforced with confinement wooden elements*". El cual tuvo como **objetivo** "estudiar un método de rehabilitación de casas consistoriales de tapia pisada mediante maderas de confinamiento"(p. 25). La metodología empleada de esta investigación fue realizar modelos a escala 1:20, con y sin refuerzo de maderas de confinamiento, luego se realizaron las pruebas en la mesa vibratoria. Los **resultados** obtenidos sugieren que el modelo reforzado tuvo menores desplazamientos sísmicos (69% menos que el modelo sin refuerzo) además que las maderas disminuyeron las fisuras y grietas en los muros.

Los investigadores Saldivar, Garino, Navarta, & Albarracin (2016) en el documento de conferencia denominado "*Reforzamiento de viviendas de adobe en zonas sísmicas*". El cual tuvo como **objetivo** "mejorar el comportamiento sísmico de viviendas de adobe, se analizaron distintas técnicas de refuerzo, evaluando sus aptitudes técnicas y económicas dentro del contexto local" (p. 1). La **metodología** empleada fue construir dos modelos en escala reducida 1:2. El primer modelo fue construido con adobes y sin refuerzo. El segundo modelo fue reforzado con malla de alambre y enlucido con mortero cementico. De esta investigación se obtuvo como **resultado** que el primer modelo sin refuerzo no sufrió daños hasta alcanzar una aceleración en la base superior a 0.30g; el modelo reforzado con malla de

alambre tuvo un buen comportamiento ante las aceleraciones aplicadas en la base; con el incremento progresivo de la aceleración se produjo desprendimiento de la base de hormigón, a partir de ese estado su movimiento fue como un bloque rígido, disipando la energía entre adobes y la base. Se **concluyó** que el refuerzo constituye, una buena alternativa para retrasar el colapso de las construcciones de adobe frente a las excitaciones generadas por sismos severos.

Solís, Torrealva, Santillán, & Montoya (2015) en el artículo científico denominado “Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas” en la que analizan desde un punto experimental y analítico el comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas. Los resultados muestran como el refuerzo con la geomalla mejora la resistencia y ductilidad, mejorando el comportamiento ante un sismo. De esta investigación se concluye que el refuerzo con la geomalla es una técnica eficaz pues aumenta significativamente la resistencia a flexión como su ductilidad en los muros de adobe.

Lopez, y otros (2020) en el artículo de investigación denominado “Comportamiento sísmico de edificaciones de tapia pisada reforzadas con marcos de madera y viga de coronación en concreto” el cual tuvo como **objetivo** proponer una estrategia integrada con refuerzo externo de madera en ambas direcciones y una viga de coronación a manera de diafragma rígido para reducir la vulnerabilidad de las construcciones con tierra. **Metodológicamente** se desarrolló realizando modelos a escala 1:6 los que se ensayaron en una mesa vibratoria. Los **resultados** muestran una mejora en el comportamiento reduciéndose las fisuras y los desplazamientos hasta en un 80%, previniendo de esta manera el colapso y manteniéndose la integridad de la estructura. De este trabajo se **concluye** que aplicando estas estrategias se logra un mejoramiento sustancial global, ya que el modelo no reforzado tuvo un colapso total en cuanto al modelo reforzado solo se presentaron dos fisuras.

A continuación, se mencionarán las teorías relacionadas al tema de investigación definiendo la variable independiente, las variables dependientes y sus dimensiones para un mejor desarrollo de este proyecto de investigación.



Con relación a la **respuesta sísmica**, según Escamilla (2002) la respuesta estructural tiene como objetivo llegar a probabilidades aceptables para que la estructura tenga buen comportamiento frente a un evento sísmico dado.

La **resistencia** es la capacidad que tienen los elementos estructurales de soportar los esfuerzos a los que se encuentran sometidos sin sufrir falla o rotura (Torres, 2014), para medir la resistencia en esta investigación definiremos:

*Esfuerzos cortantes:* Denominado también “corte, cizalla o cortadura es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico” (wikipedia, 2021, p. 1).

Para el caso del adobe según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica la falla por cortante es considerada una falla típica que se presenta por los empujes horizontales, estos están directamente relacionados al tipo de cobertura que puede ser muy pesado o con sobrecarga y se presentan en los vanos (AIS, 2012), como se muestra en la figura 2.

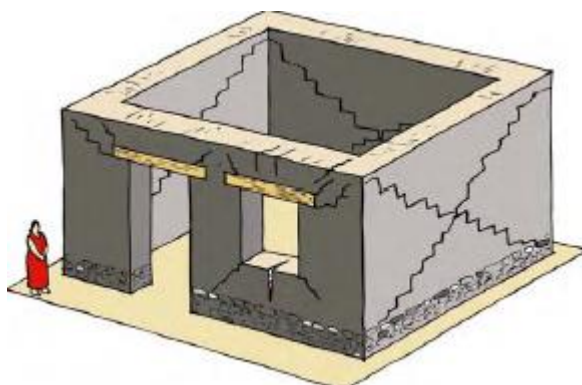


Figura 2: Falla por corte en construcción de adobe. AIS (2012).

*Esfuerzos Tracción:* Son aquellos elementos estructurales sujetos a fuerzas de tracción (Torres, 2021).

*Esfuerzos de Compresión:* Son aquellos elementos estructurales sujetos a fuerza de compresión (Torres, 2021).

*Fuerza cortante basal:* Según (Saavedra, 2016), el cortante basal es la fuerza acumulada de cada nivel de piso, calculada en la base de la edificación.

La **Rigidez** es la capacidad que tienen los elementos de soportar los esfuerzos sin deformarse, por lo cual definiremos lo siguiente:

*Deriva:* Llamada también distorsión de entrepiso, según la (MVCS, 2019, p. 27), es la razón entre el desplazamiento del piso y la altura del piso correspondiente.

*Desplazamientos laterales:* El desplazamiento es el cambio de ubicación que experimenta un elemento estructural, desde un punto inicial, hasta otro final, inducido por un movimiento sísmico, y según la (MVCS, 2019, p. 27), “para estructuras los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0.75R los resultados del análisis lineal y elástico con solicitaciones sísmicas”, además para las estructuras irregulares indica que se multiplica por 0.85.

Debemos indicar también que el diseño sismorresistente, según la R.M. N° 355-2018-VIVIENDA que modifica la Norma técnica E.030 Diseño Sismo Resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), el MVCS (2018), indica que “la filosofía consiste en evitar la pérdida de vidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a propiedad” (p. 3).

Respecto a las construcciones de **albañilería de adobe**, según Norma Técnica E.080 (2017) se basa en la “técnica de construcción que utiliza muros de albañilería de adobes secos asentados con mortero de barro” (p.1), y se define al adobe como la “unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad” (p.1).

La norma técnica MINVU 002 de Chile la define como la “estructura ejecutada con bloques fabricados con tierra cruda (barro) y paja, secados al aire, los cuales deben ser colocados según un determinado aparejo” (MinVU, 2013, p. 14).

En cuanto a la **Albañilería confinada** para el desarrollo de esta investigación se toma la definición según la (MVCS, 2006), indica que se basa en “albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería” (p. 2).

Los **elementos estructurales** son las distintas partes en las que se puede dividir la estructura de una edificación.

*Espesor efectivo de muros:* Se considera sólo el elemento estructural sin acabados.

Para el caso del adobe mientras más sea el espesor este tendrá mayor estabilidad, recomiendan también que la longitud del muro no sea mayor de 10 veces el espesor.

En cuanto a la **configuración estructural** es refiere a la estructuración del proyecto la cual está sujeta a la distribución arquitectónica; se consideró esencial para el desarrollo de esta investigación lo siguiente.

*Densidad de muros:* Es la relación entre el área ocupada por los muros dividido entre el área total de la estructura.

*Ancho de vanos:* Es el ancho de una abertura en el muro, el cual es utilizado para ventana, puerta o libre.

Debemos indicar también que en la albañilería de adobe en la cual los muros son la estructura del sistema, entonces, para una adecuada estructuración, según (YRMG, 2021) deben considerarse ciertos criterios como:

- Esbeltez, la que como definimos anteriormente es la relación del alto entre el ancho la que recomiendan por lo menos tenga la relación de **1:7**,
- Geometría en planta, se recomienda que tenga un equilibrio en la distribución de muros longitudinales y transversales para que al momento se comporte correctamente.
- Limitación de vanos, los vanos al disminuir la masa del muro debilitan la estructura, por lo que se recomienda que el ancho del vano sea 1/3 la longitud del muro; en cuanto a su ubicación estos no deben ubicarse en las esquinas o encuentros, se recomienda una ubicación céntrica.
- Encuentro entre muros, estos se presentan principalmente en tres formas, el encuentro en esquina el cual debe estar entrelazado entre adobes, también se presenta el encuentro en T y debe estar entrelazado por trabas en todas sus hiladas, en ambos casos nunca debe encontrarse en topes porque sería el punto más frágil de la construcción, por tanto, el primer lugar donde buscará ceder ante la ocurrencia de un sismo. Por último, el encuentro con un muro de tabiquería, este tipo de encuentro siempre será

de tope, por lo que se debe de considerar que ante la ocurrencia de un sismo estos elementos se moverán en forma diferente por lo podrían generar problemas superficiales.

**Propiedades mecánicas** deberán determinarse mediante ensayos de laboratorio, a las muestras representativas tomadas in situ, deben conocerse los valores del peso específico, resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.

*Peso específico:* Es la relación entre el peso y el volumen de una sustancia.

*Resistencia a la compresión* “se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área” (CEMEX, 2019, p. 1).

*Módulo de elasticidad* “de un material es la relación entre el esfuerzo al que está sometido el material y su deformación unitaria” (Osorio, 2018, p. 1).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación:**

De acuerdo al objetivo que se pretende alcanzar, será aplicada.

Al respecto la investigación es de tipo aplicada “Busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática.” (Borja, 2016)

Por lo cual la presente investigación es de tipo aplicada, puesto que, se busca analizar la respuesta estructural de una vivienda de adobe y otra de albañilería confinada, dando solución técnica, mejorando el comportamiento estructural de la vivienda de adobe para que tenga un comportamiento similar a la vivienda de albañilería confinada ante la ocurrencia de un evento sísmico.

##### **Diseño de Investigación:**

Conjunto de actividades encaminadas para la obtención de información sobre la investigación (Hernández, 2014).

La presente investigación no genera ninguna situación, es una investigación que se realiza sin la manipulación de variables, entonces es NO EXPERIMENTAL (Hernández, 2014).

#### **3.2. Variables, operacionalización**

Según (Borja, 2016), la variable es una característica, propiedad, atributo o cualidad, que puede formar parte o no del objeto de estudio.

##### **Variable Dependiente (Y):**

Y= Respuesta sísmica.

##### **Variable Independiente (X):**

X1= Vivienda rural con albañilería de adobe.

X2= Vivienda rural con albañilería confinada.

### **Definición Conceptual:**

La **respuesta sísmica** es el resultado del comportamiento de una estructura ante un evento sísmico, tiene como objetivo llegar a probabilidades aceptables para que la estructura tenga buen comportamiento frente a un evento sísmico dado (Uribe, 2002).

La **vivienda de albañilería de adobe**, según (MVCS, 2017), se basa en la técnica de construcción que utiliza muros de albañilería de adobes secos asentados con mortero de barro.

La **vivienda de albañilería confinada**, según (MVCS, 2006), se basa en albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado luego de la construcción de la albañilería.

### **Definición Operacional:**

Para la variable dependiente se realizará el análisis estructural de una vivienda rural de albañilería de adobe y el análisis estructural de otra vivienda rural de albañilería confinada, para determinar el refuerzo adecuado en la albañilería de adobe, que garantice una respuesta sísmica similar a la vivienda de albañilería confinada.

Las variables independientes para la presente investigación se realizará el procedimiento sugerido en la norma técnica E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, E.030 Diseño sismorresistente.

### **Indicadores:**

**Para la variable dependiente (respuesta sísmica)** se ha considerado los siguientes indicadores:

Para la dimensión Resistencia: Esfuerzos cortantes, esfuerzos de tracción, y esfuerzos de compresión.

Para la dimensión Rigidez: Derivas y desplazamientos laterales.

**Para las variables independientes (albañilería de adobe y albañilería confinada)**, se tiene los siguientes indicadores:

Para la dimensión Elementos estructurales: espesor efectivo de muros.

Para la dimensión Configuración estructural: densidad de muros, ancho de vanos.

Para la dimensión Propiedades mecánicas: Peso específico, resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.

#### **Escala de medición:**

**Para la variable dependiente (respuesta sísmica)** se ha considerado la siguiente escala de medición:

Para la dimensión Resistencia: Esfuerzos cortantes ( $\text{kg/cm}^2$ ), esfuerzos de tracción ( $\text{kg/cm}^2$ ), y esfuerzos de compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Para la dimensión Rigidez: Derivas ( $\text{mm/mm}$ ) y desplazamientos laterales ( $\text{mm}$ ).

**Para las variables independientes (albañilería de adobe y albañilería confinada)**, se tiene la siguiente escala de medición:

Para la dimensión elementos estructurales: espesor efectivo de muros ( $\text{m}$ ).

Para la dimensión Configuración estructural: densidad de muros (%), ancho de vanos ( $\text{m}$ ).

Para las propiedades mecánicas: Peso específico ( $\text{kg/m}^3$ ), resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ) y el módulo de elasticidad ( $\text{kg/cm}^2$ ).

#### **Población, muestra y muestreo**

**Población:** La población debe estar bien definida, para evitar errores en la muestra (Hernández, 2014).

Borja (2016), Es un conjunto de elementos que constituyen el objetivo del estudio.

Por tanto, en la investigación, se seleccionó aquellas que sirvieron para poder obtener la muestra deseada y llevar a cabo el objetivo, entonces la población son las viviendas del distrito de Pichacani, provincia de Puno en el departamento de Puno, el cual tiene un total de 38 viviendas con 152 habitantes.

**Muestra:** Es un subconjunto de la población, las cuales seleccionadas al azar resultan representativas (Hernández, 2014).

Borja (2016), para seleccionar la muestra adecuadamente, se inicia definiendo un objeto de estudio, que pueden ser personas, familias, obras construidas, viviendas, etc.

Para el presente estudio, la unidad del objeto de estudio lo constituyen las viviendas rurales, que se encuentran ubicadas en el Centro Poblado Catahui, distrito de Pichacani, provincia de Puno, departamento de Puno.

**Muestreo:**

Borja (2016), el muestreo será no probabilístico donde la muestra seleccionada será por criterio propio; considerando que no existen estudios previos, se ha tomado como muestra una vivienda rural en el Centro Poblado Catahui.

### **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**Técnicas:** Se empleo la técnica de recopilación documental y procesamiento de la información en las etapas de desarrollo del proyecto, se recopilaron documentos tales como:

Tesis, artículos científicos o académicos, documentos de conferencia y se elaboraron formatos para determinar de forma metódica la obtención de datos para procesarlos y obtener resultados.

**Instrumento de recolección de datos:** El instrumento utilizado para el presente trabajo son fichas de investigación y/o formatos técnicos, la cual se usará para anotar y extraer aspectos importantes de nuestra investigación.

### **3.4. Procedimientos**

El modo de recolección de datos se iniciará utilizando la ficha de investigación y/o formatos técnicos, para luego aplicarlo a la muestra seleccionada (vivienda rural), donde se anotará y analizará la información arquitectónica recopilada, describiendo su distribución.

Posteriormente con la información extraída se procederá con la estructuración sismorresistente inicial, tendiente a determinar la respuesta sísmica inicial.



Para el proceso de manipulación y control de la respuesta sísmica se usará el recomendado en la norma E.030, Anexo I: "Procedimiento de análisis estructural", complementado con las normas de estructuras del reglamento nacional de edificaciones. Además, los criterios dados en la norma técnica E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada.

Una vez determinado la respuesta sísmica para la vivienda rural de albañilería de adobe y albañilería confinada, se realizará la comparación entre ambos resultados y se determinará los puntos críticos de falla en la vivienda de albañilería de adobe, con el objetivo de plantear el reforzamiento que nos permita conseguir comportamientos sísmicos similares entre ambos tipos de sistemas estructurales. Los resultados finales se plasmarán en estadística descriptiva y estadística inferencial, que nos permita generalizar lo obtenido de la muestra hacia la población del Centro Poblado Catahui.

### **3.5. Método de análisis de datos**

La investigación se basará en el siguiente proceso, a fin de llegar adecuadamente a los resultados esperados:

- **Recopilación de la información:** En esta parte se realizará la recolección de toda la información documental relacionada al tema de estudio, bibliográfica consultada, necesarias para el avance y desarrollo de la investigación.

- **Etapas de gabinete:** En esta sección se realizará el procesamiento de datos de la información relevante obtenidos de la recopilación de datos, que para la presente investigación se empleará lo recomendado en la norma E.030, Anexo I: "Procedimiento de análisis estructural", complementado con las normas técnicas del RNE.

- **Exposición de resultados:** En esta parte se realizará el reporte de resultados, exponiendo las conclusiones, recomendaciones, usando para ello la estadística descriptiva e inferencial.

### **3.6. Aspectos éticos**

Para garantizar el desarrollo ético de esta investigación se han considerado los siguientes criterios:

Respecto a la **beneficencia**, este proyecto se realiza en beneficio de la población mejorando las condiciones de seguridad ante un evento sísmico.

Respecto a la **no maleficencia**, la información recolectada y generada tiene como propósito el reforzamiento de la vivienda de adobe.

Respecto a la **autonomía**, la autora interpreta y expone sus opiniones de la información expuesta en el marco teórico.

Respecto a la **autenticidad**, el proyecto de investigación cita las fuentes de información consultadas bajo las normas del estilo APA.

Respecto a la **verdad**, los resultados se reportan con transparencia mostrando capturas de pantalla del modelado estructural.

Realizando el trabajo con **compromiso y responsabilidad** propiciando respeto, integridad y honestidad.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Estudios preliminares

#### 4.1.1. Ubicación

La presente investigación se ubica en el Centro Poblado Catahui, distrito de Pichacani, provincia de Puno y departamento de Puno.

#### 4.1.2. Distribución arquitectónica

Para el desarrollo de esta investigación se tomó el módulo de vivienda rural que viene ejecutando el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) en las zonas alto andinas, el cual comprende de un módulo básico que tiene una dimensión de 6.30 m x 5.25 m, el espesor de muros es de 0.40 m de ancho, para la albañilería de adobe y 0.15 m, para la albañilería confinada, en toda su extensión; con tres ventanas de aluminio, una al costado de la puerta en el lado derecho del frontis de 0.84 m x 1.06 m; y las otras dos, en las laterales, ambas con las mismas características geométricas de 0.42 m x 1.06 m. Consta de una puerta de ingreso de 0.84 m de ancho.

La cobertura es de calamina galvanizada de 11 canales (0.83 m. x 3.60 m. y espesor de 0.30 mm), la que se apoya en una estructura de madera de tijerales en forma de “V” invertida con correas. La cobertura presenta un voladizo en todo su perímetro y tiene una pendiente de 18°.

Tabla 1: Características arquitectónicas.

PROPUESTA	ALTITUD msnm	CARACTERÍSTICAS Y CONSIDERACIONES PARA EL CONFORT TÉRMICO:
<b>DISEÑO CON ÁREA TAPÓN</b>	3000 msnm a +	<p>Piso: Madera machihembrada en dormitorios/ Acabado cemento frotachado en cocina/ comedor</p> <p>Ventana: Marco de aluminio con sistema corredizo simple y vidrio simple 6 mm. Contraventana de madera contraplacada con triplay 4 mm. Uso de ventanas cenitales con vidrio laminado y policarbonato traslucido en la cobertura.</p> <p>Puerta: Tipo bastidor con madera machihembrada al exterior y triplay al interior, llevara poliestireno expandido de 1” en el espacio interior. Para los interiores se usarán puertas contraplacadas con triplay 4 mm.</p> <p>Cobertura: Techo de calamina con aislante térmico (paja, ichu, totora o similar) y cielo raso de fibrocemento.</p>

Fuente: (MVCS,2019)

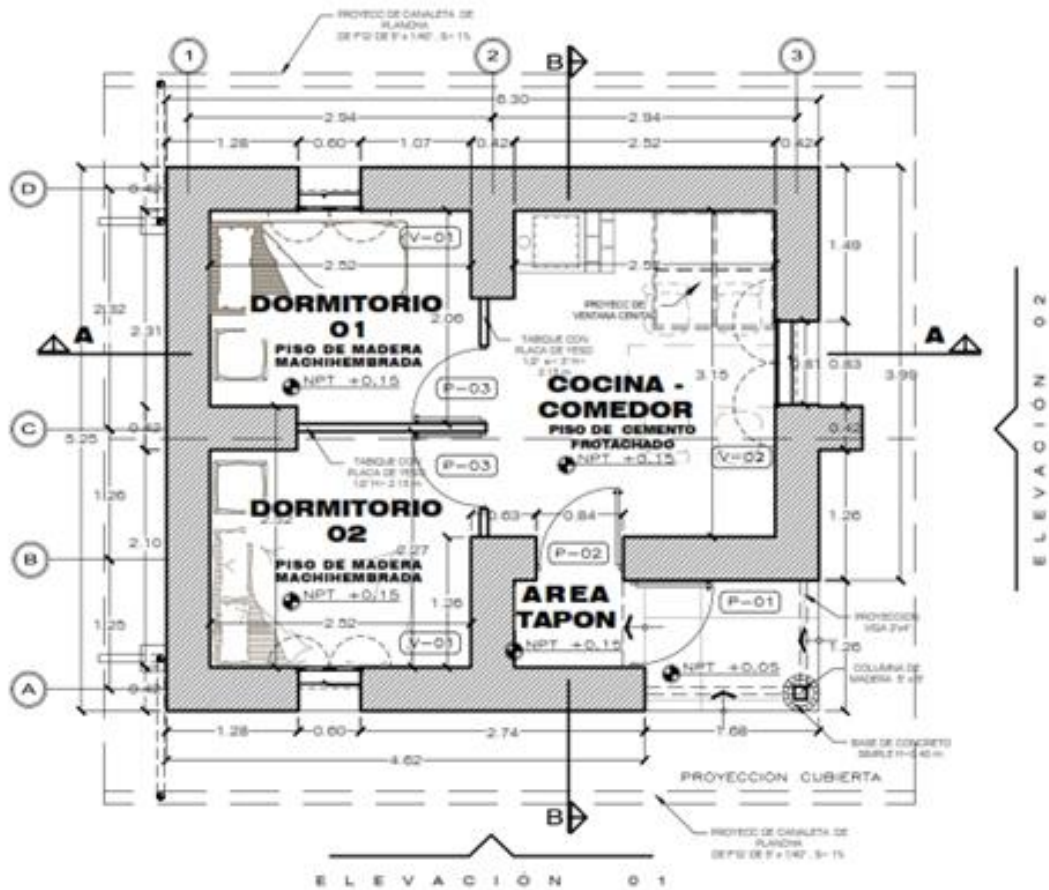


Figura 3: Distribución en planta de la vivienda.

Fuente: (MVCS,2019)

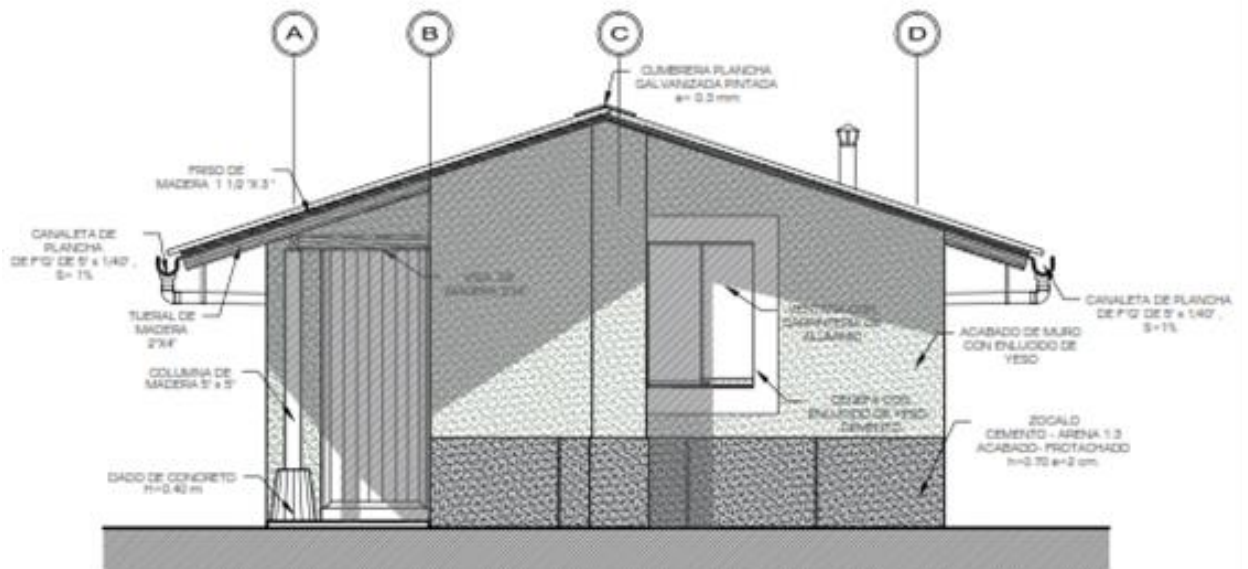


Figura 4: Elevación de la vivienda.

Fuente: (MVCS,2019)

### **4.1.3. Estudio de mecánica de suelos**

Los ensayos de laboratorio se extrajeron del proyecto: *“Mejoramiento de vivienda rural en los Centros Poblados Catahui y Tucsuma en el Distrito de Pichacani”*, el cual se realizó en las instalaciones del laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto GEOTECNIA INGENIERÍA SCRL. Se realizaron dos calicatas, denominadas como C – 1, C – 2, las cuales fueron distribuidos de tal manera de investigar las características del suelo de fundación; realizando los siguientes ensayos: ensayo de corte directo, análisis granulométrico por tamizado, contenido de humedad natural, límites de consistencia; cada uno de los ensayos fueron realizados bajo el régimen de la norma técnica E.050 – Suelos y Cimentaciones, del RNE (Ver Anexo N° 5).

Del estudio de mecánica de suelos, para efectos del análisis se empleará los resultados obtenidos de la calicata (C – 1), puesto que esta presenta un suelo con las propiedades más desfavorables. Dichas propiedades son:

#### **4.1.3.1. Características del suelo**

Las características del suelo de fundación es arena arcillosa (SC) en estado compacto. Profundidad de cimentación a  $D_f = 1.00$  m. la resistencia del suelo  $Q_{adm} = 1.39$  kg/cm<sup>2</sup>, coeficiente de balasto  $K = 2.83$  kg/cm<sup>3</sup>, tipo de perfil de suelo S2.

### **4.2. Base normativa.**

- Norma técnica E. 010 Madera (NT E.010).
- Norma técnica E. 020 Cargas (NT E.020).
- Norma técnica E. 030 Diseño sismorresistente (NT E.030).
- Norma técnica E. 050 Suelos y cimentaciones (NT E.050).
- Norma técnica E. 070 Albañilería (NT E.070).
- Norma técnica E. 080 Diseño y construcción con tierra reforzada (NT E.080).

### 4.3. Medrado de cargas

Se procedió a la determinación de las cargas muertas y vivas del techo de la vivienda, para lo cual se realizó el medrado de cargas, según lo establecido en la NT E.020.

Tabla 2: Cargas vivas de techo.

TIPO DE COBERTURA	CARGA	REDUCCIÓN	CARGA TOTAL
Techos con inclinación mayor a 3°.	100.00 Kgf/m <sup>2</sup>	75 Kgf/m <sup>2</sup>	<b>50 Kgf/m<sup>2</sup></b>

DESCRIPCIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )	CARGA VIVA (Kgf)	CARGA DE NIEVE (Balanc.) (Kgf)
Área 1	53.24	2662.00	1703.68

DESCRIPCIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )	CARGA VIVA (Kgf)	CARGA DE NIEVE (Desbalanc.) (Kgf)
Área 1	53.24	2662.00	2214.78

Fuente: Elaboración propia.

En función a la tabla anterior, la carga viva máxima resultante es de 2,662.00 Kg, el cual es equivalente a 50 kg/m<sup>2</sup>.

Tabla 3: Cargas muertas de techo.

DESCRIPCIÓN	CARGAS MUERTAS	
<b>PESO TOTAL DE LA COBERTURA =</b>	3.87	kg/m <sup>2</sup>
<b>PESO DE TIJERALES =</b>	4.62	kg/m <sup>2</sup>
<b>PESO DE CORREAS =</b>	5.64	kg/m <sup>2</sup>
<b>PESO CIELO RASO =</b>	20.00	kg/m <sup>2</sup>
<b>PESO TOTAL DE LA COBERTURA =</b>	<b>34.13</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia.

Entonces considerando que la estructura tiene 5 tijerales, y el largo de la vivienda es de 7.83 m, se tiene un ancho tributario por tijeral de 1.57 m, por lo que la carga viva para un tijeral es de 31.85 kg/m (54.78 kg en cada apoyo del tijeral), y la carga muerta para un tijeral es de 21.74 kg/m (37.39 kg en cada apoyo del tijeral).

#### Cargas unitarias

Peso unitario de la albañilería confinada 1800 kg/m<sup>3</sup>.

Peso unitario de la albañilería de adobe 1600 kg/m<sup>3</sup>.

Peso unitario del concreto armado 2400 kg/cm<sup>2</sup>.

Acabados 100 kg/m<sup>2</sup>.

Techo (cobertura liviana) 100 kg/m<sup>2</sup>, el cual se reduce teniendo en cuenta el grado de inclinación de la cobertura.

#### **4.4. Respuesta sísmica de la vivienda rural de adobe sin refuerzo**

##### **4.4.1. Descripción del proyecto**

Los muros de adobe tienen espesores de 0.40 m ( $t=0.40$  m).

La cobertura es liviana a base de tijerales con travesaños de madera, unidas mediante correas de madera.

Los muros tienen una altura de 2.10 m (para el modelamiento estructural se consideró 2.4 m), y una altura de 2.90 m en la zona del tímpano.

##### **4.4.2. Propiedades de los materiales**

Los valores son tomados de las normas técnicas E.010, E.070 y E.080 considerando que estos son valores promedio.

###### **Albañilería de adobe**

Ladrillo artesanal de tierra reforzada con paja.

Dimensiones 0.40 x 0.40 x 0.10 m y 0.40 x 0.20 x 0.10 m.

Resistencia a la compresión según la (MVCS, 2017),  $f'm = 6.12$  kg/cm<sup>2</sup>.

Peso específico de la albañilería de adobe = 1,600 kg/m<sup>3</sup>.

Módulo de elasticidad para la albañilería de adobe  $E_m = 2,040$  kg/cm<sup>2</sup>.

###### **Madera**

El grupo considerado para la madera es "C", de acuerdo con la norma técnica E.010.

Peso específico de la madera = 475 kg/m<sup>3</sup>.

Módulo de elasticidad de la madera del grupo C = 90,000 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.4.3. Modelo estructural

El modelo estructural de la vivienda se realizó con el software AutoCAD 2019, con el cual se pudo determinar la localización de las grillas (espaciamiento) idealizando los muros mediante líneas y posteriormente iniciar el modelado en el programa Etabs v.18.0.2.

La estructuración se realizó bajo el criterio sismorresistente, el cual se muestra en la siguiente figura 5.

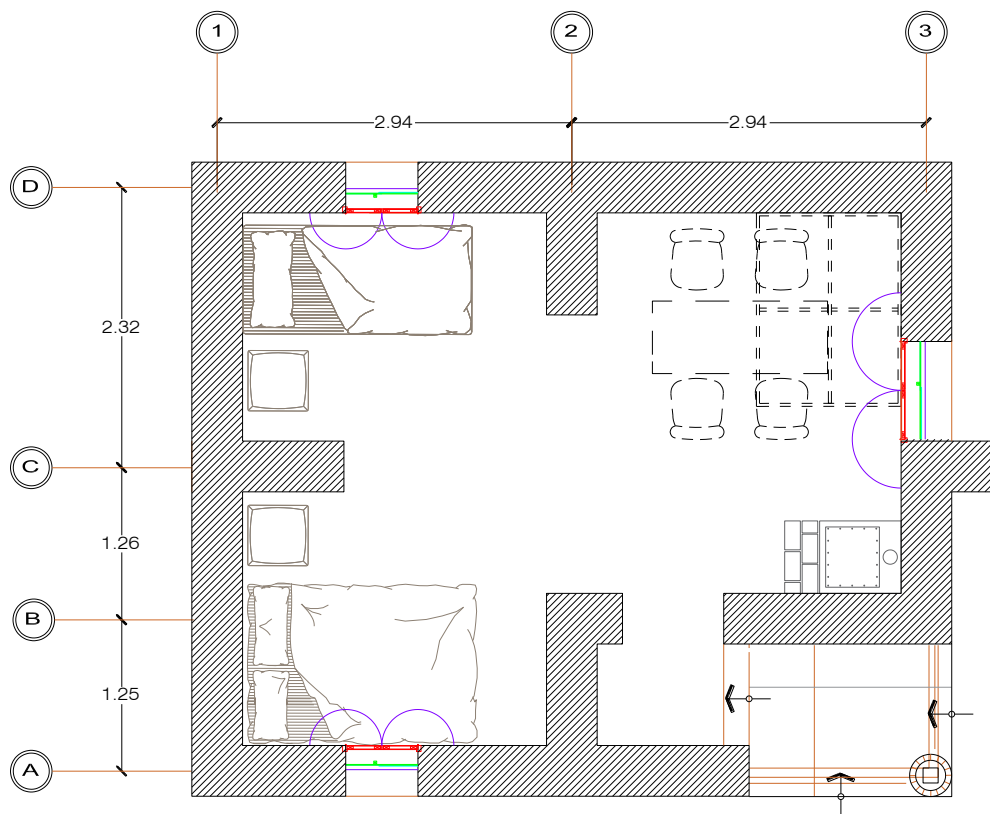


Figura 5: Ejes sismorresistentes vivienda de adobe.

Fuente: (MVCS,2019)



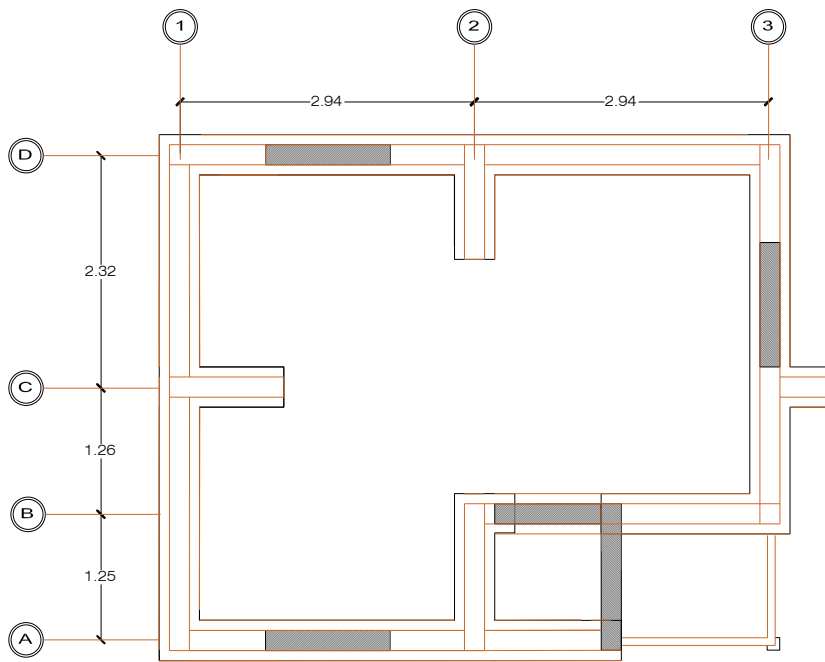


Figura 6: Estructuración sismorresistente, vivienda de adobe.

Fuente: (MVCS,2019)

El modelamiento de la vivienda rural de adobe, se realizó considerando las propiedades descritas en ítems anteriores.

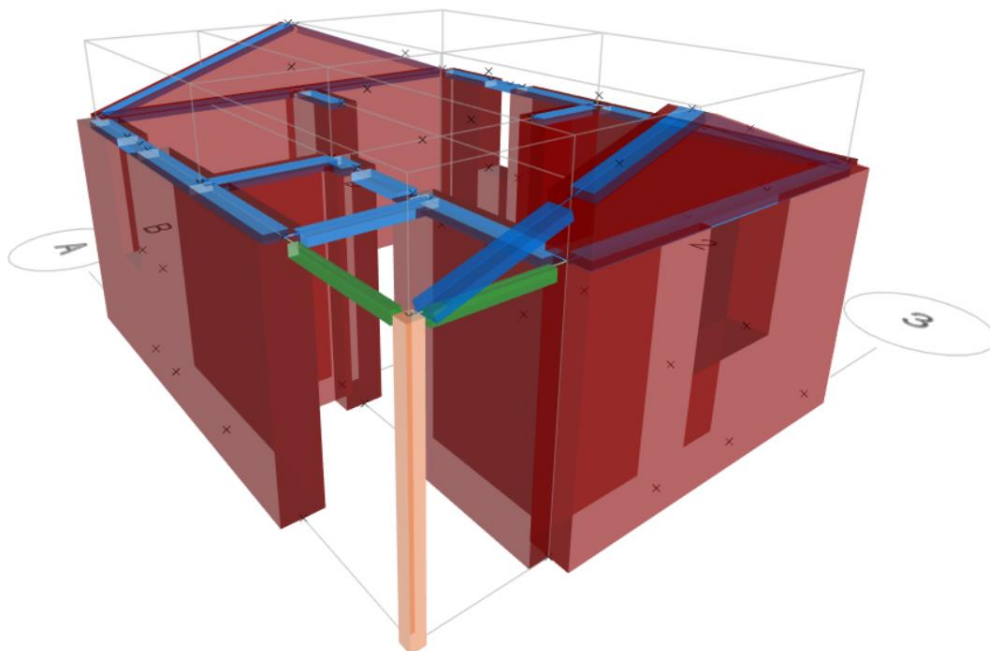


Figura 7: Modelamiento estructural (3D) - vivienda de adobe.

Fuente: Elaboración propia.

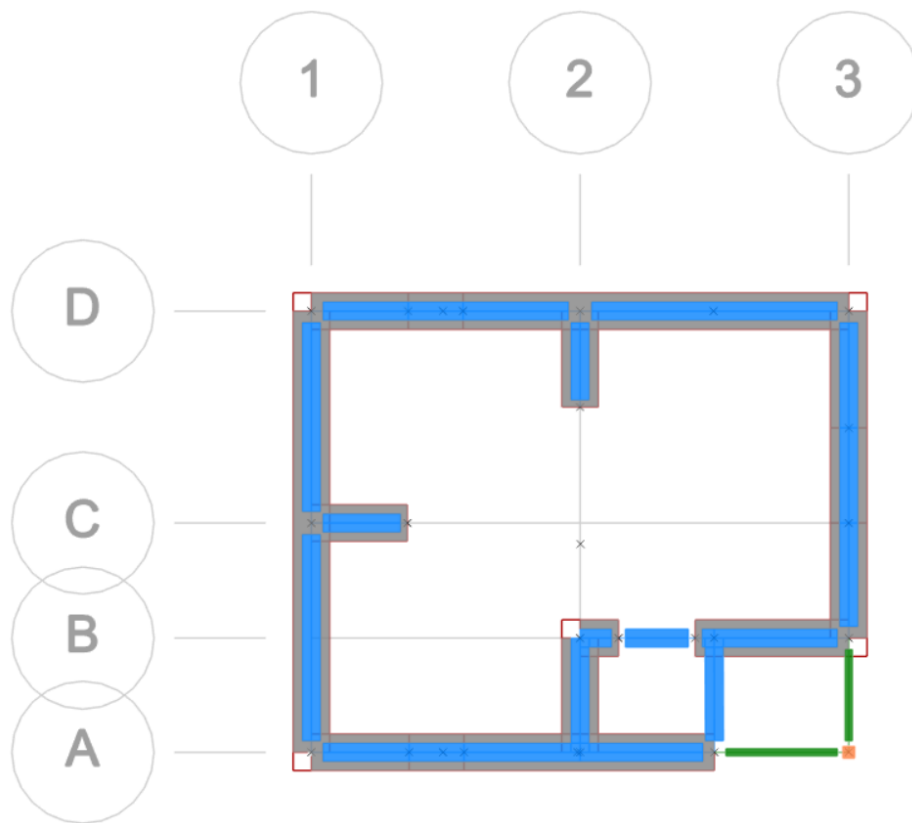


Figura 8: Modelamiento estructural en planta – vivienda de adobe.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.4. Análisis estructural de la vivienda de adobe

El análisis estructural se realizó teniendo en consideración la NT E.030 Anexo I, y lo dispuesto por la NT E.080, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

##### **Paso 1: Factor de zona “Z”**

De acuerdo con el mapa de zonificación sísmica de la NT E.030, el factor de zona “Z” es 0.35.

Según (MVCS, 2019), Anexo II Zonificación Sísmica, la presente investigación se ubica en el distrito de Pichacani y por lo tanto en la zona sísmica 3, que corresponde un coeficiente sísmico “C” igual a 0.20.

Tabla 4: Zona sísmica, Anexo II de la norma técnica E.030

PUNO	ACORA	3	DOCE DISTRITOS
	ATUNCOLLA		
	CHUCUITO		
	HUATA		
	MAÑAZO		
	PAUCARCOLLA		
	PICHACANI		
	PLATERIA		
	PUNO		
	SAN ANTONIO		
	TIQUILLACA		
	VILQUE		

Fuente: (MVCS, 2017)

### **Paso 2: Factor de suelo**

En función a los parámetros sísmicos descritos para la vivienda de adobe, el factor de suelo es de 1.4.

Según (MVCS, 2017), el factor de teniendo en cuenta la capacidad portante de 1.39 kg/cm<sup>2</sup>, le corresponde un factor de suelo "S" de 1.4.

Tabla 5: Factor de suelo, según norma técnica E.080

Tipo	Descripción	Factor de suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 kg.f/cm <sup>2</sup>	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02kg.f/cm <sup>2</sup>	1,4

Fuente: (MVCS, 2017)

### **Paso 3: Factor de uso y densidad**

En función a los parámetros sísmicos descritos para la vivienda de adobe, el factor de uso es 1.0, y la densidad mínima es de 8%.

Según (MVCS, 2017), se tiene un factor de uso de 1.0, por lo tanto, una densidad de muros del 8%.

Tabla 6: Factor de uso y densidad según tipo de edificación. E.080

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1,4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1,2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%

Fuente: (MVCS, 2017)

#### **Paso 4: Coeficiente sísmico**

En función a los parámetros sísmicos descritos para la vivienda de adobe, el coeficiente sísmico  $C = 0.20$ .

Tabla 7: Coeficiente sísmico por zona sísmica. E.080

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)
4	0,25
3	0,20
2	0,15
1	0,10

Fuente: (MVCS, 2017)

#### **Paso 5: Sistema estructural**

Según la (MVCS, 2019), el sistema estructural es de albañilería con unidades de adobe.

#### **Paso 6: Modelos de análisis**

Para el modelo matemático de la vivienda de adobe, se consideró las propiedades de las secciones brutas ignorando la fisuración y el refuerzo.

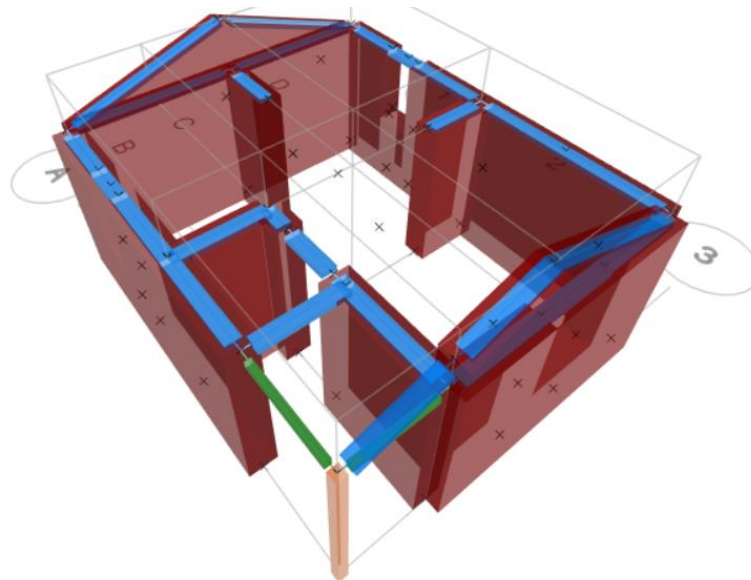


Figura 9: Modelo de análisis.

Fuente: Elaboración propia

#### **Paso 7: Estimación del peso P**

La estimación del peso “P” se determinó adicionando a la carga permanente y total, el 50% de la carga viva o sobrecarga, de acuerdo con la NT E.080.

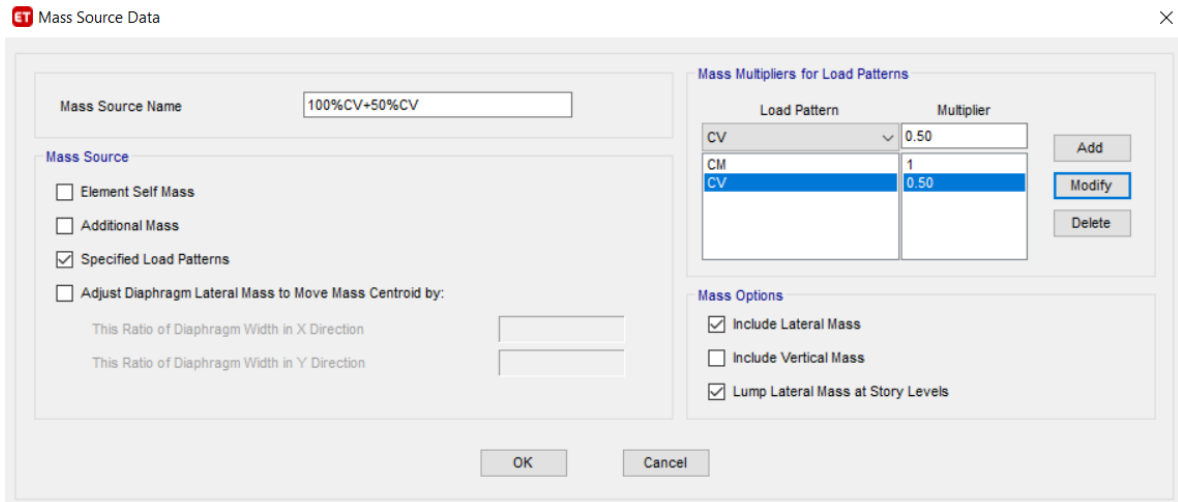


Figura 10: Definición del peso sísmico en el software Etabs.

Fuente: Elaboración propia.

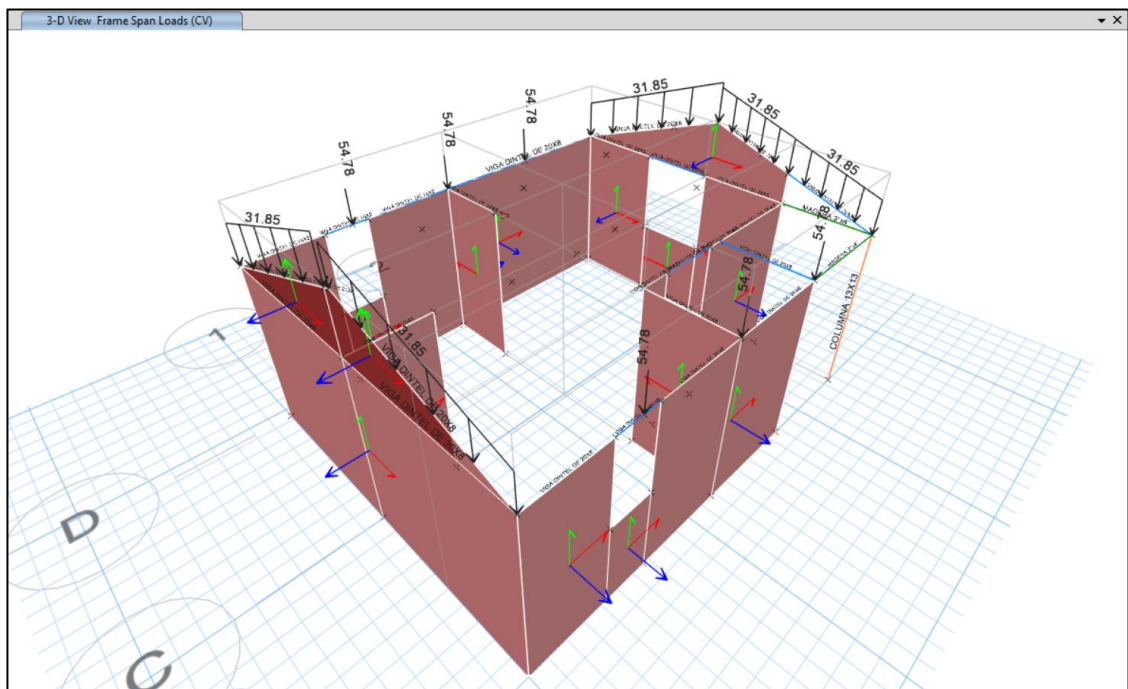


Figura 11: Asignación de cargas vivas de techo (CV).

Fuente: Elaboración propia.

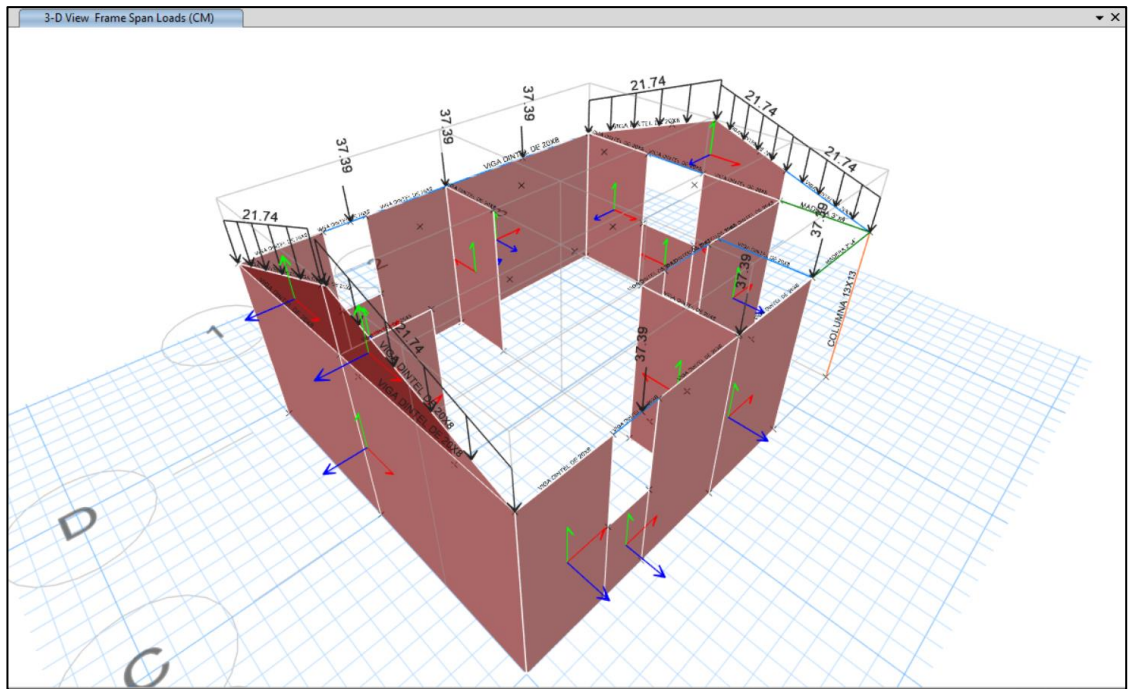


Figura 12: Asignación de cargas muertas de techo (CM).

Fuente: Elaboración propia.

	Story	UX kgf-s <sup>2</sup> /m	UY kgf-s <sup>2</sup> /m	UZ kgf-s <sup>2</sup> /m
▶	NIVEL TÍMPANO	261.29	261.29	0
	1ER NIVEL	1575.87	1575.87	0
	VANO INF	1829.3	1829.3	0
	Base	308.75	308.75	0

Figura 13: Resumen de masa por piso.

Fuente: Extraído del software Etabs.

Por tanto, la masa sísmica resultante es la suma del 1er nivel y nivel tímpano  $261.29 + 3,405.17 = 3,666.46$  kgf-s<sup>2</sup>/m. Por lo tanto, el peso sísmico es de 35.97 Tn.

## Paso 8: Procedimientos de análisis sísmico

Se verifica la densidad mínima de muros.

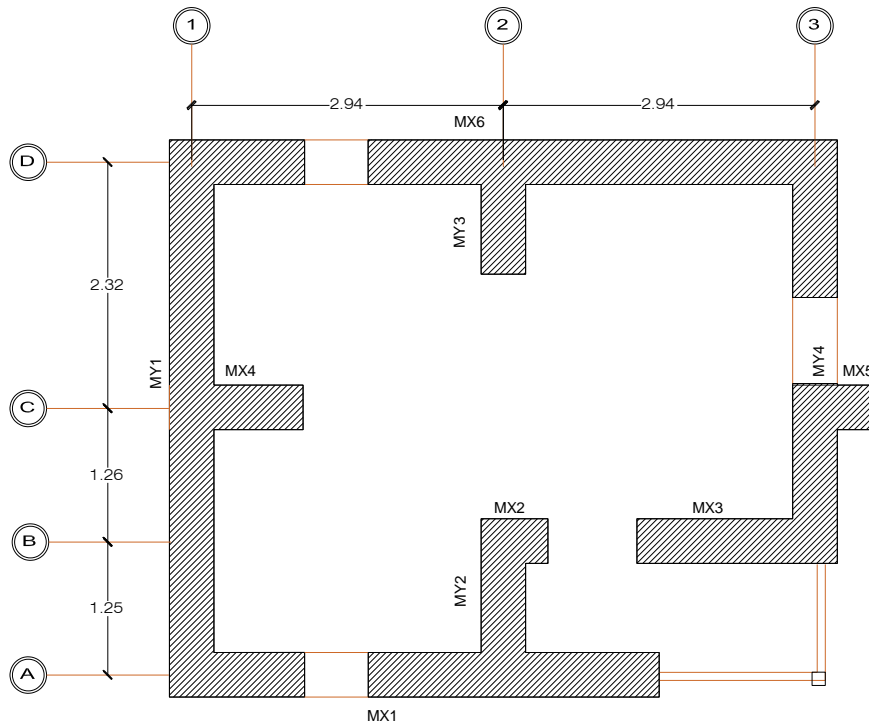


Figura 14: Distribución de muros.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Densidad de muros en la dirección XX.

MUROS	NÚMERO	t(m)	L(m)	A(m <sup>2</sup> )
<b>MX1</b>	1	0.40	4.63	1.85
<b>MX2</b>	1	0.40	0.60	0.24
<b>MX3</b>	1	0.40	1.49	0.60
<b>MX4</b>	1	0.40	0.84	0.34
<b>MX5</b>	1	0.40	0.42	0.17
<b>MX6</b>	1	0.40	6.30	2.52
<b>Área en planta (m<sup>2</sup>) =</b>	29.26		Suma =	5.71
			Densidad X =	0.20 Ok
			Densidad mín.=	0.08 (E.080)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Densidad de muros en la dirección YY.

MUROS	NÚMERO	t(m)	L(m)	A(m2)
MY1	1	0.40	5.25	2.10
MY2	1	0.40	1.26	0.50
MY3	1	0.40	0.84	0.34
MY4	1	0.40	3.99	1.60
Área en planta (m2) =	29.26		Suma =	4.54
			Densidad Y =	0.16 Ok
			Densidad mín.=	0.08 (E.080)

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis estático

Determinación del período fundamental de la estructura.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.161	0.1716	0.0021	0	0.1716	0.0021	0	0.0007
Modal	2	0.142	0.1269	0.109	0	0.2985	0.1111	0	0.0306
Modal	3	0.123	0.0509	0.2814	0	0.3494	0.3925	0	0.0664
Modal	4	0.114	0.0068	0.0409	0	0.3562	0.4334	0	0.0139
Modal	5	0.096	0.0194	0.0002	0	0.3756	0.4336	0	0.001
Modal	6	0.087	0.0007	0.1973	0	0.3764	0.6309	0	0.0948
Modal	7	0.083	0.0423	0.0227	0	0.4186	0.6535	0	0.0335
Modal	8	0.071	0.0277	0.0656	0	0.4463	0.7191	0	0.009
Modal	9	0.069	0.0002	0.0079	0	0.4465	0.727	0	0.0001
Modal	10	0.065	0.1282	0.0009	0	0.5747	0.7279	0	0.0448
Modal	11	0.063	0.1671	0.0271	0	0.7418	0.7549	0	0.0031
Modal	12	0.059	0.047	0.0191	0	0.7887	0.774	0	0.0392
Modal	13	0.055	0.0001	3.156E-06	0	0.7888	0.774	0	0.0152
Modal	14	0.052	0.0065	0.0013	0	0.7953	0.7753	0	0.008
Modal	15	0.049	0.0088	0.0036	0	0.8041	0.779	0	0.001

Figura 15: Período fundamental de la estructura.

Fuente: Extraído del software Etabs.

Para la definición de las cargas sísmicas estáticas, se determinó el valor de SUC, para cada dirección de análisis, obteniendo el valor de 0.28 y un factor exponencial de distribución  $K=1$ .



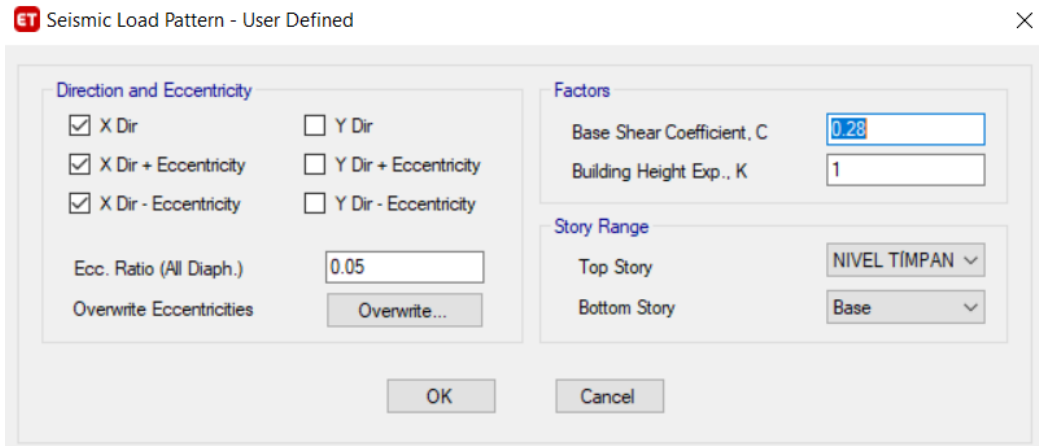


Figura 16: Patrones de carga para el análisis sísmico estático - XX.

Fuente: Extraído del software Etabs.

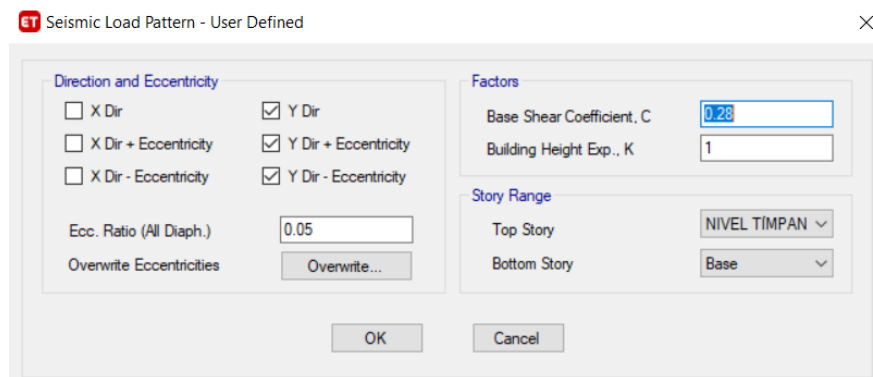


Figura 17: Patrones de carga para el análisis sísmico estático - YY.

Fuente: Extraído del software Etabs

Para la determinar el cortante estático en la base, se usó el peso sísmico calculado en el paso 7, el cual tiene un valor de 35.97 Tn. Entonces el cortante estático en la base  $V_{xx} = V_{yy} = 0.28 \cdot 35.97 \text{ Tn} = \mathbf{10.07 \text{ Tn}}$ .

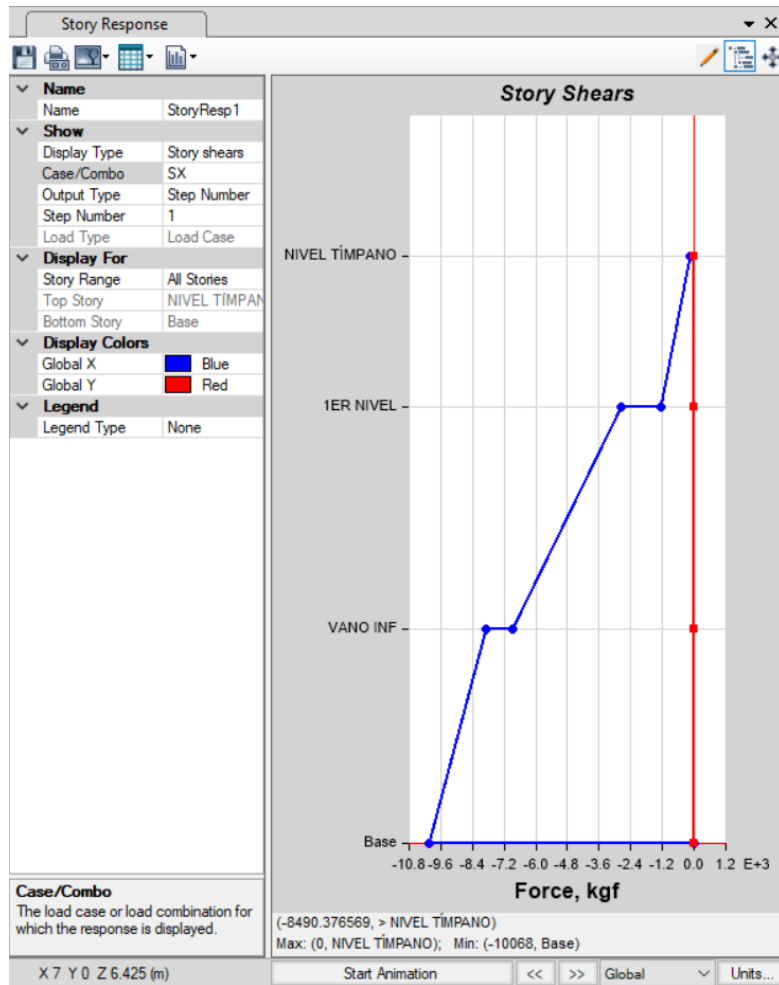


Figura 18: Distribución de la fuerza cortante estática por piso - XX.

Fuente: Extraído del software Etabs.

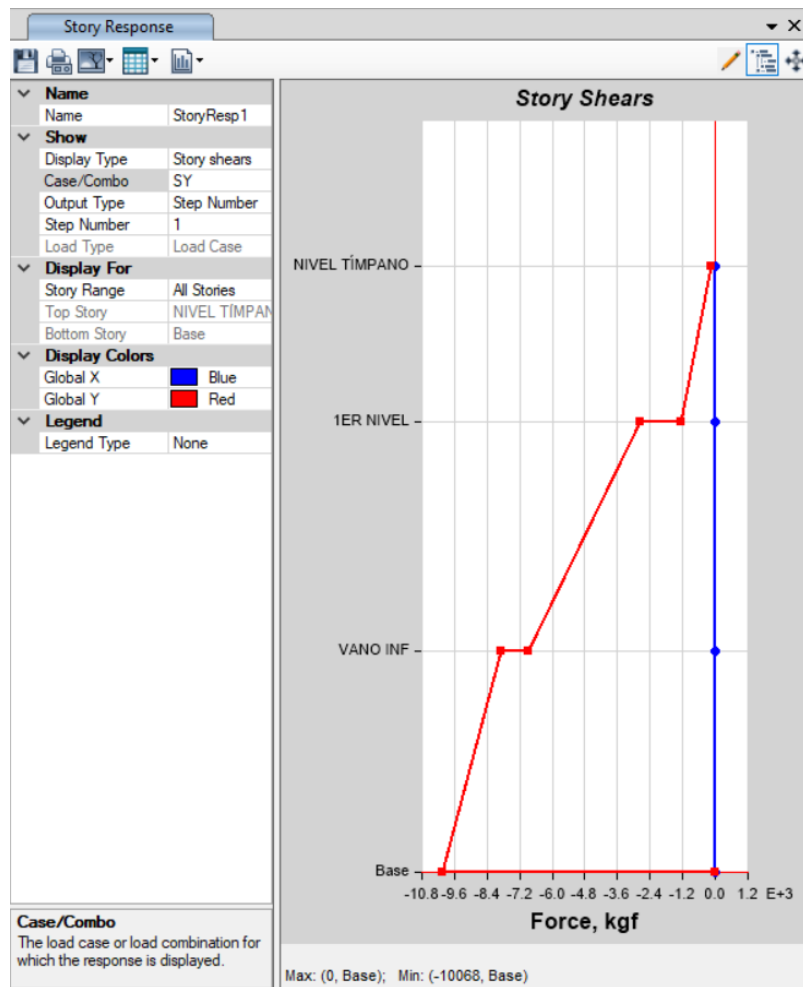


Figura 19: Distribución de la fuerza cortante estática por piso - YY.

Fuente: Extraído del software Etabs.

#### 4.4.5. Resultados de la respuesta sísmica de la vivienda de adobe

##### 4.4.5.1. Fuerza cortante basal:

La fuerza cortante basal resultó en ambas direcciones **10.07 Tn**.

##### 4.4.5.2. Esfuerzos internos:

###### Esfuerzos por compresión en la dirección XX:

Los esfuerzos por compresión para los muros de la dirección XX se muestran en el siguiente cuadro:

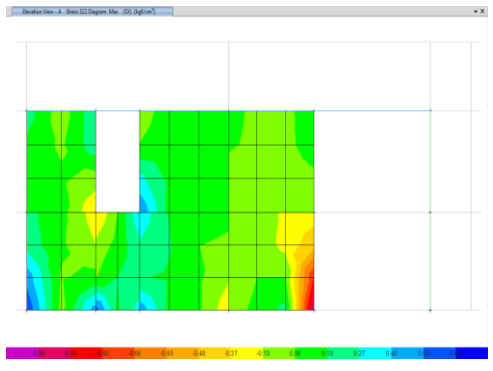
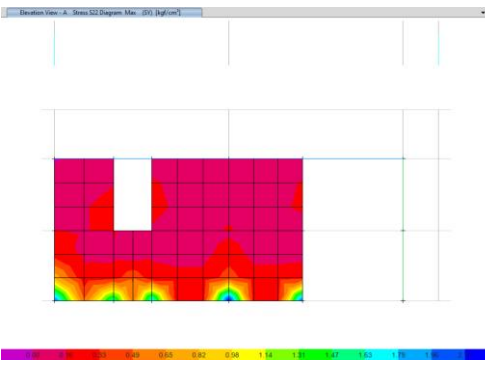
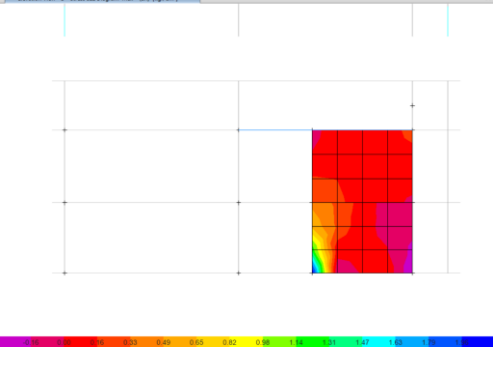
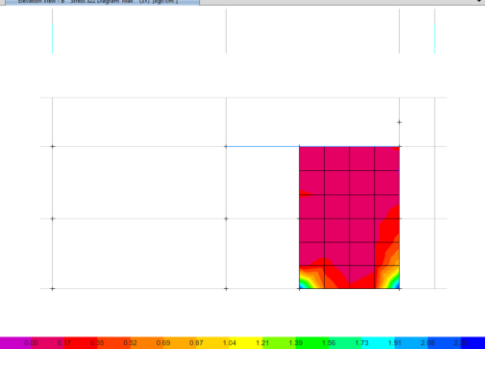
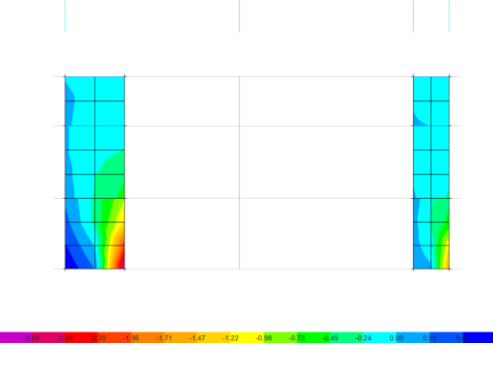
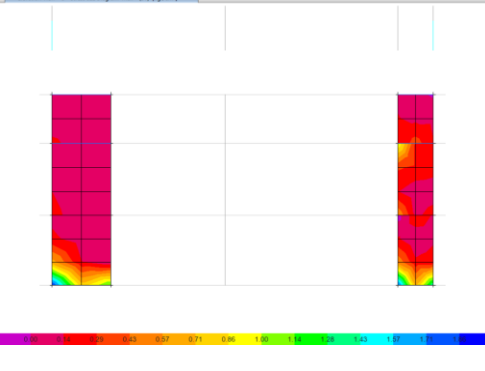
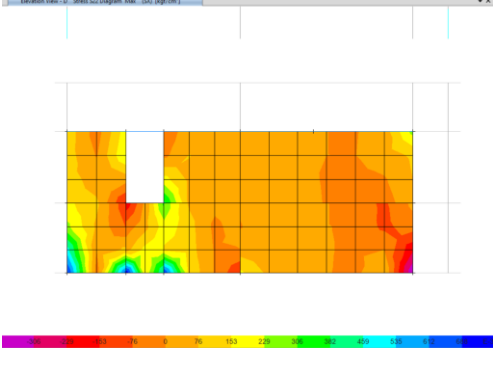
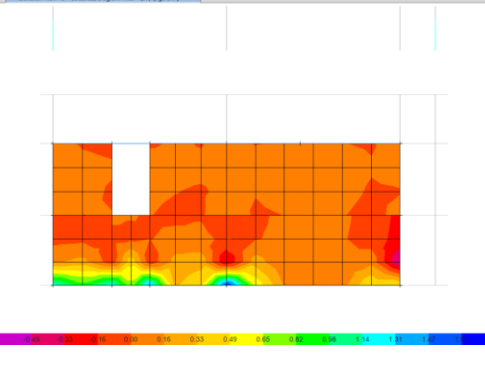
Elementos en la dirección XX	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por compresión (Kg/cm2)	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por compresión (Kg/cm2)
MX1		1.16		2.25
MX2 - MX3		2.11		2.34
MX4 - MX5		2.85		1.86
MX6		0.76		1.68

Figura 20: Esfuerzos por compresión de muros en la dirección XX.

Fuente: Elaboración propia. Valores extraídos del software etabs.

### Esfuerzos por compresión en la dirección YY:

Los esfuerzos por compresión para los muros de la dirección YY se muestran en el siguiente cuadro:

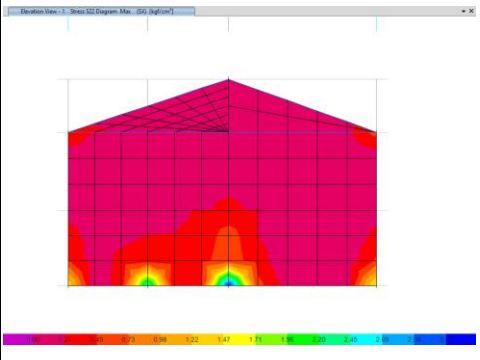
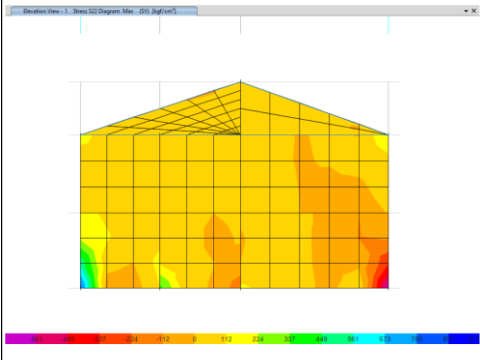
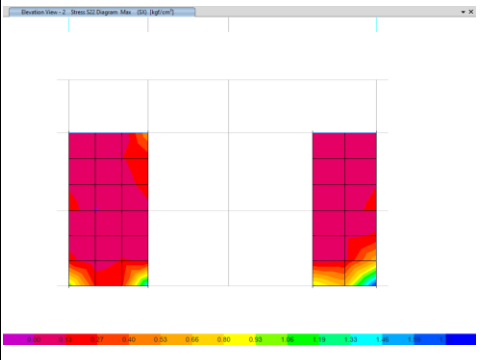
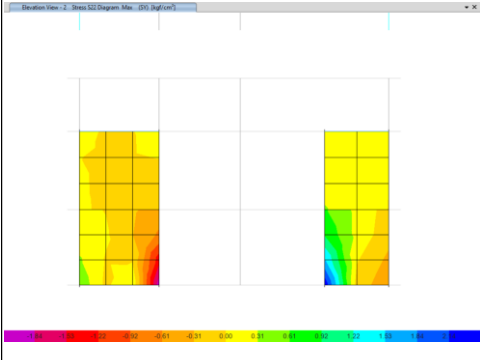
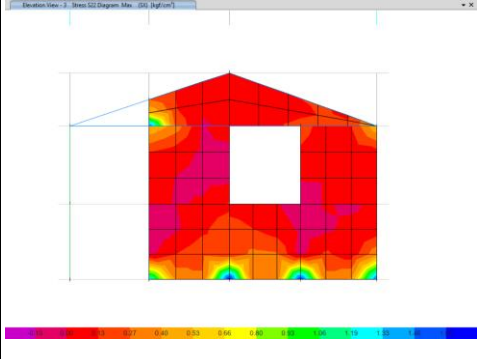
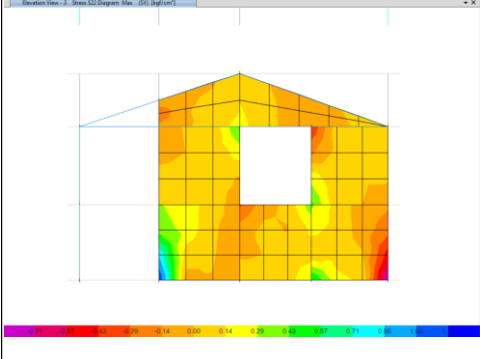
Elementos en la dirección YY	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
MY1		3.28		0.84
MY2 - MY3		1.77		2.40
MY4		1.69		1.14

Figura 21: Esfuerzos por flexo compresión de muros en la dirección YY.

Fuente: Elaboración propia. Valores extraídos del software etabs.

### Esfuerzos por cortante en la dirección XX:

Los esfuerzos por cortante para los muros en la dirección XX se muestran en el siguiente cuadro:

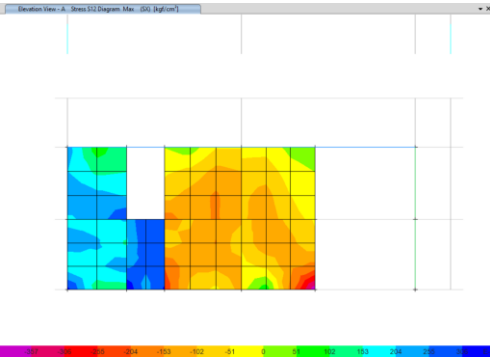
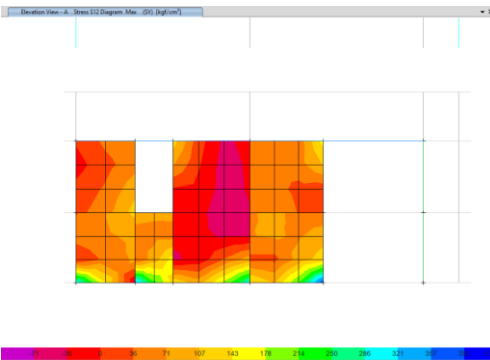
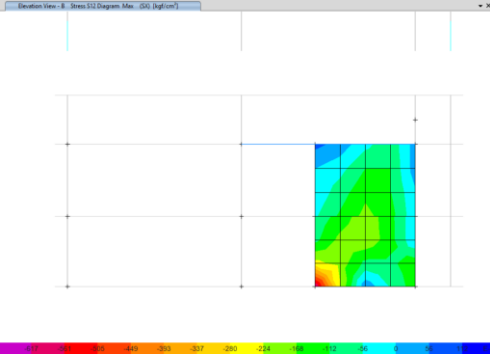
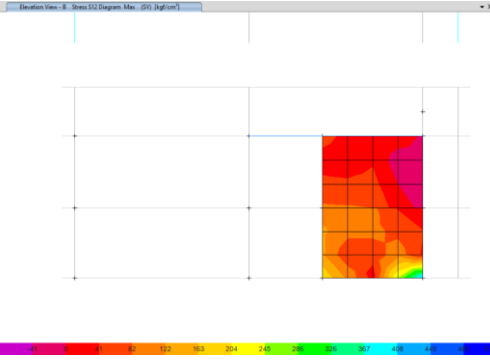
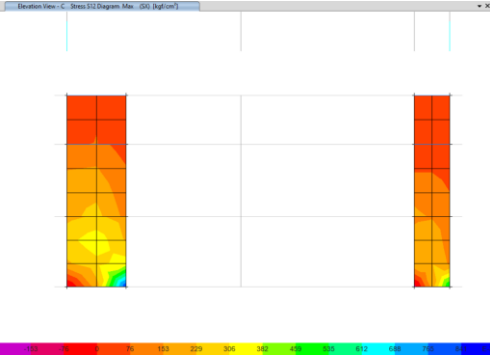
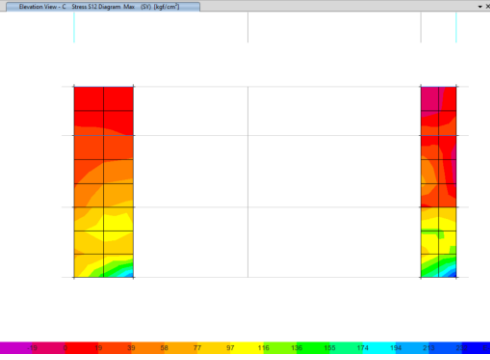
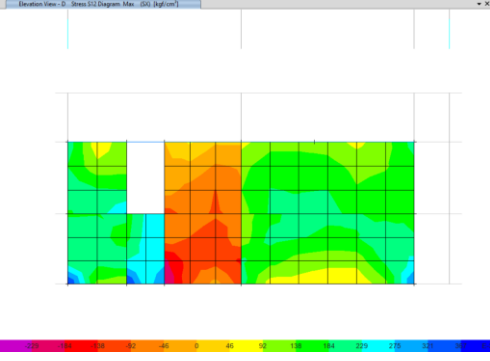
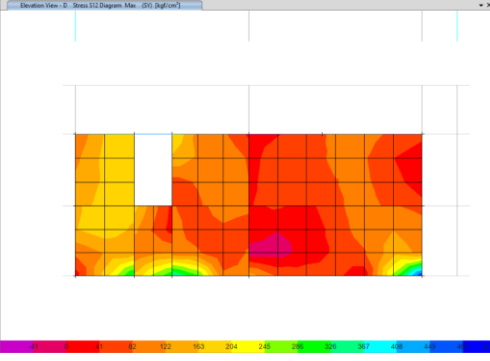
Elementos en la dirección XX	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
MX1		0.40		0.38
MX2 - MX3		0.62		0.49
MX4 - MX5		0.85		0.24
MX6		0.38		0.50

Figura 22: Esfuerzos por cortante de muros en la dirección XX.

Fuente: Elaboración propia. Valores extraídos del software etabs.

### Esfuerzos por cortante en la dirección YY:

Los esfuerzos por cortante para los muros en la dirección YY se muestran en el siguiente cuadro:

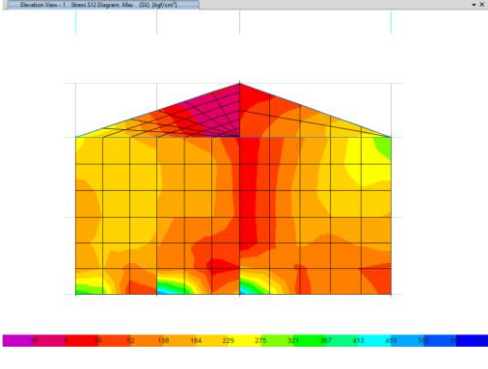
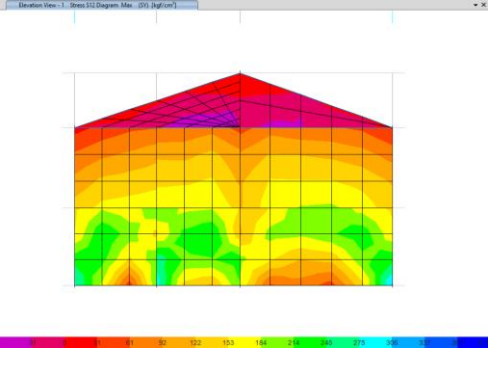
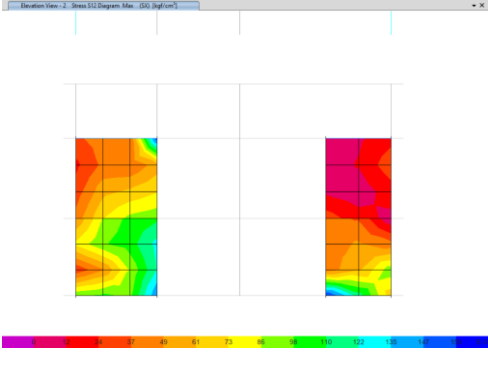
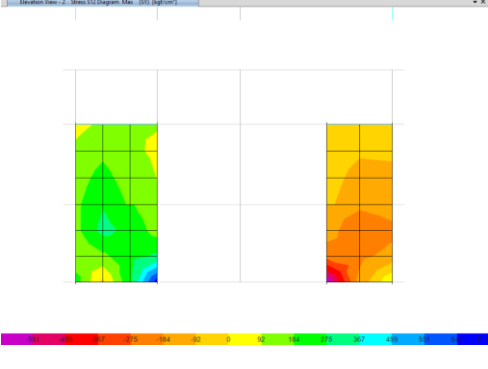
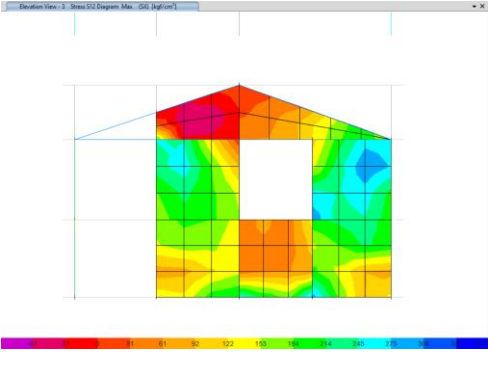
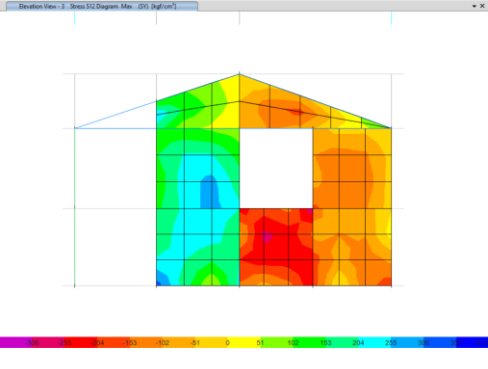
Elementos en la dirección YY	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
MY1		0.59		0.37
MY2 - MY3		0.16		0.70
MY4		0.33		0.35

Figura 23: Esfuerzos por cortante de muros en la dirección YY.

Fuente: Elaboración propia. Valores extraídos del software etabs.

### Esfuerzos por tracción en la dirección XX:

Los esfuerzos por tracción para los muros en la dirección XX se muestran en el siguiente cuadro:

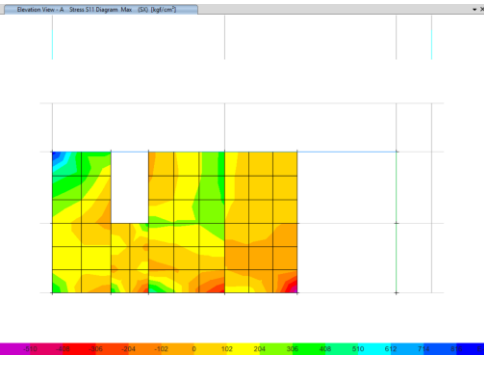
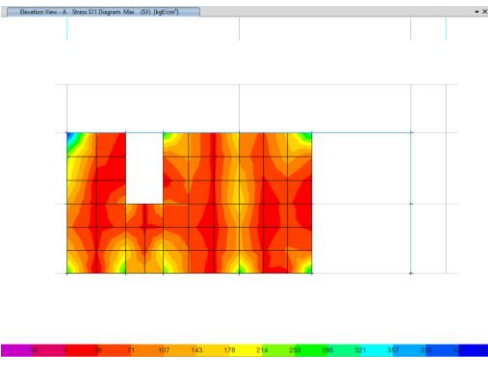
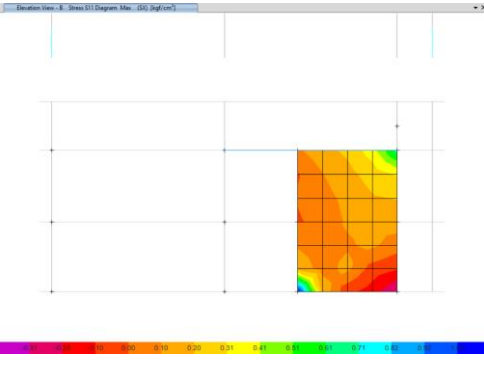
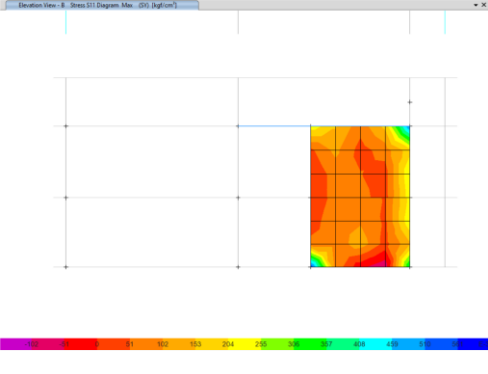
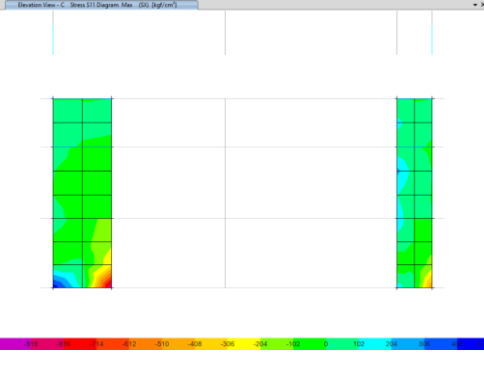
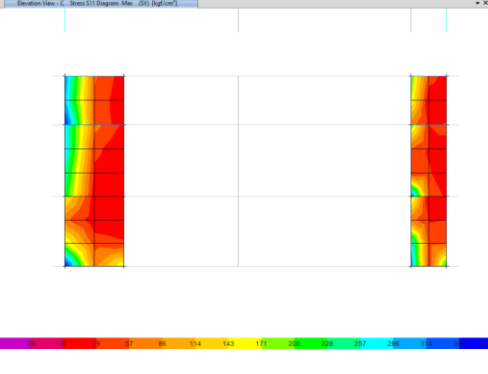
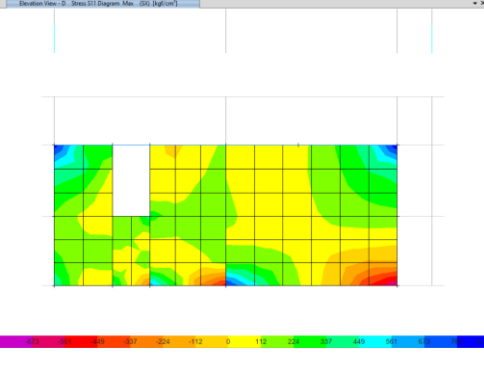
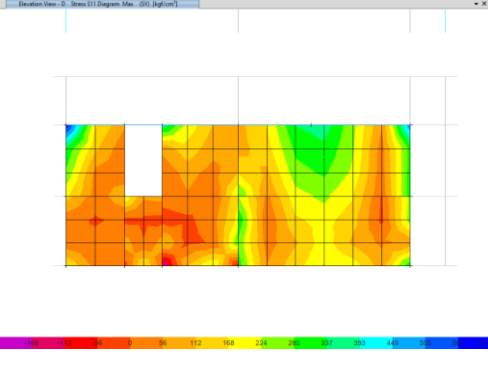
Elementos en la dirección XX	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )
MX1		0.88		0.45
MX2 - MX3		1.09		0.55
MX4 - MX5		0.97		0.36
MX6		0.88		0.60

Figura 24: Esfuerzos por tracción de muros en la dirección XX.

Fuente: Elaboración propia. Valores extraídos del software etabs.



## Esfuerzos por tracción en la dirección YY:

Los esfuerzos por tracción para los muros en la dirección YY se muestran en el siguiente cuadro:

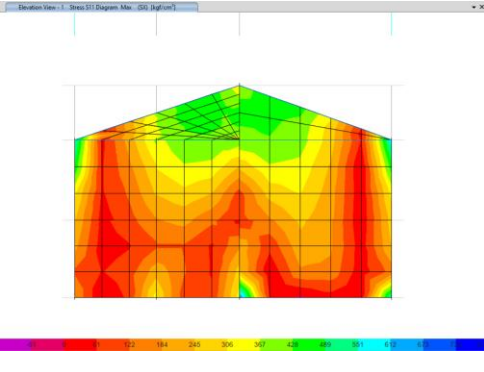
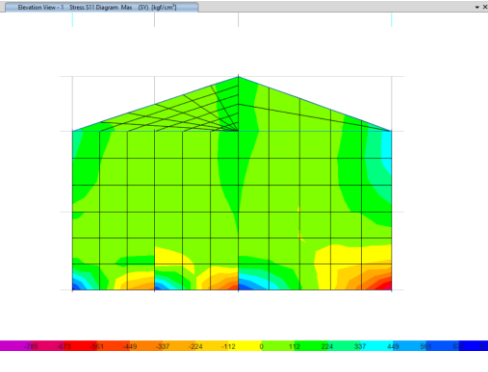
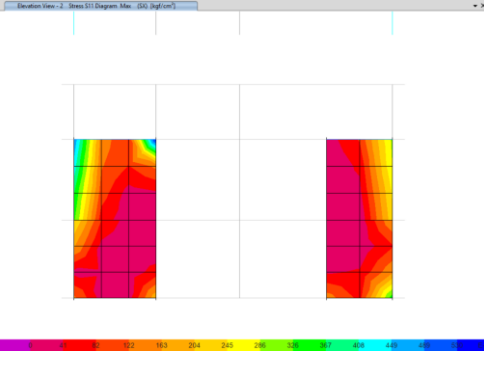
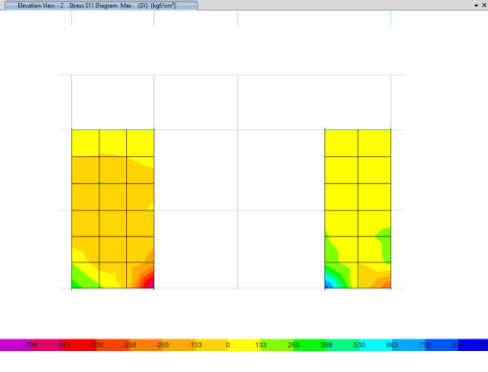
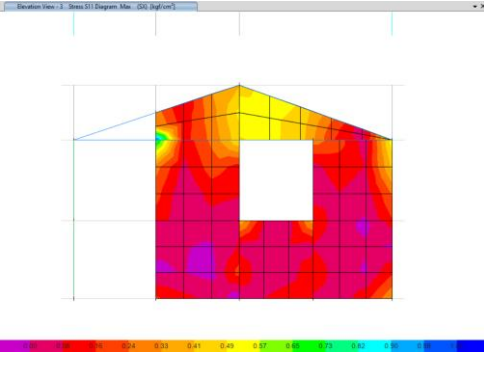
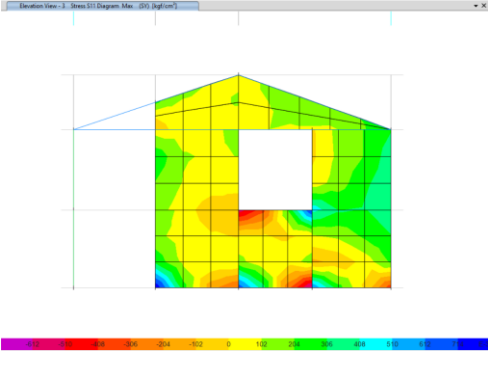
Elementos en la dirección YY	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por tracción (Kg/cm2)	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por tracción (Kg/cm2)
MY1		0.67		0.79
MY2 - MY3		0.55		0.90
MY4		1.02		0.81

Figura 25: Esfuerzos por tracción de muros en la dirección YY.

Fuente: Elaboración propia. Valores extraídos del software etabs.

#### 4.4.5.3. Derivas:

La distorsión de entrepiso o deriva de la estructura, cumple con lo exigido por la norma técnica E.030.

Tabla 10: Desplazamientos inelásticos producto del análisis estático.

DESPLAZAMIENTOS INELÁSTICOS EN X-X - ANÁLISIS ESTÁTICO									
Plantas	Alturas	Desplazamiento del centro de masa (mm)	Deriva elástica	Factor	Rxx	R (inelástico)	Deriva inelástica	Deriva E.030	Condición
<b>Desplazamiento piso 1 Base</b>	2.40	4.23	0.001763	0.8500	3.00	2.55	<b>0.0045</b>	0.0050	<b>Cumple</b>

DESPLAZAMIENTOS INELÁSTICOS EN Y-Y - ANÁLISIS ESTÁTICO									
Plantas	Alturas	Desplazamiento del centro de masa (mm)	Deriva elástica	Factor	Ryy	R (inelástico)	Deriva inelástica	Deriva E.030	Condición
<b>Desplazamiento piso 1 Base</b>	2.40	2.41	0.001004	0.8500	3.00	2.55	<b>0.0026</b>	0.0050	<b>Cumple</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.5.4. Desplazamientos laterales:

Los desplazamientos producto de la rigidez de la estructura, resultaron mínimos, los cuales se muestran el siguiente cuadro:

Tabla 11: Desplazamientos laterales en la vivienda de adobe.

Plantas	Alturas	Desplazamientos Análisis Sísmico Estático XX	Desplazamientos Análisis Sísmico Estático YY
<b>Desplazamiento piso 1 Base</b>	2.40	4.23 mm	2.41 mm

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.5.5. Período fundamental de vibración de la estructura:

El período fundamental de la vivienda de adobe resultó 0.161 segundos, el cual se muestra en la siguiente figura:

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.161	0.1716	0.0021	0	0.1716	0.0021	0	0.0007
Modal	2	0.142	0.1269	0.109	0	0.2985	0.1111	0	0.0306
Modal	3	0.123	0.0509	0.2814	0	0.3494	0.3925	0	0.0664
Modal	4	0.114	0.0068	0.0409	0	0.3562	0.4334	0	0.0139
Modal	5	0.096	0.0194	0.0002	0	0.3756	0.4336	0	0.001
Modal	6	0.087	0.0007	0.1973	0	0.3764	0.6309	0	0.0948
Modal	7	0.083	0.0423	0.0227	0	0.4186	0.6535	0	0.0335
Modal	8	0.071	0.0277	0.0656	0	0.4463	0.7191	0	0.009
Modal	9	0.069	0.0002	0.0079	0	0.4465	0.727	0	0.0001
Modal	10	0.065	0.1282	0.0009	0	0.5747	0.7279	0	0.0448
Modal	11	0.063	0.1671	0.0271	0	0.7418	0.7549	0	0.0031
Modal	12	0.059	0.047	0.0191	0	0.7887	0.774	0	0.0392
Modal	13	0.055	0.0001	3.156E-06	0	0.7888	0.774	0	0.0152
Modal	14	0.052	0.0065	0.0013	0	0.7953	0.7753	0	0.008
Modal	15	0.049	0.0088	0.0036	0	0.8041	0.779	0	0.001

Figura 26: Período fundamental inicial de la estructura de adobe.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

#### 4.4.6. Resumen de resultados.

- La hipótesis específica 1: La respuesta sísmica en una vivienda de albañilería de adobe se analiza por el método sísmico estático y dinámico modal espectral contemplado en la norma técnica E.030.

Por lo tanto, para obtener la respuesta sísmica en una vivienda rural de adobe se usa el método sísmico estático, según lo establece la NT E.080 y NT E.030. Adicionalmente a esta consideración dicha norma técnica indica que para edificaciones ubicadas en la zona sísmica 3 (ubicación de la actual investigación) se permite sólo de un nivel. La respuesta sísmica de la vivienda de adobe resultó con los siguientes valores:

Tabla 12: Resumen de esfuerzos internos en muros de la vivienda de adobe.

<b>RESISTENCIA VIVIENDA DE ADOBE SIN REFUERZO</b>						
<b>ESFUERZOS INTERNOS MUROS EN XX (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
	<b>COMPRESIÓN</b>		<b>CORTANTE</b>		<b>TRACCIÓN</b>	
<b>MX1</b>	Sismo XX	1.16	Sismo XX	0.40	Sismo XX	0.88
	Sismo YY	2.25	Sismo YY	0.38	Sismo YY	0.45
<b>MX2 - MX3</b>	Sismo XX	2.11	Sismo XX	0.62	Sismo XX	1.09
	Sismo YY	2.34	Sismo YY	0.49	Sismo YY	0.55
<b>MX4 - MX5</b>	Sismo XX	2.85	Sismo XX	0.85	Sismo XX	0.97
	Sismo YY	1.86	Sismo YY	0.24	Sismo YY	0.36
<b>MX6</b>	Sismo XX	0.76	Sismo XX	0.38	Sismo XX	0.88
	Sismo YY	1.68	Sismo YY	0.50	Sismo YY	0.60

<b>RESISTENCIA VIVIENDA DE ADOBE SIN REFUERZO</b>						
<b>ESFUERZOS INTERNOS MUROS EN YY (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
	<b>COMPRESIÓN</b>		<b>CORTANTE</b>		<b>TRACCIÓN</b>	
<b>MY1</b>	Sismo XX	3.28	Sismo XX	0.59	Sismo XX	0.67
	Sismo YY	0.84	Sismo YY	0.37	Sismo YY	0.79
<b>MY2 - MY3</b>	Sismo XX	1.77	Sismo XX	0.16	Sismo XX	0.55
	Sismo YY	2.40	Sismo YY	0.70	Sismo YY	0.90
<b>MY4</b>	Sismo XX	1.69	Sismo XX	0.33	Sismo XX	1.02
	Sismo YY	1.14	Sismo YY	0.35	Sismo YY	0.81

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Resumen de derivas y desplazamientos de la vivienda de adobe.

<b>RIGIDEZ VIVIENDA DE ADOBE SIN REFUERZO</b>				
	<b>DERIVAS (mm/mm)</b>		<b>DESPLAZAMIENTOS (mm)</b>	
<b>1er piso</b>	Deriva XX	0.0045	Desp. XX	4.23
<b>1er piso</b>	Deriva YY	0.0026	Desp. YY	2.41

Fuente: Elaboración propia.

El período fundamental de vibración de la vivienda de adobe es 0.161 segundos.

## **4.5. Respuesta sísmica de la vivienda de albañilería confinada**

### **4.5.1. Descripción del proyecto**

Los muros de albañilería con espesores, amarre de cabeza ( $t=0.13$  m). Los muros están contruidos con ladrillos artesanales.

La cobertura es liviana a base de tijerales con travesaños de madera, unidas mediante correas de madera.

Los muros tienen una altura de 2.10 m, y una altura de 2.90 m en la zona del tímpano.

Los elementos de confinamiento cumplen con,  $L < 2h$ .

### **4.5.2. Propiedades de los materiales**

#### **Albañilería**

Ladrillo artesanal tipo III

Dimensiones: 0.13m x0.23m x0.09 m

Resistencia a la compresión ladrillo artesanal,  $f'm = 35\text{kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad para la albañilería  $E_m = 17\ 500\ \text{kg/cm}^2$

#### **Concreto**

Resistencia del concreto a compresión  $f'c = 175\ \text{kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad del concreto:  $15\ 000 \sqrt{175} = 198431.35\ \text{kg/cm}^2$

### **4.5.3. Modelo estructural**

El modelo estructural de la edificación se realizó con el software AutoCAD 2019, con el cual se pudo determinar la localización de las grillas (espaciamiento) idealizando los muros mediante líneas y posteriormente iniciar el modelado en el programa Etabs v.18.0.2.

La estructuración se realizó bajo en criterio sismorresistente, el cual se muestra en la siguiente figura.

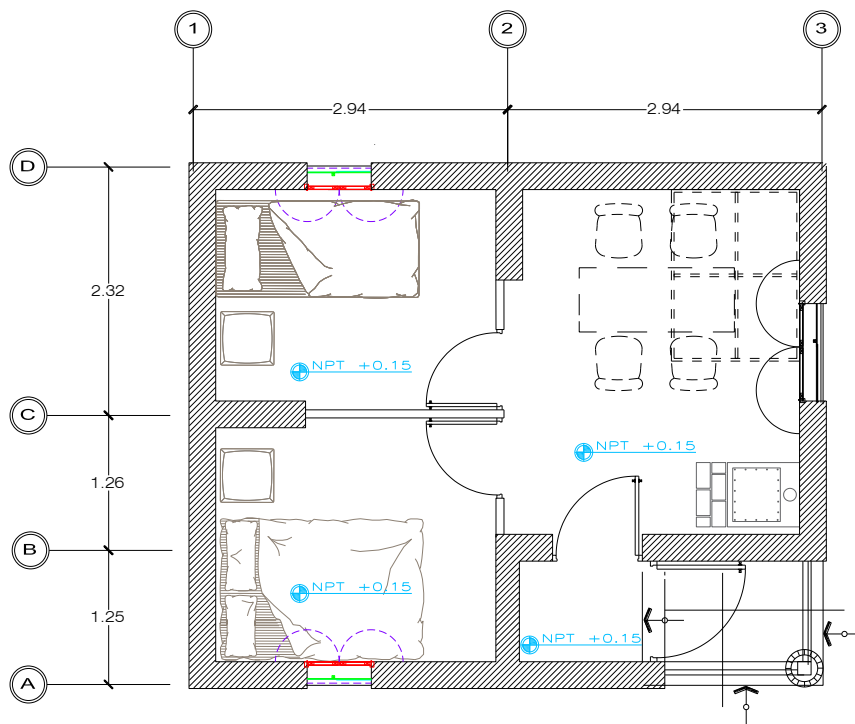


Figura 27: Ejes sismorresistentes vivienda con albañilería confinada.  
Fuente: Elaboración propia.

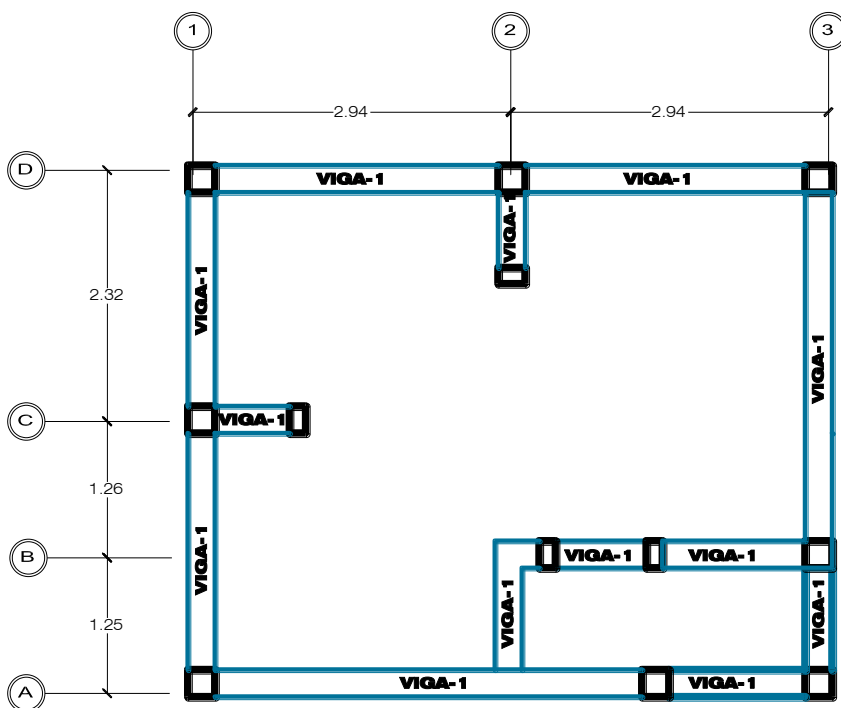


Figura 28: Estructuración sismorresistente viv. albañilería confinada.  
Fuente: Elaboración propia.

El modelamiento de la vivienda rural de albañilería confinada, se consigue considerando las propiedades descritas anteriormente.

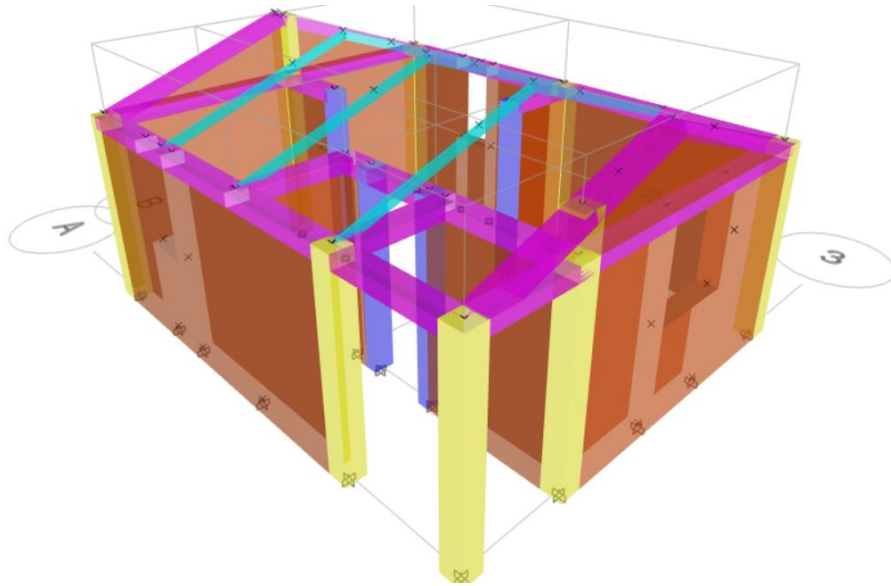


Figura 29: Modelamiento estructural - vivienda de albañilería confinada.

Fuente: Elaboración propia.

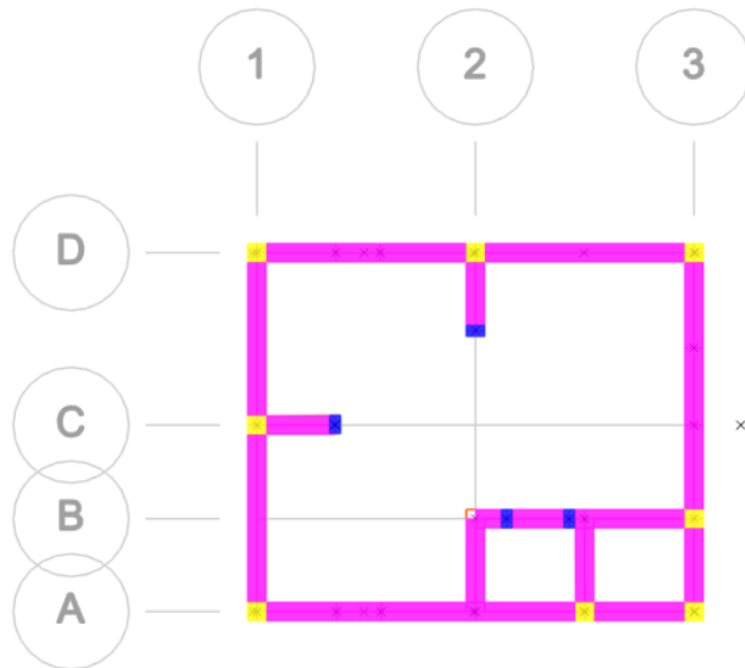


Figura 30: Modelamiento estructural en planta – albañilería confinada.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.4. Análisis estructural de la vivienda de albañilería confinada

El análisis estructural se realizó teniendo en consideración la NT E. 030, Anexo I, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

##### **Paso 1: Factor de zona “Z”**

De acuerdo con el mapa de zonificación sísmica, el factor de zona “Z” es 0.35.

Al igual que en la vivienda de adobe, la investigación se ubica en la zona sísmica 3 y según la (MVCS, 2019), le corresponde un factor de zona “Z” igual a 0.35.

Tabla 14: Factores de zona "Z", E.030.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: (MVCS, 2019)

##### **Paso 2: Perfil de suelo**

En función al estudio de mecánica de suelos, el perfil de suelo es “S2”.

##### **Paso 3: Parámetros de sitio S, Tp, TI**

Teniendo en cuenta la zonificación sísmica del paso 1 y el tipo de perfil del paso 2, se tiene un factor de suelo “S” de 1.15 y periodos Tp(s) de 0.6, y TI(s) de 2.0.

Teniendo en cuenta el tipo de perfil obtenido en el estudio de mecánica de suelos, y según la (MVCS, 2019), se tiene un factor de suelo “S” de 1.15 y periodos Tp(s) de 0.6, y TI(s) de 2.0.

Tabla 15: Factor de suelo "S", E.030

SUELO ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: (MVCS, 2019)



Tabla 16: Períodos "Tp" y "Tl", E.030

	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>L</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: (MVCS, 2019)

**Paso 4: Función factor de amplificación sísmica C versus período T**

El factor de amplificación sísmica "C", se determinó en base a fórmulas dadas en la (MVCS, 2019) y está en función al período fundamental de la estructura.

Para graficar la función, se usó la NT E. 030, con el cual se obtuvo lo siguiente:

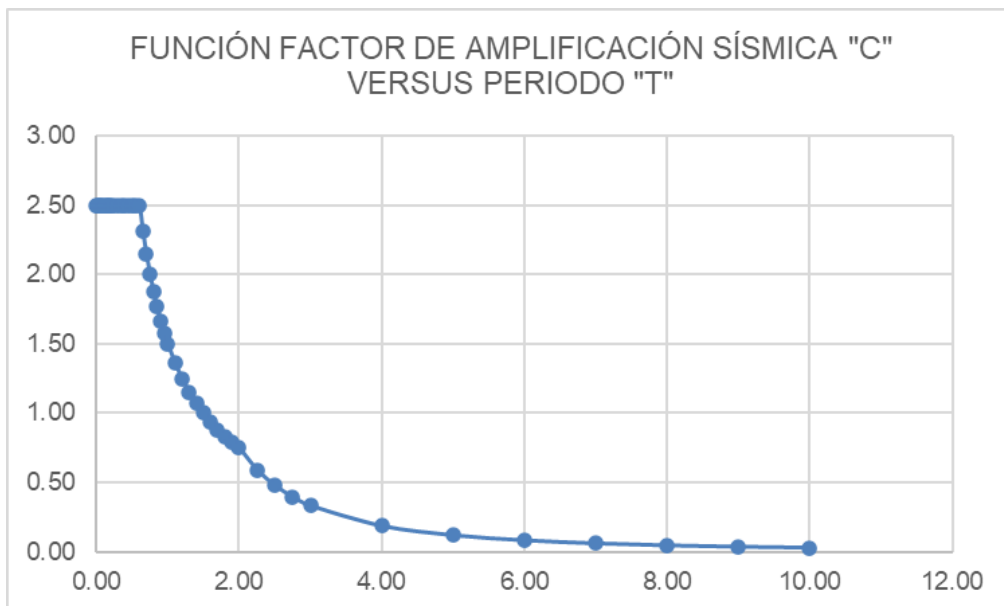


Figura 31: Función factor de amplificación sísmica "C" versus período "T".

Fuente: Elaboración propia.

**Paso 5: Categoría de la edificación y factor de uso**

El factor de uso para la categoría C (edificaciones comunes), es de U=1.

La categoría de la vivienda rural, corresponde a edificaciones comunes, cuyo factor de uso "U" es igual a 1.0.

Tabla 17: Categoría de las edificaciones y facto de uso (U), E.030

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR <i>U</i>
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0

Fuente: (MVCS, 2019)

### **Paso 6: Sistema estructural**

Según la (MVCS, 2019), el sistema estructural es de albañilería confinada.

Teniendo en cuenta la categoría de la vivienda, la zonificación sísmica y el sistema estructural de albañilería, según la (MVCS, 2019), permite el empleo de cualquier sistema estructural.

Tabla 18: Categoría y sistema estructural de las edificaciones. E.030

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Estructuras de madera Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: (MVCS, 2019)

### **Paso 7: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas**

Según la (MVCS, 2019), tiene un valor de  $R_o=3$ .

El coeficiente básico de reducción “ $R_o$ ” de las fuerzas sísmicas, según la (MVCS, 2019), para albañilería armada o confinada es de 3.

Tabla 19: Coeficiente básico de reducción y sistemas estructurales, E.030.

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	<b>3</b>

Fuente: (MVCS, 2019)

La regularidad estructural se basa en la norma técnica E.030, y se plasma en el desarrollo del análisis.

### **Paso 8: Factores de irregularidad**

El factor de irregularidad en altura tuvo un valor de  $I_a=1$ .

El factor de irregularidad en planta tuvo un valor de  $I_p=1$ .

### **Paso 9: Restricciones a la irregularidad**

Según la (MVCS, 2019), tabla N°10, la restricción para la categoría "C" y zona sísmica 3, no permite irregularidades extremas.

### **Paso 10: Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas**

Se determinó como  $R=R_0 \cdot I_a \cdot I_p=3$ , de acuerdo a lo establecido por la (MVCS, 2019).

### **Paso 11: Modelos de análisis**

Para el modelo matemático de la vivienda de albañilería, se consideró las propiedades de las secciones brutas, sin tomar en cuenta la fisuración y el refuerzo.

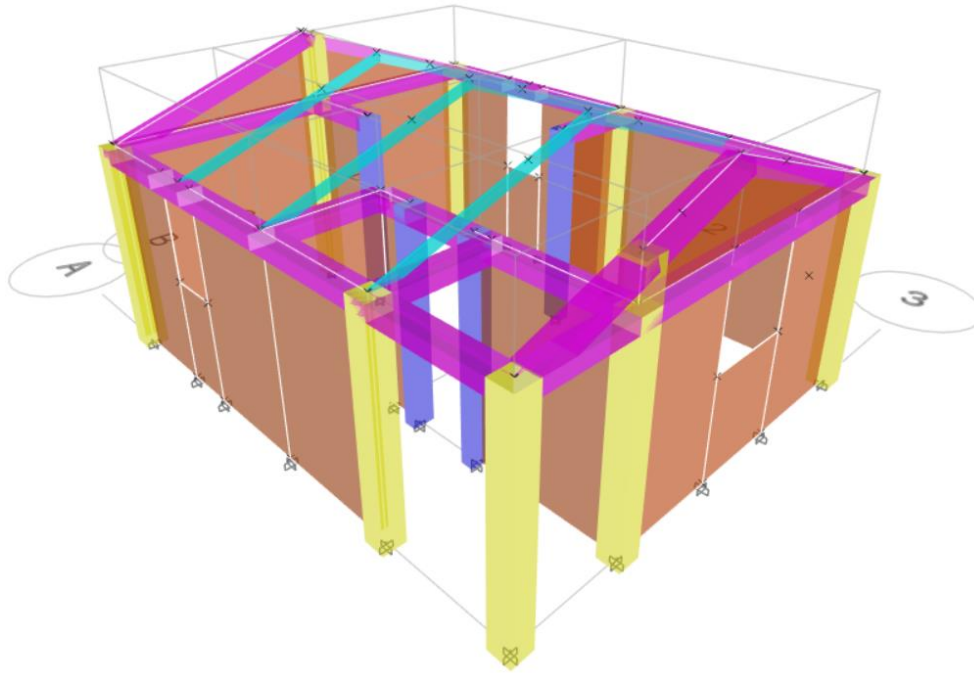


Figura 32: Modelo de análisis.

Fuente: Elaboración propia.

## **Paso 12: Estimación del peso P**

La estimación del peso “P” se determinó adicionando a la carga permanente y total de la edificación de categoría “C”, el 25% de la carga viva o sobrecarga.

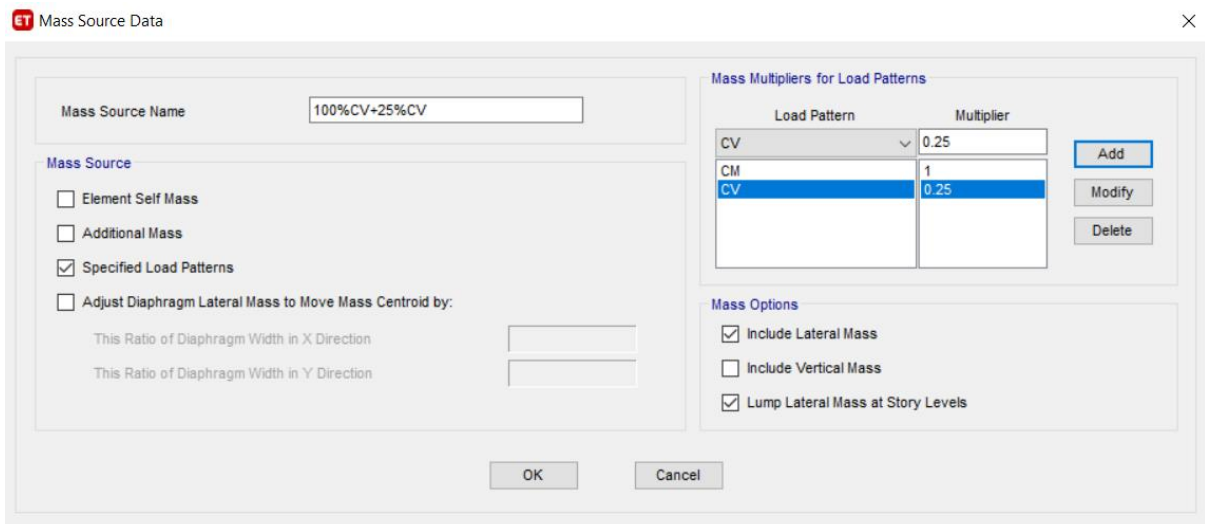


Figura 33: Definición del peso sísmico en el software Etabs.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

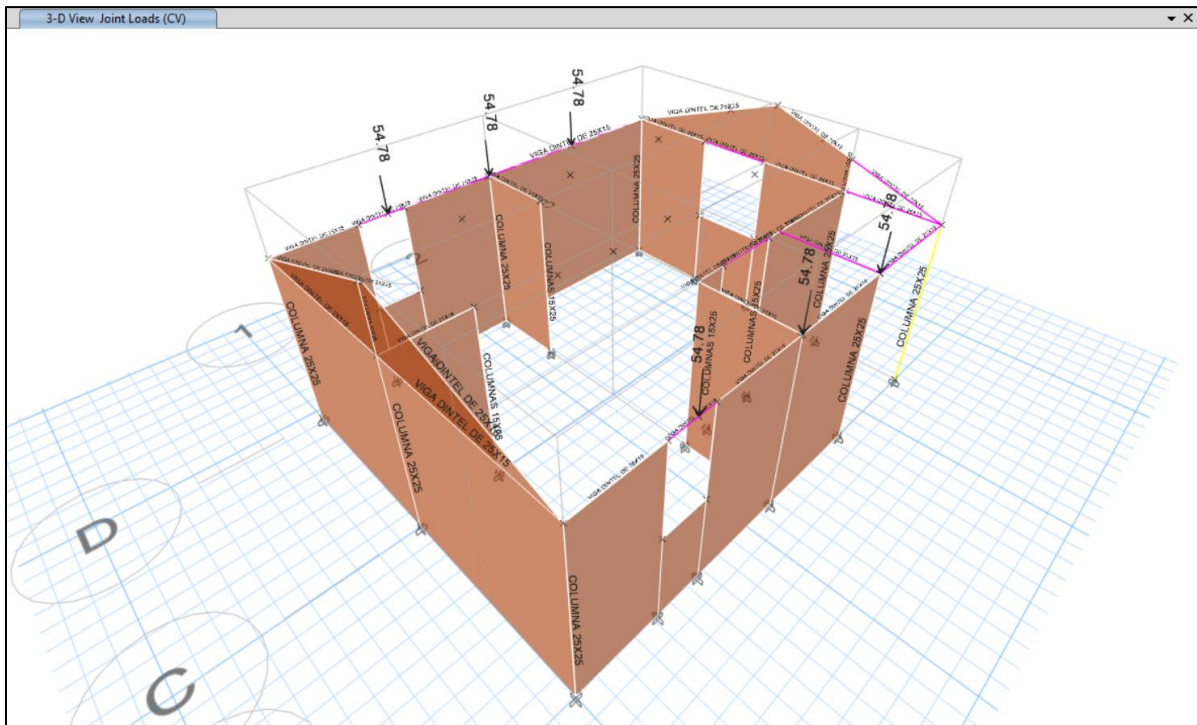


Figura 34: Asignación de cargas vivas de techo (CV).

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

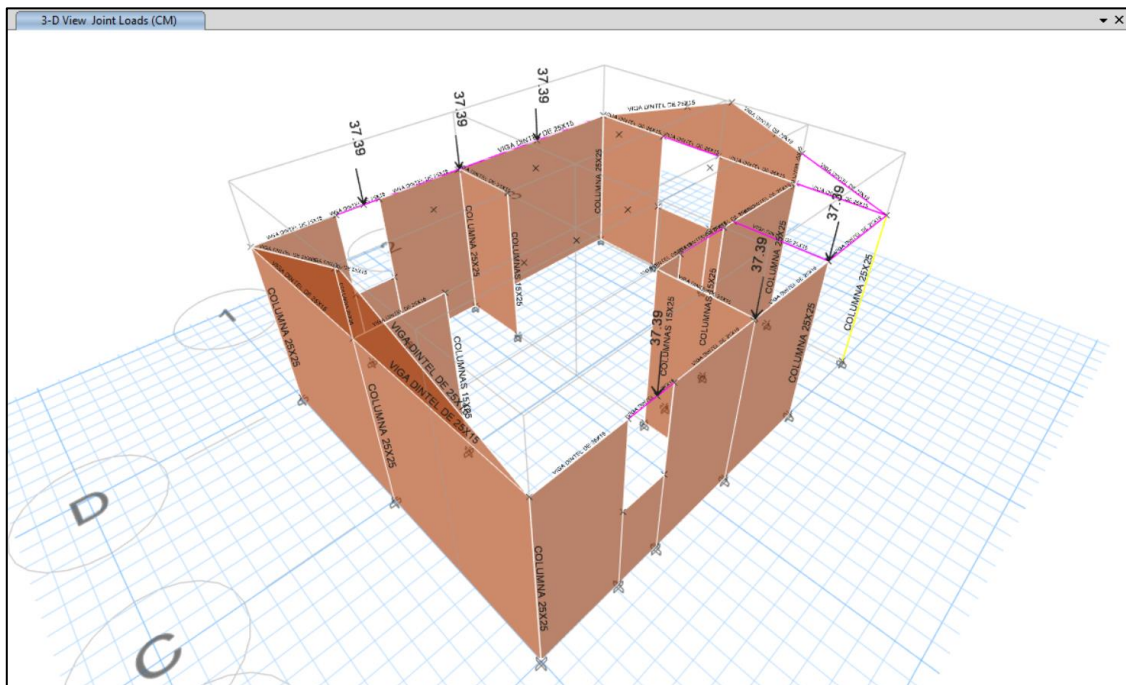


Figura 35: Asignación de cargas muertas de techo (CM).

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

	Story	UX kgf-s <sup>2</sup> /m	UY kgf-s <sup>2</sup> /m	UZ kgf-s <sup>2</sup> /m
▶	NIVEL TÍMPANO	97.93	97.93	0
	1ER NIVEL	695.33	695.33	0
	VANO INF	758.35	758.35	0
	Base	130.06	130.06	0

Figura 36: Resumen de masa por piso.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

Por tanto, la masa sísmica resultante es la suma del 1er nivel y nivel tímpano  $97.93+1,453.68 = 1,551.61$  kgf-s<sup>2</sup>/m. Por lo tanto, el peso sísmico es de **15.22 Tn**.

### Paso 13: Procedimientos de análisis sísmico

#### Densidad de muros

Se verifica la densidad mínima de muros.

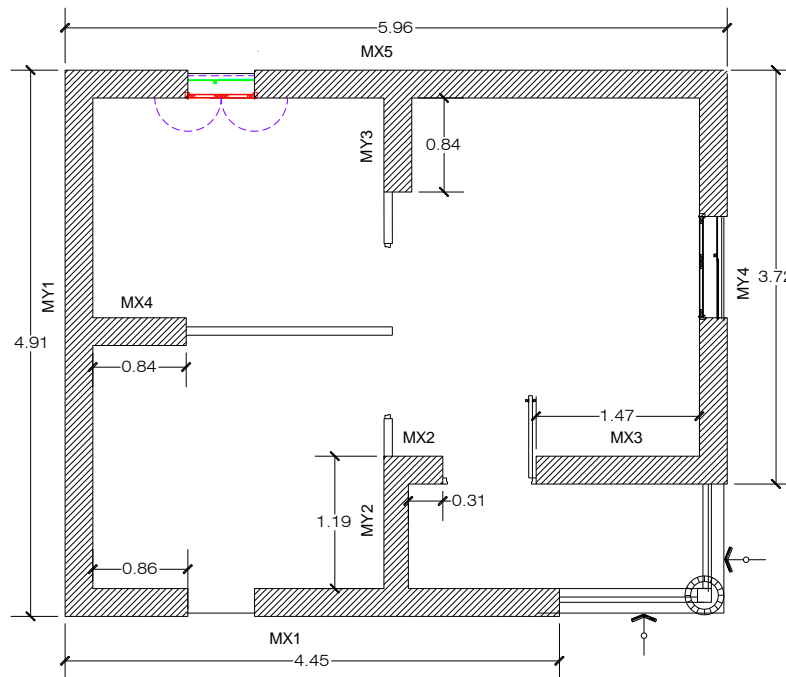


Figura 37: Verificación de la densidad de muros.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Densidad de muros en la dirección XX.

MUROS	NÚMERO	t(m)	L(m)	A(m2)
MX1	1	0.23	4.45	1.02
MX2	1	0.23	0.31	0.07
MX3	1	0.23	1.47	0.34
MX4	1	0.23	0.84	0.19
MX5	1	0.23	5.96	1.37
Área en planta (m2) =	29.26		Suma =	3.00
			Densidad X =	0.10 Ok
			Densidad mín.=	0.01 (E.070)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Esfuerzo máximo axial, en la dirección YY.

MUROS	NÚMERO	t(m)	L(m)	A(m2)
MY1	1	0.23	4.91	1.13
MY2	1	0.23	1.19	0.27
MY3	1	0.23	0.84	0.19
MY4	1	0.23	3.72	0.86
Área en planta (m2) =	29.26		Suma =	2.45
			Densidad X =	0.08 Ok
			Densidad mín.=	0.01 (E.070)

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis estático

Determinación del período fundamental de la estructura.



Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.108	0.0665	0.0045	0	0.0665	0.0045	0	2.084E-06
Modal	2	0.089	0.0017	0.0004	0	0.0682	0.0049	0	0.0004
Modal	3	0.086	0.0662	0.0048	0	0.1344	0.0098	0	0.0001
Modal	4	0.08	0.0901	0.068	0	0.2244	0.0778	0	0.0011
Modal	5	0.073	0.0219	0.1071	0	0.2463	0.1849	0	0.0399
Modal	6	0.071	0.0167	0.0915	0	0.263	0.2764	0	0.0181
Modal	7	0.069	0.0129	0.1193	0	0.2758	0.3957	0	0.0458
Modal	8	0.054	0.0199	0.0002	0	0.2958	0.3959	0	0.0521
Modal	9	0.052	0.0262	0.0057	0	0.3219	0.4016	0	0.0235
Modal	10	0.049	0.0002	0.0066	0	0.3221	0.4082	0	0.0084
Modal	11	0.046	0.0149	0.0007	0	0.337	0.4089	0	0.0019
Modal	12	0.045	0.0226	0.0117	0	0.3596	0.4206	0	0.0132
Modal	13	0.043	0.0177	0.0018	0	0.3773	0.4224	0	0.0013
Modal	14	0.042	0.0104	0.0008	0	0.3877	0.4232	0	0.0003
Modal	15	0.04	0.008	0.0019	0	0.3957	0.4251	0	0.003

Figura 38: Período fundamental de la estructura.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

El factor de amplificación sísmica, se determinó según la (MVCS, 2019), con lo cual se obtuvo  $C_{xx}=C_{yy}=2.50$ .

La evaluación del valor C/R para ambas direcciones, resultó un valor igual a 0.833, el cual es mayor a 0.125, y por tanto cumple con lo dispuesto por la E.030.

Para la definición de las cargas sísmicas estáticas, se determinó el valor de ZUCS/R, para cada dirección de análisis, obteniendo el valor de 0.335 y un factor exponencial de distribución  $K=1$ .

Figura 39: Patrones de carga para el análisis sísmico estático - XX.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.



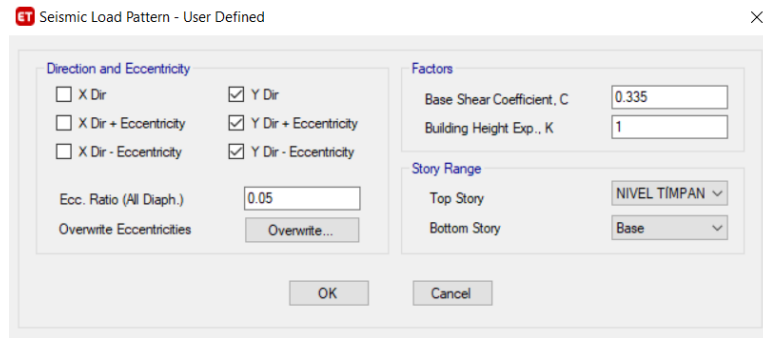


Figura 40: Patrones de carga para el análisis sísmico estático - YY.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

Para la determinar el cortante estático en la base, se usó el peso sísmico calculado en el paso 12, el cual tiene un valor de 15.22 Tn. Entonces el cortante estático en la base  $V_{xx} = V_{yy} = 0.335 \cdot 15.22 \text{ Tn} = 5.10 \text{ Tn}$ .

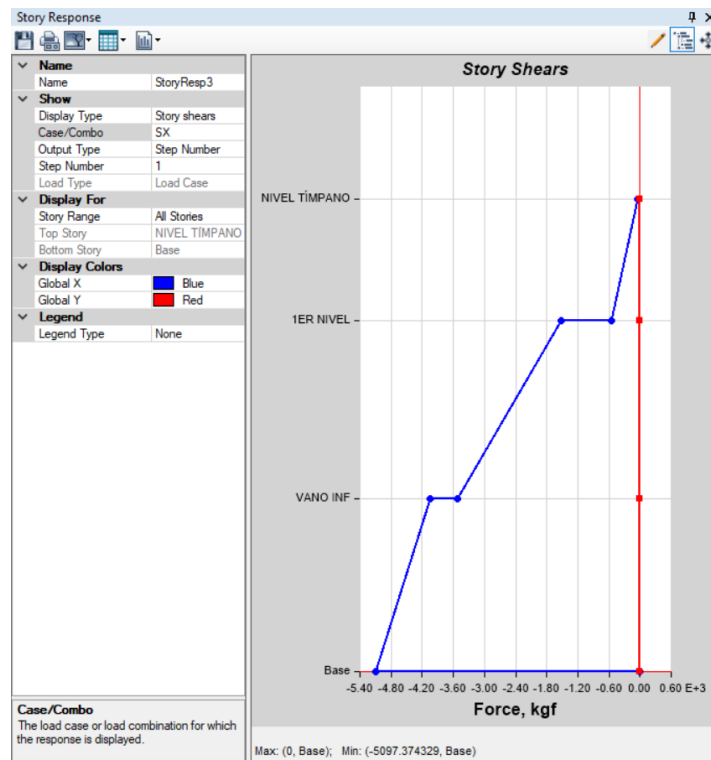


Figura 41: Distribución de la fuerza cortante estática por piso - XX.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

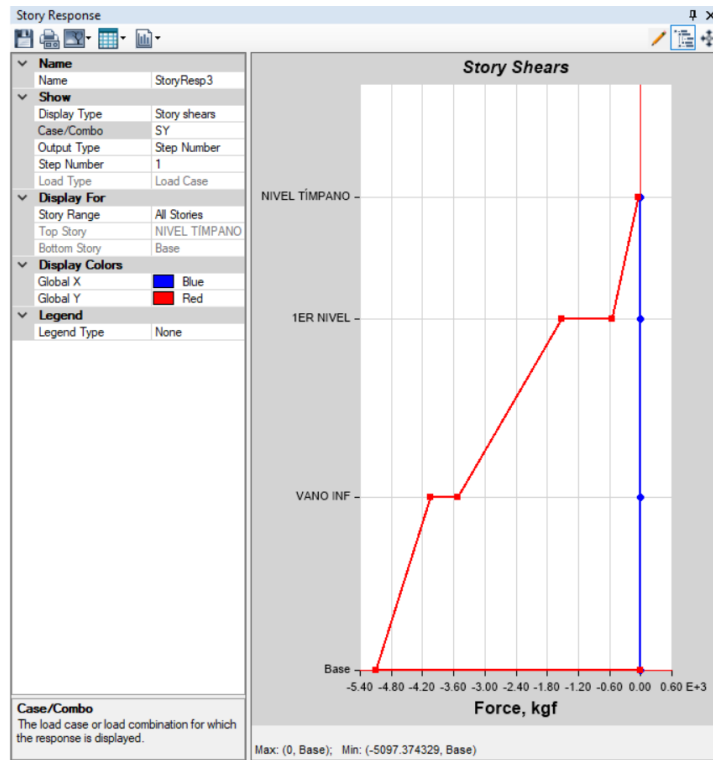


Figura 42: Distribución de la fuerza cortante estática por piso - YY.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

### Análisis dinámico

La definición de la función del espectro de respuesta, se tomó en cuenta los parámetros sísmicos dados en la norma técnica E.030.

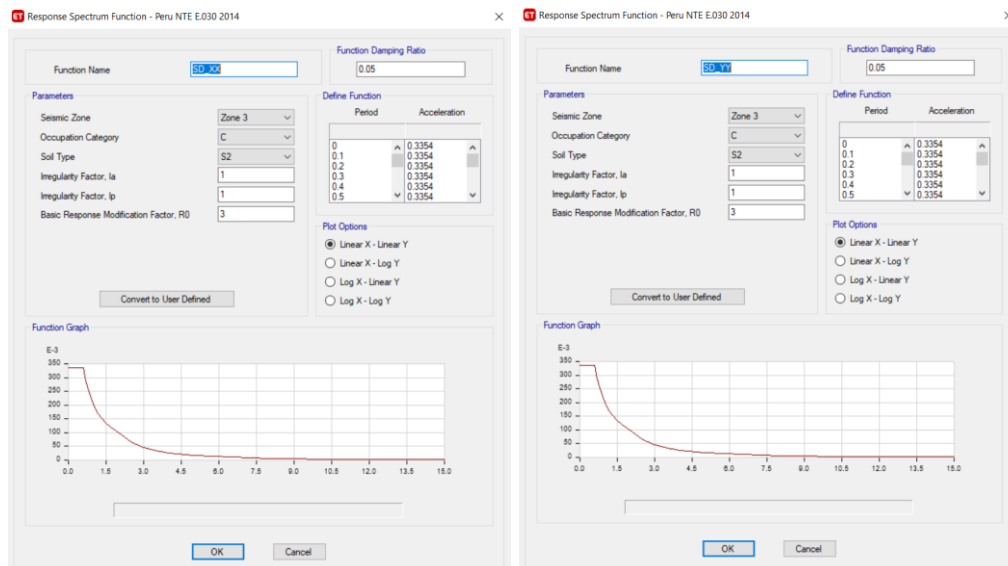


Figura 43: Función espectro de respuesta del análisis dinámico XX-YY.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

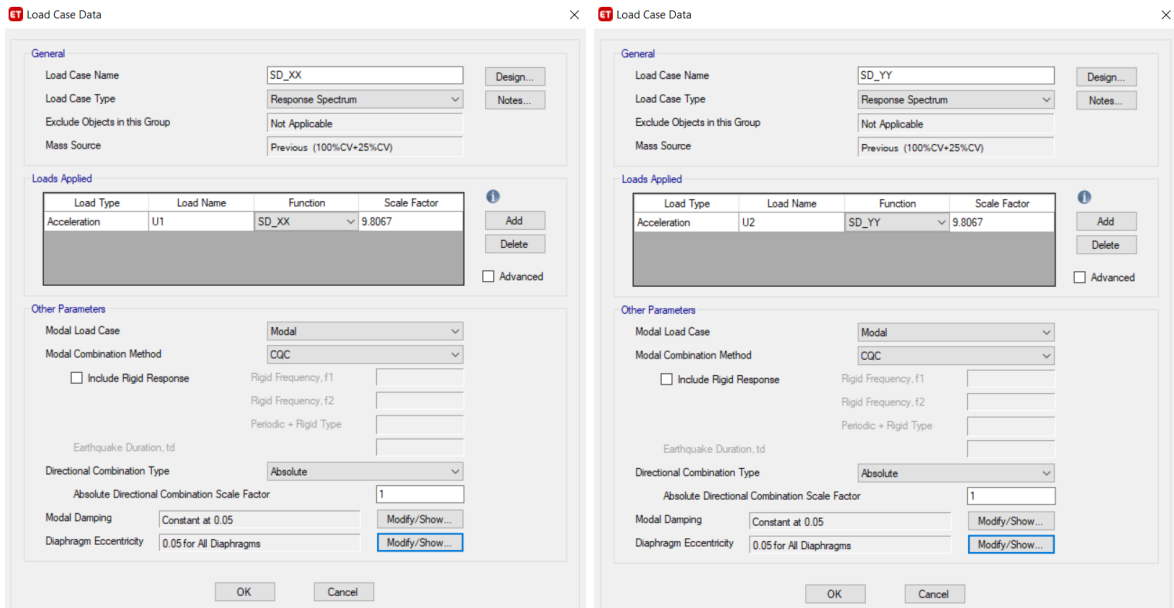


Figura 44: Definición de los casos de carga del análisis dinámico XX-YY.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

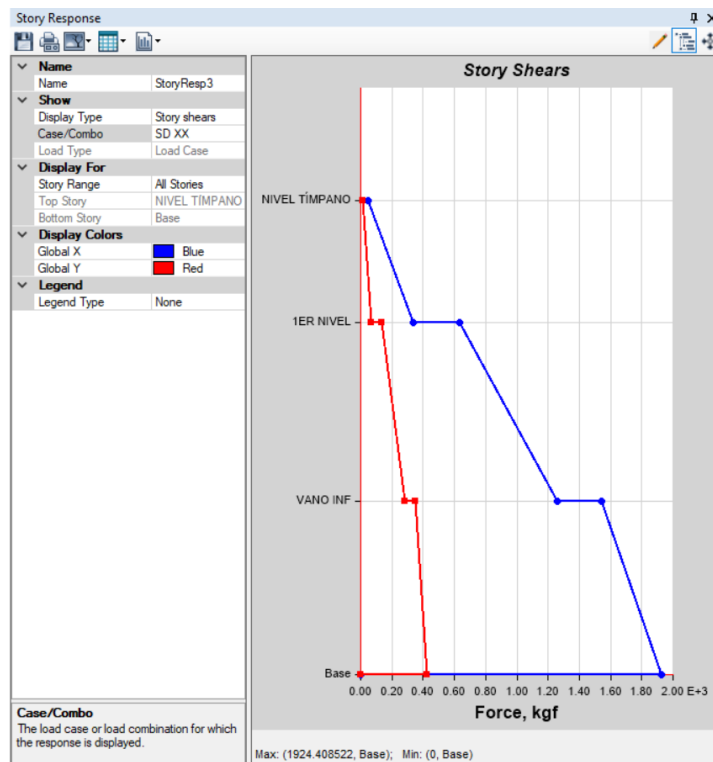


Figura 45: Distribución de la fuerza cortante dinámica por piso – XX.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

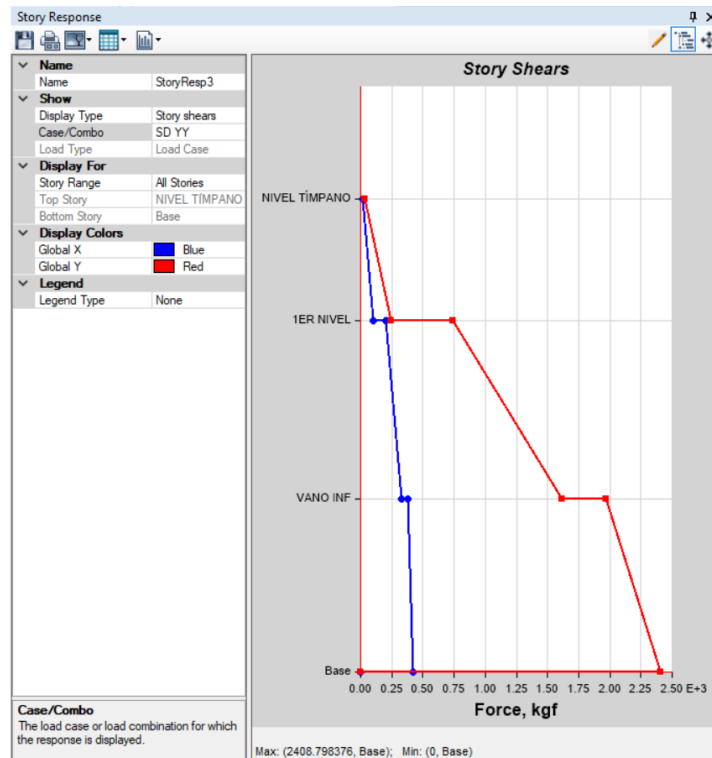


Figura 46: Distribución de la fuerza cortante dinámica por piso – YY.

Fuente: Elaboración propia. Extraído del software Etabs.

El cortante dinámico en la dirección XX,  $V_{xx} = 1.93 \text{ Tn}$

El cortante dinámico en la dirección YY,  $V_{yy} = 2.41 \text{ Tn}$ .

#### 4.5.5. Resultados de la respuesta sísmica de la vivienda de albañilería confinada.

##### 4.5.5.1. Fuerza cortante basal:

La fuerza cortante basal resultó en ambas direcciones **5.10 Tn** (valor máximo análisis estático).

##### 4.5.5.2. Esfuerzos internos:

###### Esfuerzos por compresión en la dirección XX

Los esfuerzos por compresión para los muros de albañilería confinada en la dirección XX, se muestra en el siguiente cuadro:

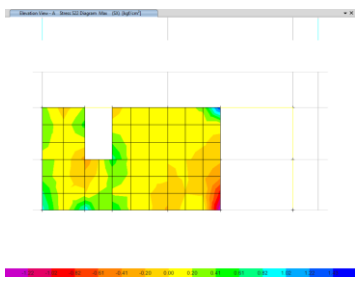
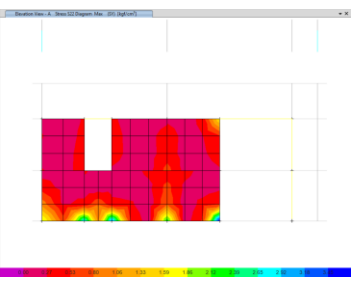
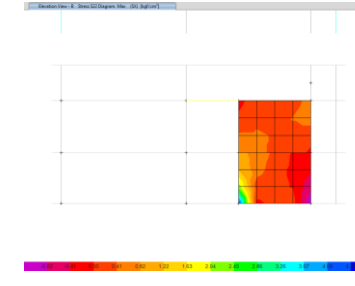
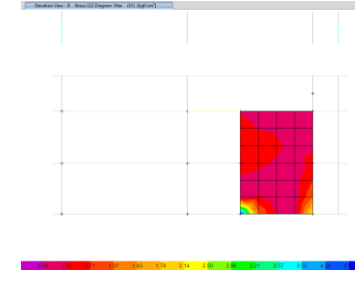
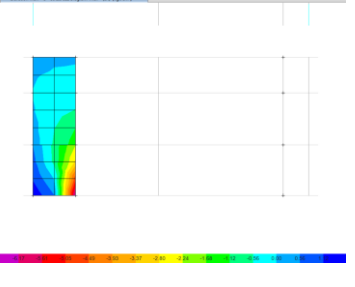
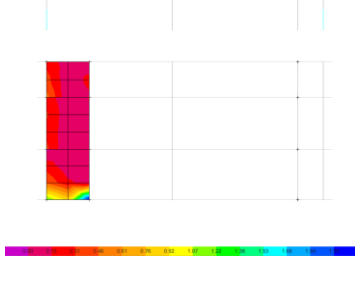
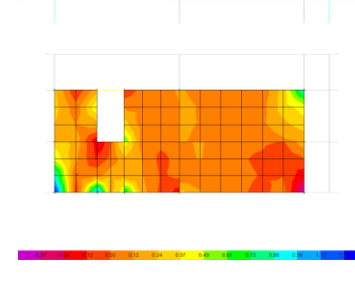
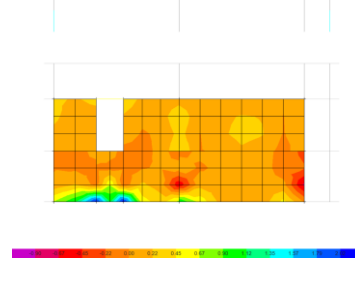
Elementos en la dirección XX	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
MX1		1.45		3.61
MX2 - MX3		4.40		4.70
MX4		6.45		2.13
MX5		1.28		2.18

Figura 47: Esfuerzos por compresión de muros en la dirección XX.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

### Esfuerzos por compresión en la dirección YY

Los esfuerzos por compresión para los muros de albañilería confinada en la dirección YY, se muestra en el siguiente cuadro:

Elementos en la dirección YY	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por compresión (Kg/cm2)	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por compresión (Kg/cm2)
MY1		3.91		1.23
MY2 - MY3		2.19		4.40
MY4		5.20		1.57

Figura 48: Esfuerzos por compresión de muros en la dirección YY.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

### Esfuerzos por cortante en la dirección XX

Los esfuerzos por cortante para los muros de albañilería confinada en la dirección XX, se muestra en el siguiente cuadro:

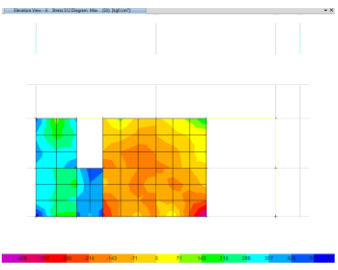
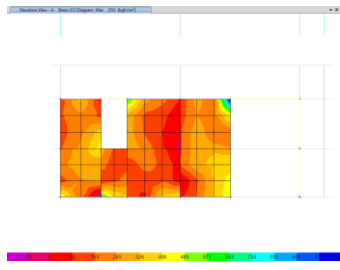
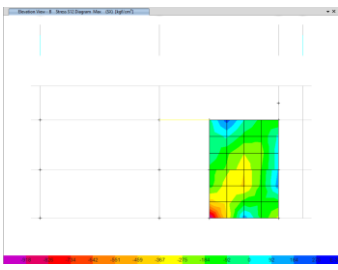
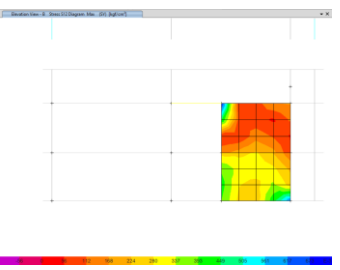
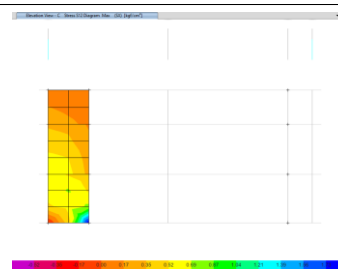
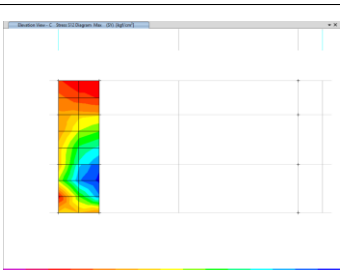
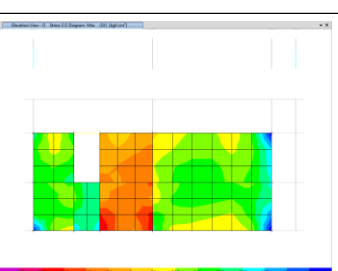
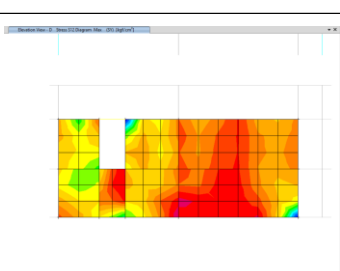
Elementos en la dirección XX	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por cortante (Kg/cm <sup>2</sup> )
MX1		0.55		1.06
MX2 - MX3		0.97		0.70
MX4		1.89		0.37
MX5		0.73		0.78

Figura 49: Esfuerzos por cortante de muros en la dirección XX.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

### Esfuerzos por cortante en la dirección YY

Los esfuerzos por cortante para los muros de albañilería confinada en la dirección YY, se muestra en el siguiente cuadro:

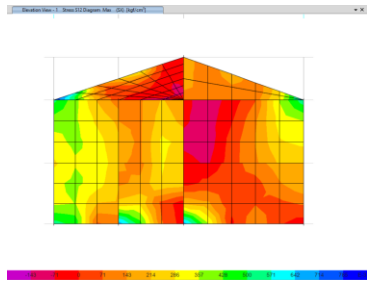
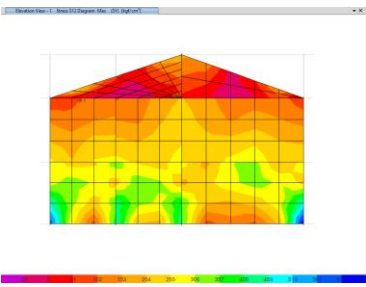
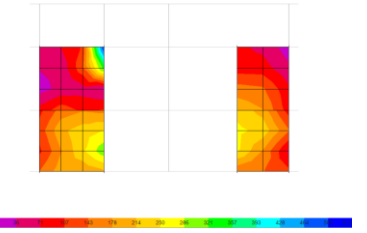
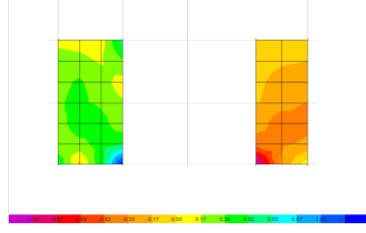
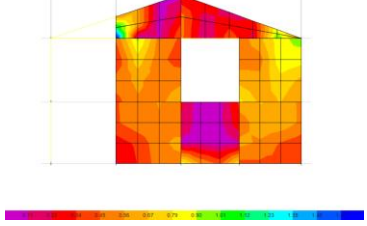
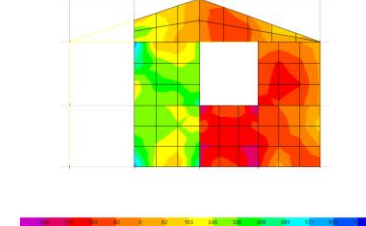
Elementos en la dirección YY	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por cortante (Kg/cm2)	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por cortante (Kg/cm2)
MY1		0.80		0.66
MY2 - MY3		0.51		1.31
MY4		1.67		0.79

Figura 50: Esfuerzos por cortante de muros en la dirección YY.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

### Esfuerzos por tracción en la dirección XX

Los esfuerzos por tracción para los muros de albañilería confinada en la dirección XX, se muestra en el siguiente cuadro:



Elementos en la dirección XX	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )
MX1		1.97		4.22
MX2 - MX3		2.57		3.71
MX4		2.23		1.63
MX5		3.90		4.43

Figura 51: Esfuerzos por tracción de muros en la dirección XX.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

## Esfuerzos por tracción en la dirección YY

Los esfuerzos por tracción para los muros de albañilería confinada en la dirección YY, se muestra en el siguiente cuadro:

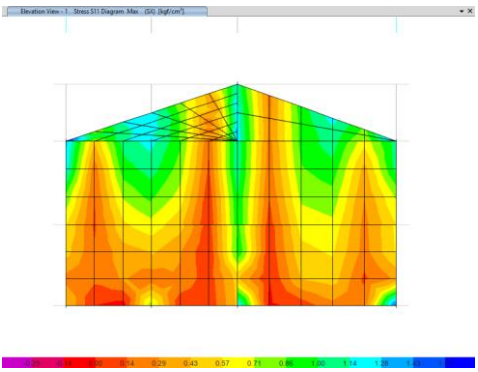
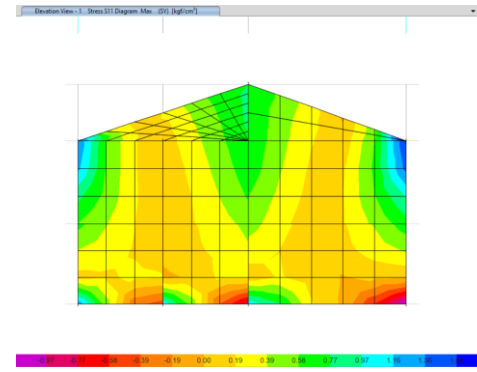
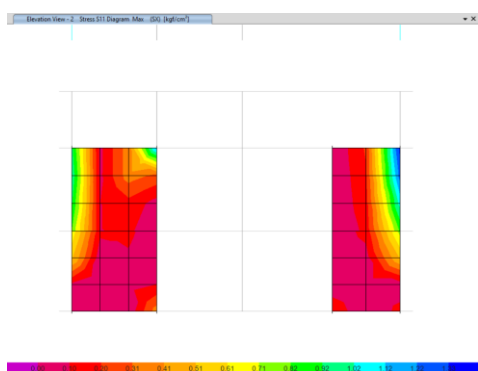
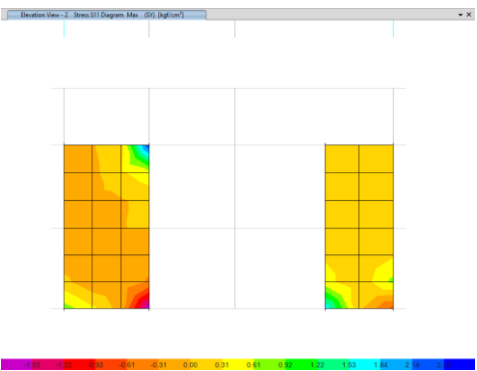
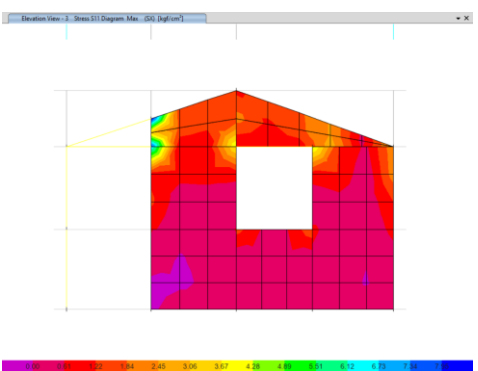
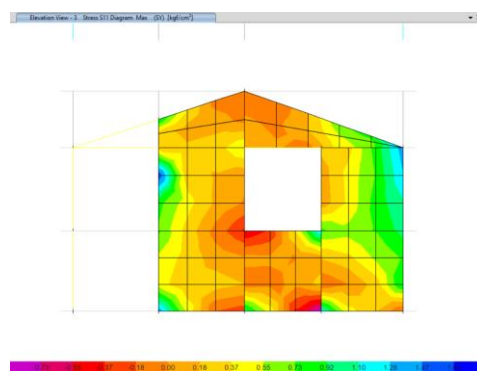
Elementos en la dirección YY	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por tracción (Kg/cm2)	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por tracción (Kg/cm2)
MY1		1.60		1.71
MY2 - MY3		1.36		2.44
MY4		8.43		1.68

Figura 52: Esfuerzos por tracción de muros en la dirección YY.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

#### 4.5.5.3. Derivas:

La distorsión de entrepiso o deriva de la estructura, cumple con lo exigido por la norma técnica E.030.

Tabla 22: Desplazamientos inelásticos producto del análisis estático.

DESPLAZAMIENTOS INELÁSTICOS EN X-X - ANÁLISIS ESTÁTICO									
Plantas	Alturas	Desplazamiento del centro de masa (mm)	Deriva elástica	Factor	Rxx	R (inelástico)	Deriva inelástica	Deriva E.030	Condición
<b>Desplazamiento piso 1 Base</b>	2.40	2.260000	0.000942	0.7500	3.00	2.25	<b>0.0021</b>	0.0050	Cumple

DESPLAZAMIENTOS INELÁSTICOS EN Y-Y - ANÁLISIS ESTÁTICO									
Plantas	Alturas	Desplazamiento del centro de masa (mm)	Deriva elástica	Factor	Ryy	R (inelástico)	Deriva inelástica	Deriva E.030	Condición
<b>Desplazamiento piso 1 Base</b>	2.40	1.600000	0.000667	0.7500	3.00	2.25	<b>0.0015</b>	0.0050	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Desplazamientos inelásticos producto del análisis dinámico.

DESPLAZAMIENTOS INELÁSTICOS EN X-X - ANÁLISIS DINÁMICO									
Plantas	Alturas	Desplazamiento del centro de masa (mm)	Deriva elástica	Factor	Rxx	R (inelástico)	Deriva inelástica	Deriva E.030	Condición
<b>Desplazamiento piso 1 Base</b>	2.40	1.600000	0.000667	0.7500	3.00	2.25	<b>0.0015</b>	0.0050	Cumple

DESPLAZAMIENTOS INELÁSTICOS EN Y-Y - ANÁLISIS DINÁMICO									
Plantas	Alturas	Desplazamiento del centro de masa (mm)	Deriva elástica	Factor	Ryy	R (inelástico)	Deriva inelástica	Deriva E.030	Condición
<b>Desplazamiento piso 1 Base</b>	2.40	1.010000	0.000421	0.7500	3.00	2.25	<b>0.0009</b>	0.0050	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.5.4. Desplazamientos laterales

Los desplazamientos laterales producto de la rigidez de la estructura, resultaron mínimos, los cuales se muestran el siguiente cuadro:

Tabla 24: Desplazamientos laterales en la vivienda de albañilería confinada.

Plantas	Alturas	Desplazamientos Análisis Sísmico Estático XX	Desplazamientos Análisis Sísmico Dinámico XX	Desplazamientos Análisis Sísmico Estático YY	Desplazamientos Análisis Sísmico Dinámico YY
<b>Desplazamiento piso 1 Base</b>	2.40	2.26 mm	1.60 mm	0.87 mm	1.01 mm

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.5.5. Período fundamental de vibración de la estructura

El período fundamental de la vivienda de albañilería confinada resultó 0.108 segundos, el cual se muestra en la siguiente figura:

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.108	0.0665	0.0045	0	0.0665	0.0045	0	2.084E-06
Modal	2	0.089	0.0017	0.0004	0	0.0682	0.0049	0	0.0004
Modal	3	0.086	0.0662	0.0048	0	0.1344	0.0098	0	0.0001
Modal	4	0.08	0.0901	0.068	0	0.2244	0.0778	0	0.0011
Modal	5	0.073	0.0219	0.1071	0	0.2463	0.1849	0	0.0399
Modal	6	0.071	0.0167	0.0915	0	0.263	0.2764	0	0.0181
Modal	7	0.069	0.0129	0.1193	0	0.2758	0.3957	0	0.0458
Modal	8	0.054	0.0199	0.0002	0	0.2958	0.3959	0	0.0521
Modal	9	0.052	0.0262	0.0057	0	0.3219	0.4016	0	0.0235
Modal	10	0.049	0.0002	0.0066	0	0.3221	0.4082	0	0.0084
Modal	11	0.046	0.0149	0.0007	0	0.337	0.4089	0	0.0019
Modal	12	0.045	0.0226	0.0117	0	0.3596	0.4206	0	0.0132
Modal	13	0.043	0.0177	0.0018	0	0.3773	0.4224	0	0.0013
Modal	14	0.042	0.0104	0.0008	0	0.3877	0.4232	0	0.0003
Modal	15	0.04	0.008	0.0019	0	0.3957	0.4251	0	0.003

Figura 53: Período fundamental de la estructura de albañilería confinada.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

#### 4.5.6. Resumen de resultados.

- La hipótesis específica 2: La respuesta sísmica en una vivienda de albañilería confinada se analiza por el método sísmico estático y dinámico modal espectral contemplado en la norma técnica E-030

En el análisis estructural de los modelos en estudio se realizaron según lo establecido en la norma E-030 Diseño sismorresistente, donde en su Anexo I, establece el empleo tanto del método sísmico estático como el método sísmico dinámico, así mismo se menciona el procedimiento adecuado para el respectivo análisis estructural. Por lo tanto, para la respuesta sísmica en una vivienda bioclimática de albañilería confinada se usa el método sísmico estático y el método sísmico dinámico, según lo establece la (MVCS, 2019). La respuesta sísmica de la vivienda de albañilería confinada resultó con los siguientes valores:

Tabla 25: Resumen de esfuerzos internos en muros para la vivienda de albañilería confinada.

<b>RESISTENCIA ALBAÑILERÍA CONFINADA</b>						
<b>ESFUERZOS INTERNOS MUROS EN XX (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
	<b>COMPRESIÓN</b>		<b>CORTANTE</b>		<b>TRACCIÓN</b>	
<b>MX1</b>	Sismo XX	1.45	Sismo XX	0.55	Sismo XX	1.97
	Sismo YY	3.61	Sismo YY	1.06	Sismo YY	4.22
<b>MX2 - MX3</b>	Sismo XX	4.40	Sismo XX	0.97	Sismo XX	2.57
	Sismo YY	4.70	Sismo YY	0.70	Sismo YY	3.71
<b>MX4 - MX5</b>	Sismo XX	6.45	Sismo XX	1.89	Sismo XX	2.23
	Sismo YY	2.13	Sismo YY	0.37	Sismo YY	1.63
<b>MX6</b>	Sismo XX	1.28	Sismo XX	0.73	Sismo XX	3.90
	Sismo YY	2.18	Sismo YY	0.78	Sismo YY	4.43
<b>RESISTENCIA ALBAÑILERÍA CONFINADA</b>						
<b>ESFUERZOS INTERNOS MUROS EN YY (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
	<b>COMPRESIÓN</b>		<b>CORTANTE</b>		<b>TRACCIÓN</b>	
<b>MY1</b>	Sismo XX	3.91	Sismo XX	0.80	Sismo XX	1.60
	Sismo YY	1.23	Sismo YY	0.66	Sismo YY	1.71
<b>MY2 - MY3</b>	Sismo XX	2.19	Sismo XX	0.51	Sismo XX	1.36
	Sismo YY	4.40	Sismo YY	1.31	Sismo YY	2.44
<b>MY4</b>	Sismo XX	5.20	Sismo XX	1.67	Sismo XX	8.43
	Sismo YY	1.57	Sismo YY	0.79	Sismo YY	1.68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Resumen de derivas y desplazamientos para la vivienda de albañilería confinada.

RIGIDEZ VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA				
DERIVAS (mm/mm)			DESPLAZAMIENTOS (mm)	
1er piso	Deriva XX	0.0021	Desp. XX	2.26
1er piso	Deriva YY	0.0015	Desp. YY	1.60

Fuente: Elaboración propia.

El período fundamental de vibración de la vivienda de albañilería confinada es 0.108 segundos.

#### 4.6. Reforzamiento de la vivienda de adobe

##### 4.6.1. Determinación de los puntos críticos a reforzar

Los resultados de la respuesta sísmica de la vivienda de adobe sin reforzar se plasman en la siguiente imagen, a fin de determinar los puntos críticos a reforzar.

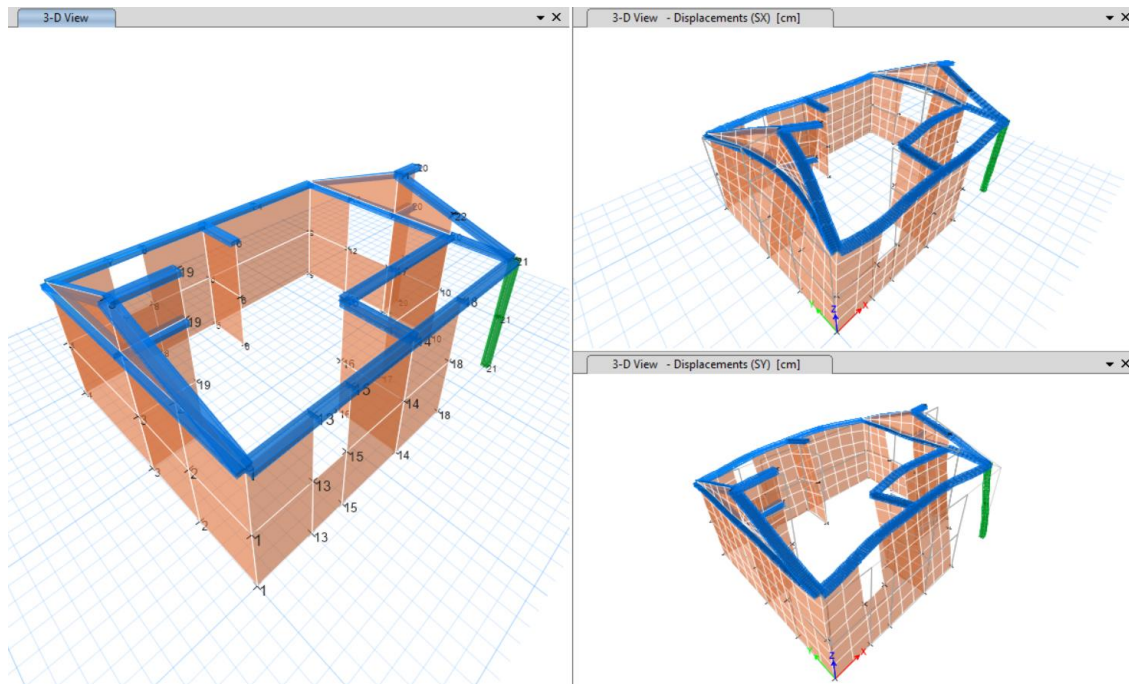


Figura 54: Vista ilustrativa de la respuesta sísmica sin reforzamiento.

Fuente: Extraído del software Etabs.

La figura ilustra la respuesta sísmica de la vivienda de adobe sin reforzamiento, en las direcciones XX e YY, a fin de ver la localización de los desplazamientos máximos.

### Puntos críticos de reforzamiento

Para determinar los puntos críticos de reforzamiento se seleccionó aquellos de máximo desplazamiento, en ambas direcciones. Los cuales según la figura se encuentran en la parte central de muros largo, vanos, zona de ingreso a la vivienda y tímpanos.

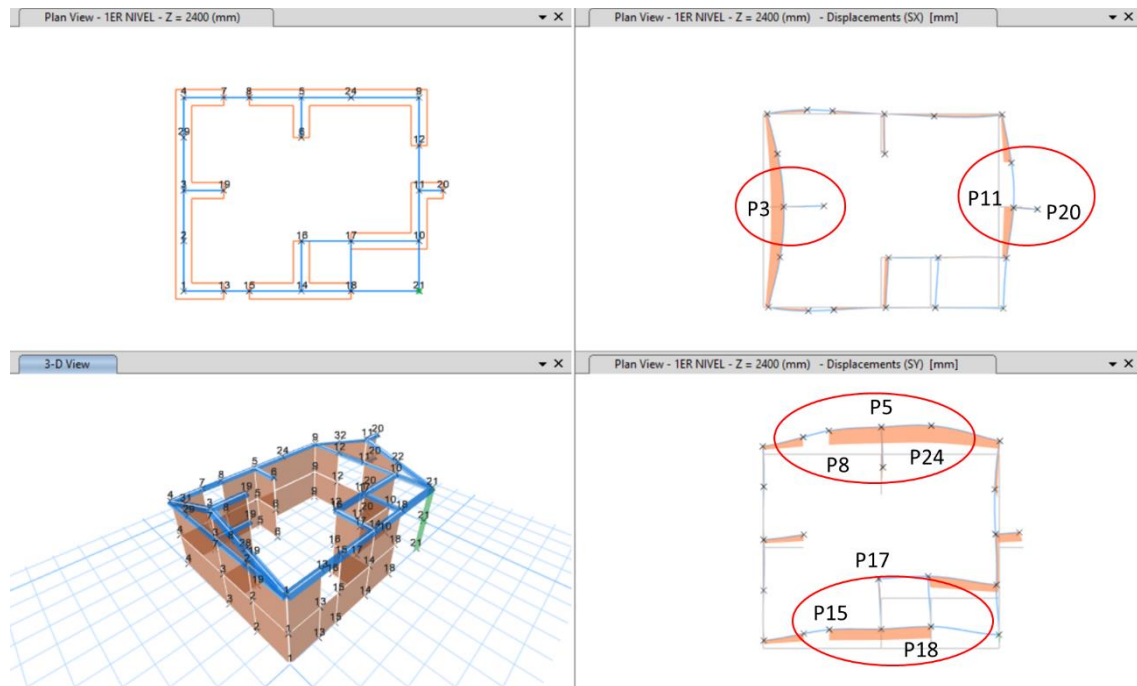


Figura 55: Puntos críticos que requieren reforzamiento.

Fuente: Extraído del software Etabs.

## 4.6.2. Proceso iterativo de análisis estructural

### Primer proceso iterativo de análisis con reforzamiento

A fin de lograr una respuesta sísmica similar al de la vivienda de albañilería confinada, se realizó una primera selección de los puntos críticos, teniendo en consideración que se debe obtener unos desplazamientos menores a 2.26 mm en la dirección XX, y 1.60 mm en la dirección YY. Para lo cual se realizó un primer

análisis estructural, incorporando contrafuertes de 0.60 m con las mismas propiedades del muro de adobe, en los puntos 3, 15 y 18.

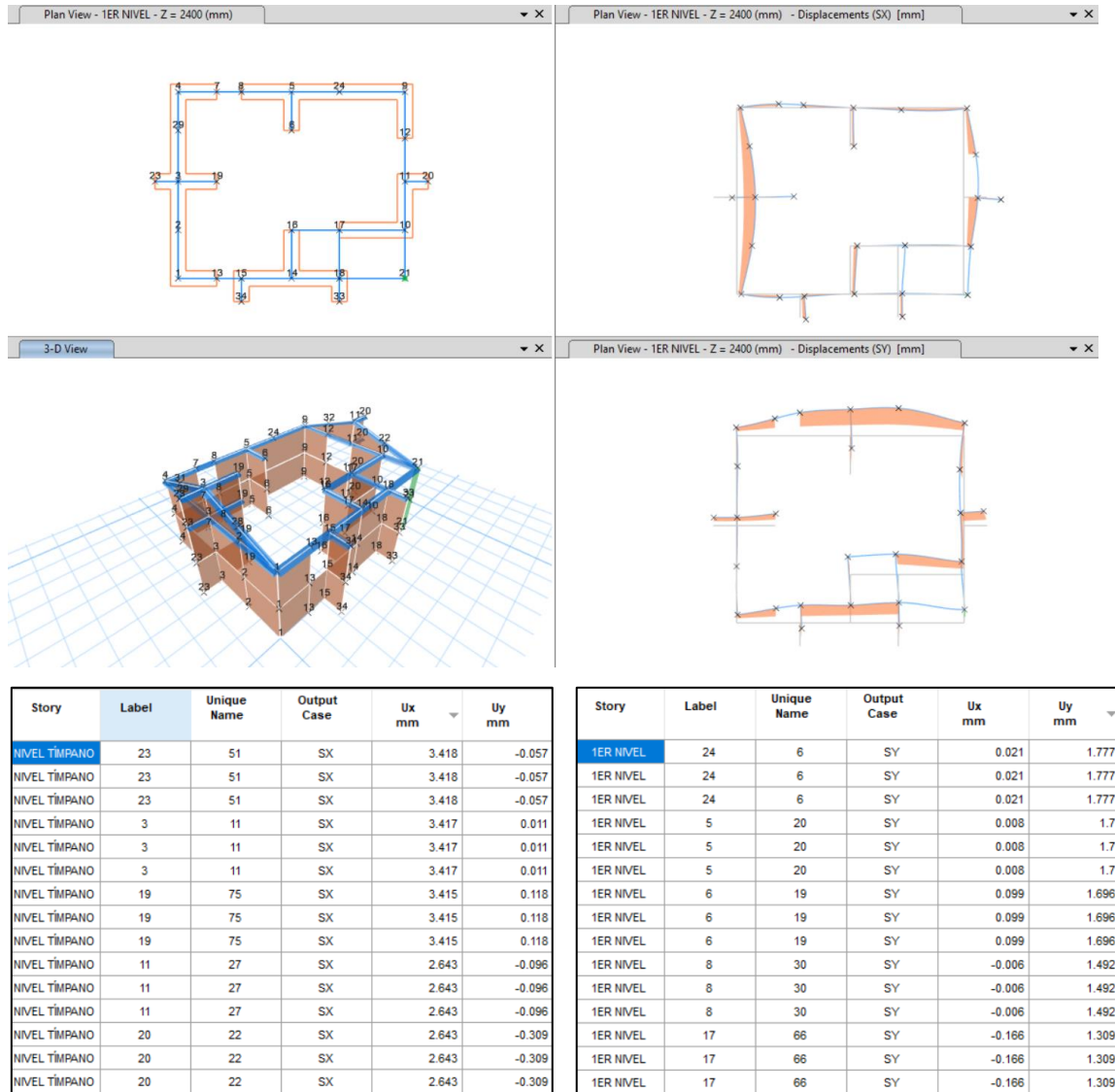


Figura 56: Puntos críticos producto de la primera iteración.

Fuente: Extraído del software Etabs.

Reforzando los puntos críticos 3, 15 y 18 mediante contrafuertes de 0.60 m, se obtiene un desplazamiento máximo de 3.42 mm en la dirección XX (punto crítico 23 localizado en el tímpano), y 1.77 mm en la dirección YY (punto crítico 24 localizado en la parte media del muro largo), en consecuencia, se requiere una segunda iteración.



## Segundo proceso iterativo de análisis con reforzamiento

Se realizó un segundo análisis estructural, incorporando contrafuertes de 0.60 m con las mismas propiedades del muro de adobe, en los puntos 8, 5 y 24.

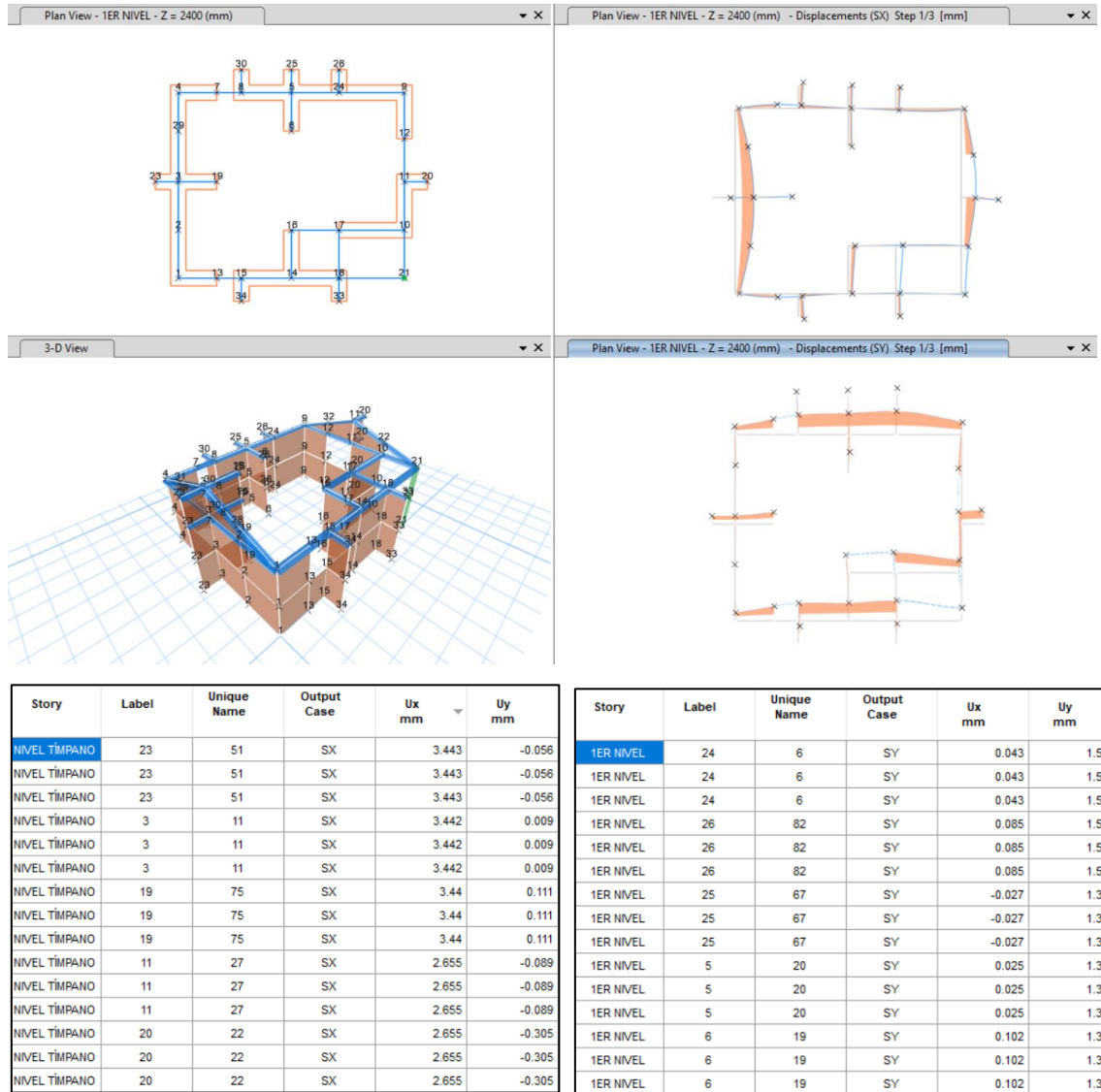


Figura 57: Puntos críticos producto de la segunda iteración.

Fuente: Extraído del software Etabs.

Reforzando los puntos críticos 8, 5 y 24 mediante contrafuertes de 0.60 m, se obtiene un desplazamiento máximo de 3.44 mm en la dirección XX (punto crítico 23 localizado en el tímpano), y 1.53 mm en la dirección YY (punto crítico 24 localizado en la parte media del muro largo), en consecuencia, se requiere una tercera iteración.

### Tercer proceso iterativo de análisis con reforzamiento

Se realizó un tercer análisis estructural, incorporando además de la viga collar un dispersor de madera ubicado en el nivel inferior de vanos de ventanas, y listones de madera de 2"x2" vertical ubicados en el encuentro de muros y vanos.

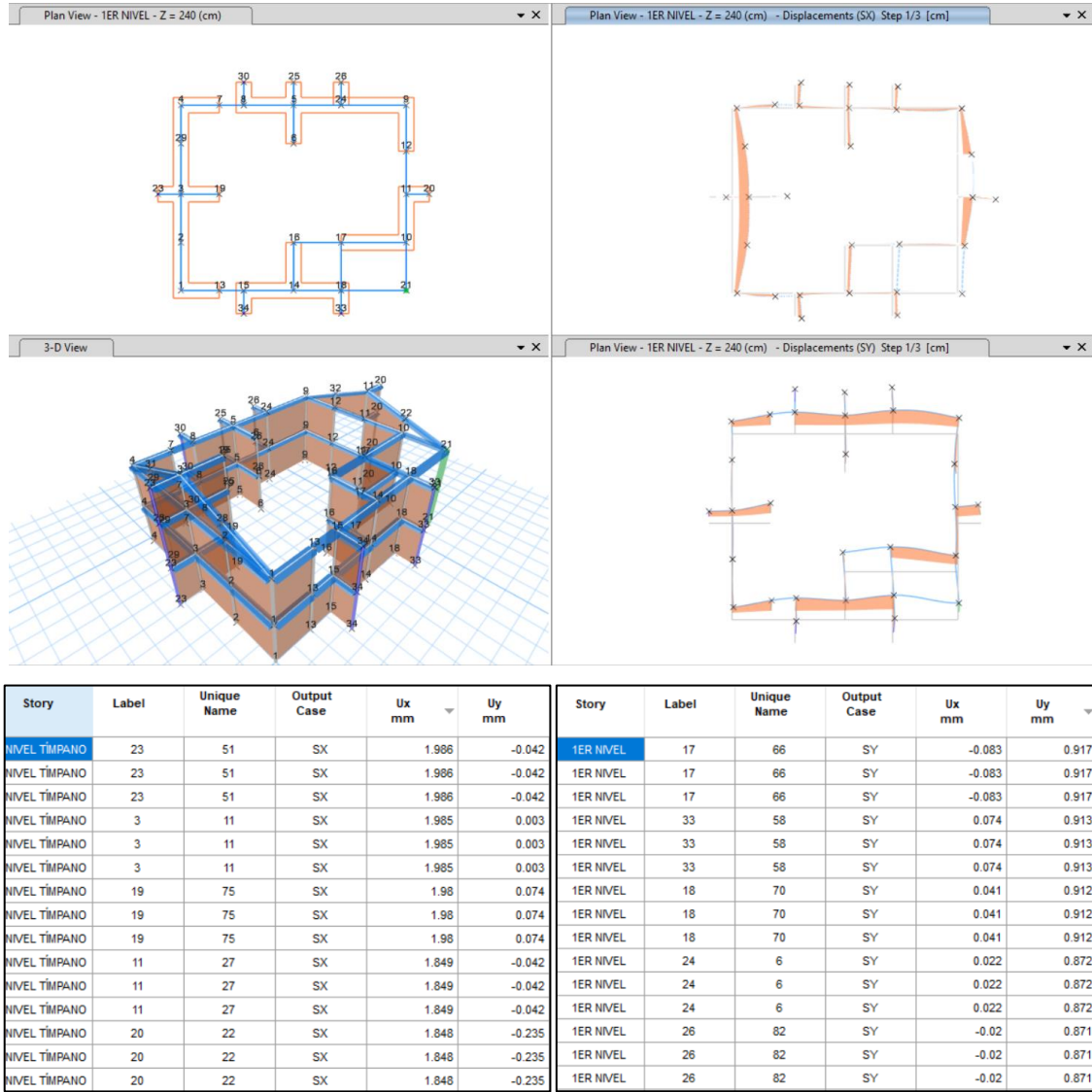


Figura 58: Puntos críticos producto de la tercera iteración.

Fuente: Extraído del software Etabs.

Reforzando los encuentros de muros y vanos, mediante listones verticales de madera de 2"x2", y adicionando un dispersor de madera en el nivel inferior de vanos de ventanas, se obtiene un desplazamiento máximo de 1.98 mm en la dirección XX (punto crítico 23 localizado en el tímpano), y 0.92 mm en la dirección YY (punto

crítico 17 localizado en el área de ingreso a la vivienda), ambos valores de desplazamientos están por debajo respecto a la vivienda de albañilería confinada. Por lo tanto, se completará el análisis estructural con dicho planteamiento.

#### 4.6.3. Análisis estructural de la vivienda con reforzamiento final

##### Paso 1: Factor de zona “Z”

De acuerdo con el mapa de zonificación sísmica de la NT E.030, el factor de zona “Z” es 0.35.

Tabla 27: Zona sísmica, Anexo II de la NT E.030

PUNO	ACORA	3	DOCE DISTRITOS
	ATUNCOLLA		
	CHUCUITO		
	HUATA		
	MAÑAZO		
	PAUCARCOLLA		
	PICHACANI		
	PLATERIA		
	PUNO		
	SAN ANTONIO		
	TIQUILLACA		
	VILQUE		

Fuente: (MVCS, 2017)

##### Paso 2: Factor de suelo

En función a los parámetros sísmicos descritos para la vivienda de adobe, el factor de suelo es de 1.4.

Según (MVCS, 2017), el factor de suelo para la presente investigación teniendo en cuenta la capacidad portante de 1.39 kg/cm<sup>2</sup>, le corresponde un factor de suelo “S” de 1.4.

Tabla 28: Factor de suelo, según NT E.080

Tipo	Descripción	Factor de suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 kg.f/cm <sup>2</sup>	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02kg.f/cm <sup>2</sup>	1,4

Fuente: (MVCS, 2017)

### **Paso 3: Factor de uso y densidad**

En función a los parámetros sísmicos descritos para la vivienda de adobe, el factor de uso es 1.0, y la densidad mínima es de 8%.

Según (MVCS, 2017), para la presente investigación se tiene un factor de uso de 1.0, por lo tanto, una densidad de muros del 8%.

Tabla 29: Factor de uso y densidad según el tipo de edificación NTE.080

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

Fuente: (MVCS, 2017)

### **Paso 4: Coeficiente sísmico**

En función a los parámetros sísmicos descritos para la vivienda de adobe, el coeficiente sísmico  $C = 0.20$ .

Tabla 30: Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada. E.080

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)
4	0,25
3	0,20
2	0,15
1	0,10

Fuente: (MVCS, 2017)

### **Paso 5: Sistema estructural**

Según la (MVCS, 2019), el sistema estructural es de albañilería con unidades de adobe.

### **Paso 6: Modelos de análisis**

Para el modelo matemático de la vivienda de adobe, se consideró las propiedades de las secciones brutas ignorando la fisuración y el refuerzo.

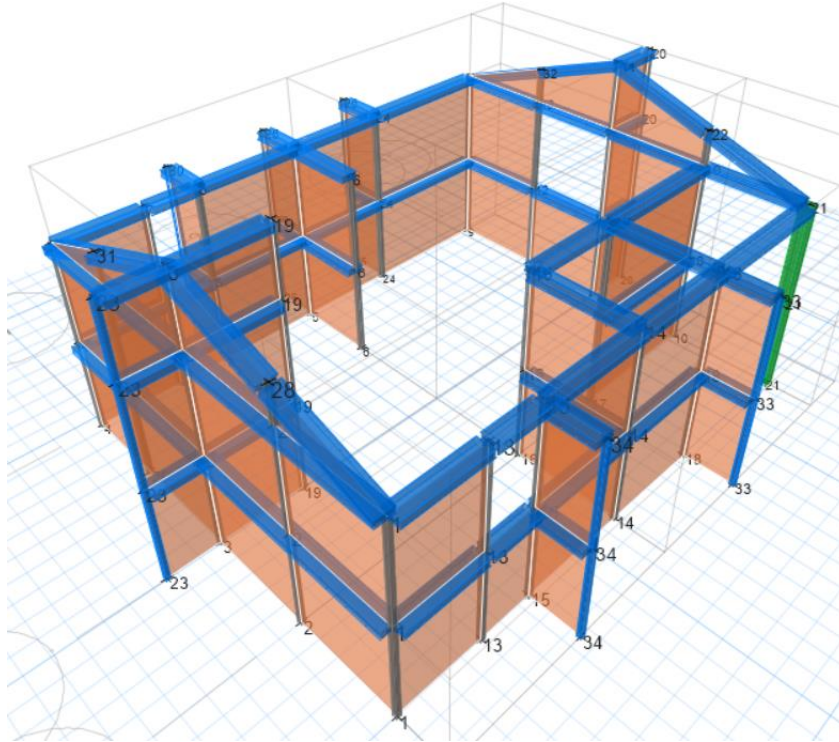


Figura 59: Modelo de análisis, vivienda con reforzamiento.

Fuente: Elaboración propia

### **Paso 7: Estimación del peso P**

La estimación del peso “P” se determinó adicionando a la carga permanente y total, el 50% de la carga viva o sobrecarga, de acuerdo con la norma técnica E.080.

Mass Source Name: 100%CV+50%CV

**Mass Source**

- Element Self Mass
- Additional Mass
- Specified Load Patterns
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
  - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:
  - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

**Mass Multipliers for Load Patterns**

Load Pattern	Multiplier
CV	0.50
CM	1
CV	0.50

**Mass Options**

- Include Lateral Mass
- Include Vertical Mass
- Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

Figura 60: Definición del peso sísmico en el software Etabs.

Fuente: Elaboración propia.

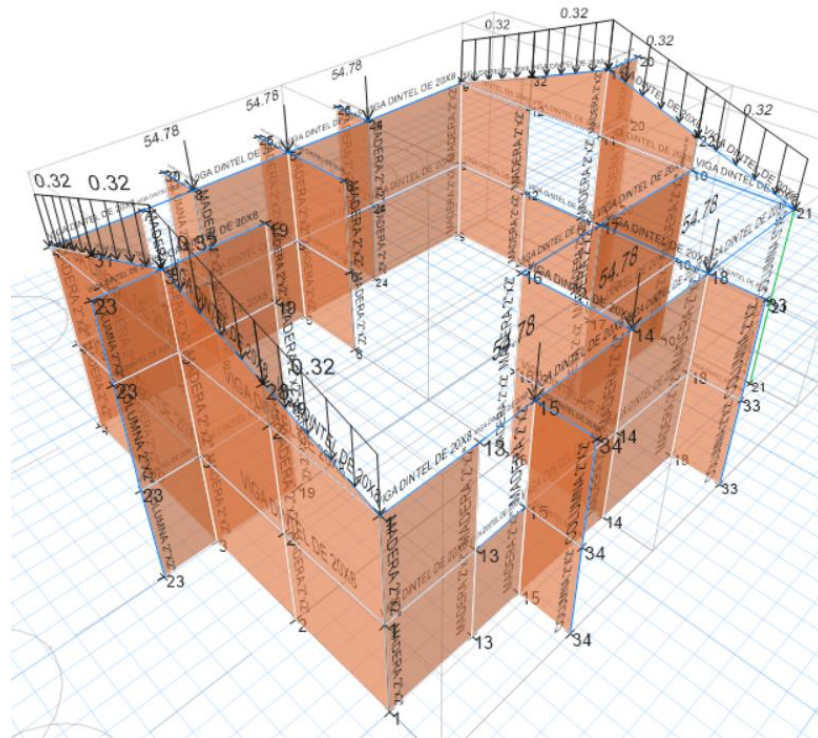


Figura 61: Asignación de cargas vivas de techo (CV)

Fuente: Elaboración propia.



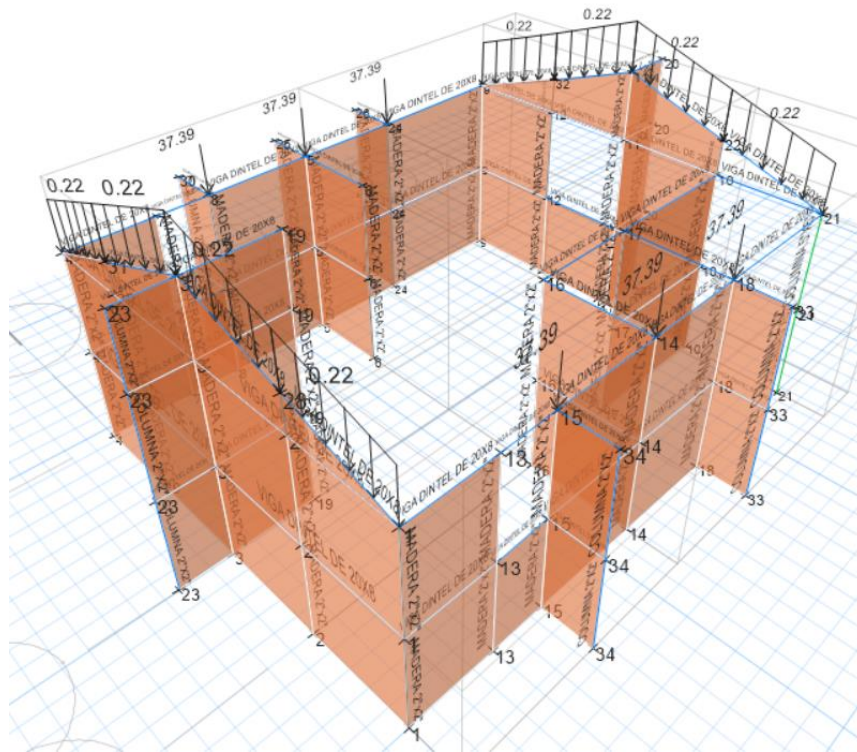


Figura 62: Asignación de cargas muertas de techo (CM)

Fuente: Elaboración propia.

	Story	UX kgf-s <sup>2</sup> /m	UY kgf-s <sup>2</sup> /m	UZ kgf-s <sup>2</sup> /m
▶	NIVEL TÍMPANO	285.63	285.63	0
	1ER NIVEL	1806.73	1806.73	0
	VANO INF	2148.37	2148.37	0
	Base	395.01	395.01	0

Figura 63: Resumen de masa por piso, con reforzamiento planteado.

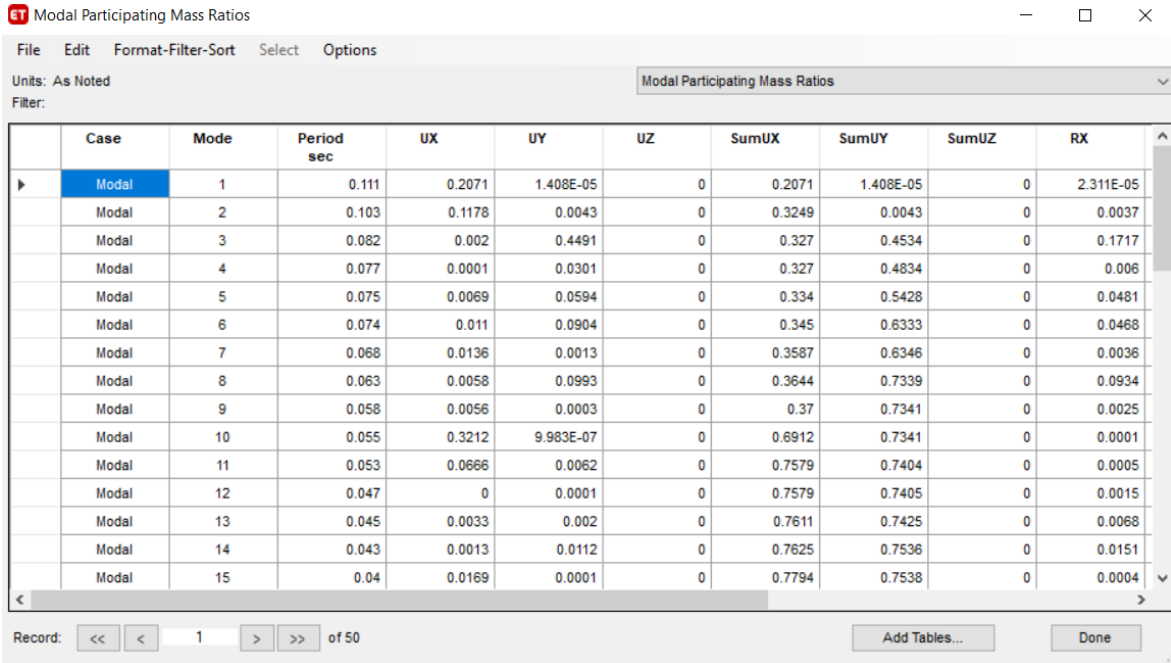
Fuente: Extraído del software Etabs.

Por tanto, la masa sísmica resultante es la suma del 1er nivel, nivel vano y nivel tímpano  $285.63+1,806.73+2,148.37 = 4,240.73$  kgf-s<sup>2</sup>/m. Por lo tanto, el peso sísmico es de 41.60 Tn.

## Paso 8: Procedimientos de análisis sísmico

### Análisis estático

Determinación del período fundamental de la estructura.

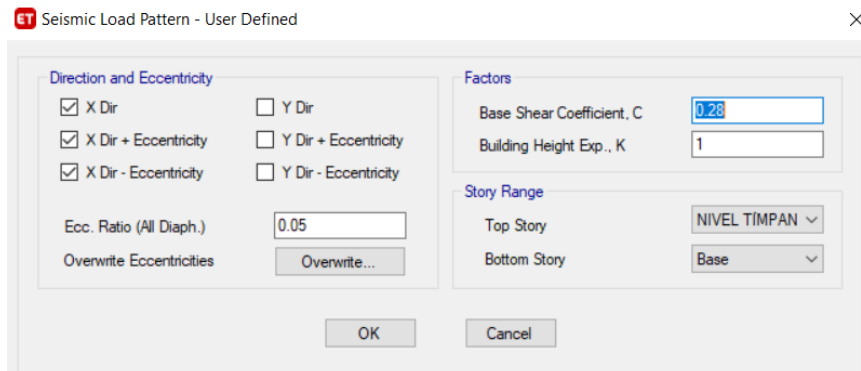


Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.111	0.2071	1.408E-05	0	0.2071	1.408E-05	0	2.311E-05
Modal	2	0.103	0.1178	0.0043	0	0.3249	0.0043	0	0.0037
Modal	3	0.082	0.002	0.4491	0	0.327	0.4534	0	0.1717
Modal	4	0.077	0.0001	0.0301	0	0.327	0.4834	0	0.006
Modal	5	0.075	0.0069	0.0594	0	0.334	0.5428	0	0.0481
Modal	6	0.074	0.011	0.0904	0	0.345	0.6333	0	0.0468
Modal	7	0.068	0.0136	0.0013	0	0.3587	0.6346	0	0.0036
Modal	8	0.063	0.0058	0.0993	0	0.3644	0.7339	0	0.0934
Modal	9	0.058	0.0056	0.0003	0	0.37	0.7341	0	0.0025
Modal	10	0.055	0.3212	9.983E-07	0	0.6912	0.7341	0	0.0001
Modal	11	0.053	0.0666	0.0062	0	0.7579	0.7404	0	0.0005
Modal	12	0.047	0	0.0001	0	0.7579	0.7405	0	0.0015
Modal	13	0.045	0.0033	0.002	0	0.7611	0.7425	0	0.0068
Modal	14	0.043	0.0013	0.0112	0	0.7625	0.7536	0	0.0151
Modal	15	0.04	0.0169	0.0001	0	0.7794	0.7538	0	0.0004

Figura 64: Período fundamental de la estructura con reforzamiento.

Fuente: Extraído del software Etabs.

Para la definición de las cargas sísmicas estáticas, se determinó el valor de SUC, para cada dirección de análisis, obteniendo el valor de 0.28 y un factor exponencial de distribución  $K=1$ .



Direction and Eccentricity

X Dir  Y Dir

X Dir + Eccentricity  Y Dir + Eccentricity

X Dir - Eccentricity  Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Figura 65: Patrones de carga para el análisis sísmico estático – XX

Fuente: Extraído del software Etabs.



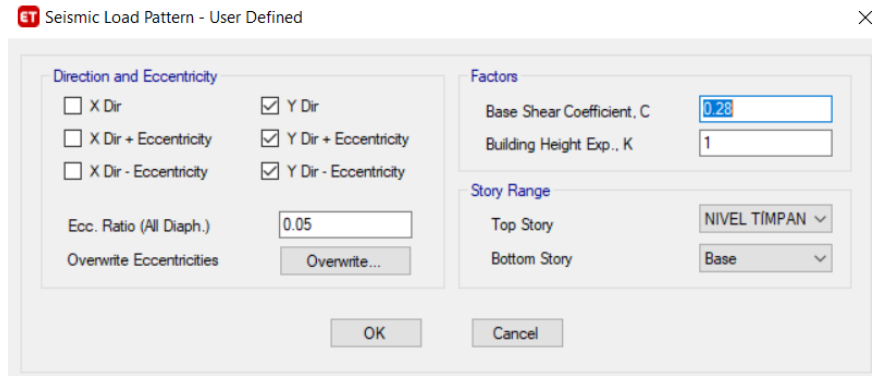


Figura 66: Patrones de carga para el análisis sísmico estático – YY

Fuente: Extraído del software Etabs

Para la determinar el cortante estático en la base, se usó el peso sísmico calculado en el paso 7, el cual tiene un valor de 41.60 Tn. Entonces el cortante estático en la base  $V_{xx} = V_{yy} = 0.28 * 41.60 \text{ Tn} = \mathbf{11.65 \text{ Tn}}$ .

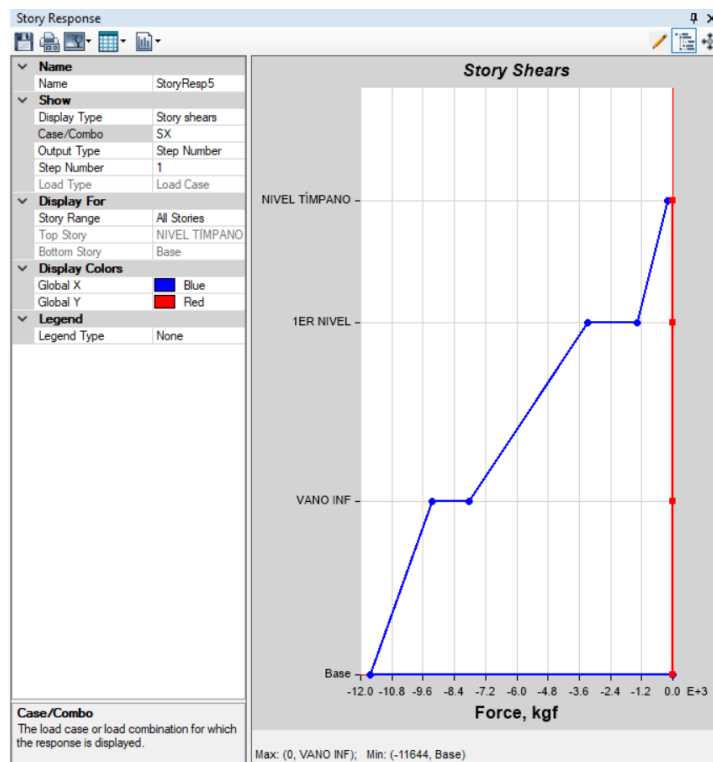


Figura 67: Distribución de la fuerza cortante estática por piso – XX

Fuente: Extraído del software Etabs.

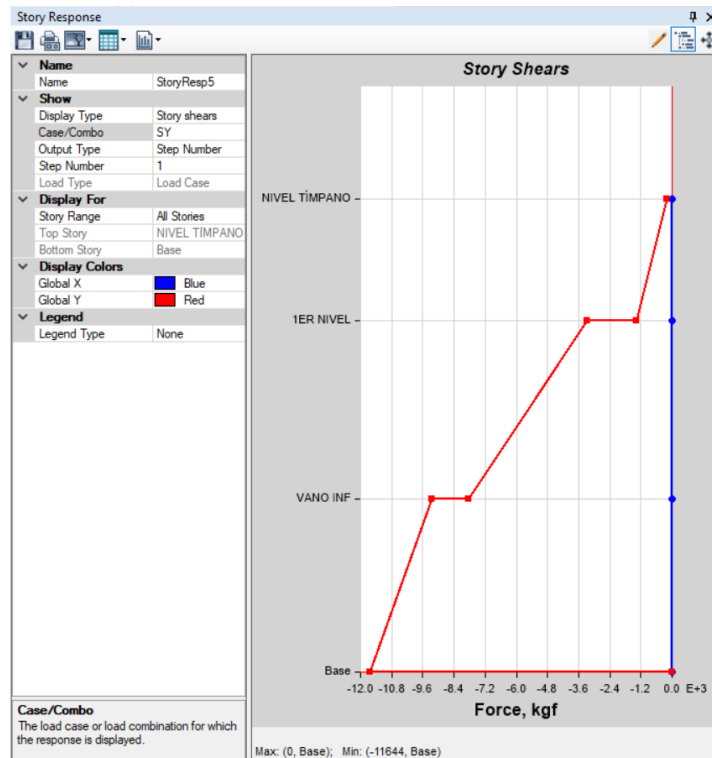


Figura 68: Distribución de la fuerza cortante estática por piso – YY

Fuente: Extraído del software Etabs.

#### 4.6.4. Resultado de la respuesta sísmica de la vivienda con reforzamiento planteado

##### 4.6.4.1. Fuerza cortante basal:

La fuerza cortante basal resultó en ambas direcciones **11.65 Tn.**

##### 4.6.4.2. Esfuerzos internos:

###### Esfuerzos por compresión en la dirección XX:

Los esfuerzos por compresión para los muros de la dirección XX se muestran en el siguiente cuadro:

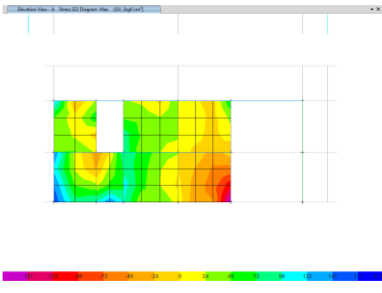
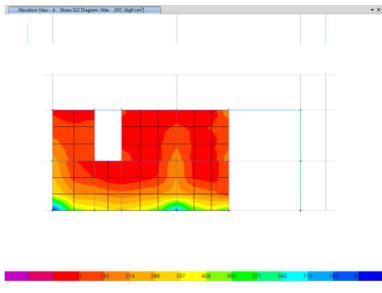
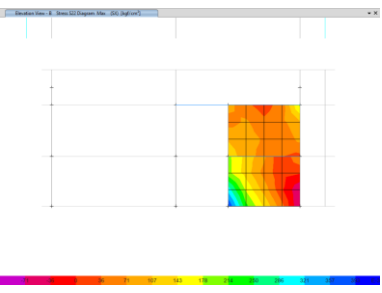
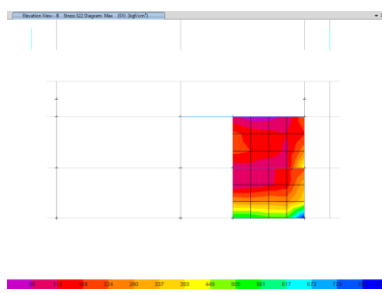
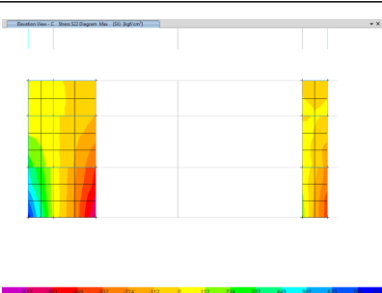
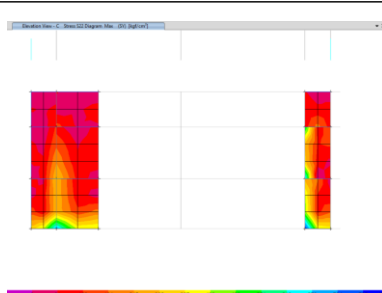
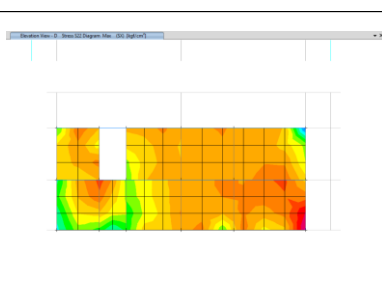
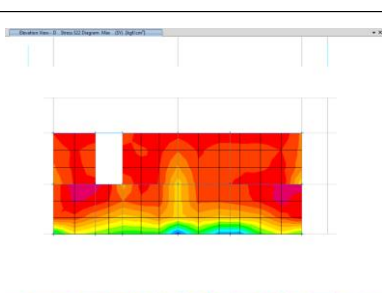
Elementos en la dirección XX	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
MX1		0.17		0.88
MX2 - MX3		0.39		0.83
MX4 - MX5		0.85		0.80
MX6		0.21		0.67

Figura 69: Esfuerzos por compresión en muros en la dirección XX.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

## Esfuerzos por compresión en muros de adobe reforzados en la dirección YY

Los esfuerzos por compresión para los muros de adobe reforzado en la dirección YY, se muestra en el siguiente cuadro:

Elementos en la dirección YY	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
MY1		1.15		0.24
MY2 - MY3		0.63		0.37
MY4		1.05		0.24

Figura 70: Esfuerzos por flexo - compresión en muros en la dirección YY.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

## Esfuerzos por cortante en muros de adobe reforzados en la dirección XX

Los esfuerzos por cortante para los muros de adobe reforzado en la dirección XX, se muestra en el siguiente cuadro:

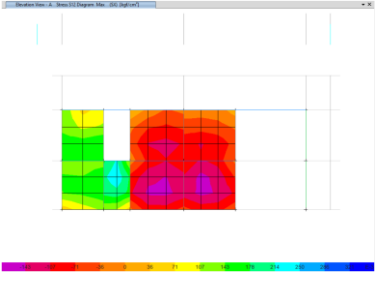
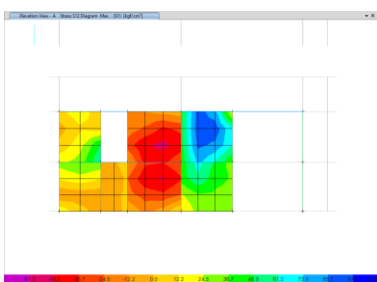
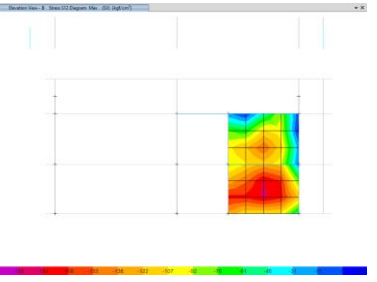
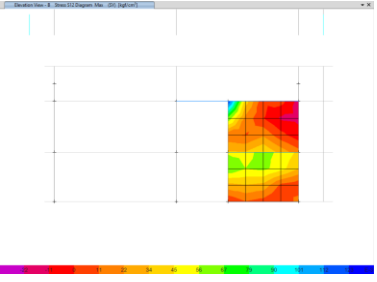
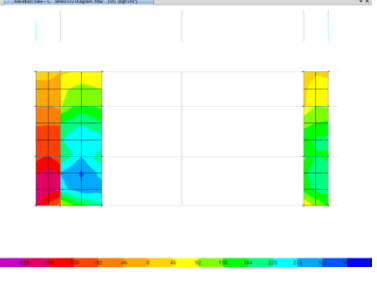
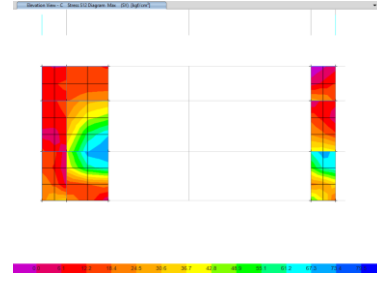
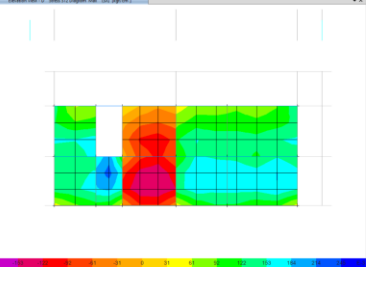
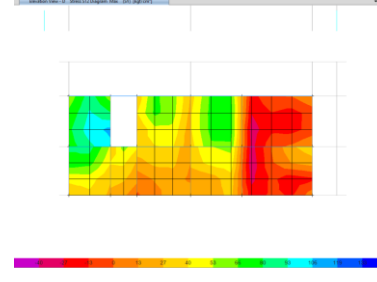
Elementos en la dirección XX	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por cortante (Kg/cm2)	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por cortante (Kg/cm2)
MX1		0.28		0.10
MX2 - MX3		0.21		0.13
MX4 - MX5		0.40		0.08
MX6		0.27		0.13

Figura 71: Esfuerzos por cortante en muros en la dirección XX.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

### **Esfuerzos por cortante en muros de adobe reforzados en la dirección YY**

Los esfuerzos por cortante para los muros de adobe reforzado en la dirección YY, se muestra en el siguiente cuadro:

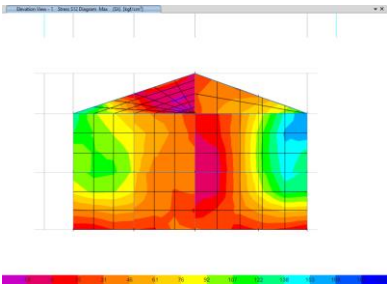
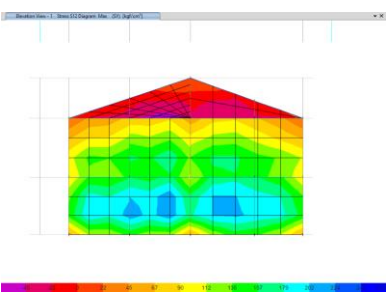
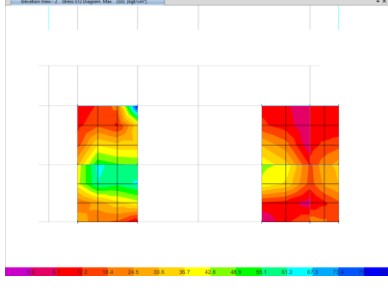
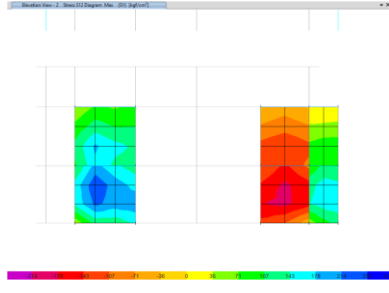
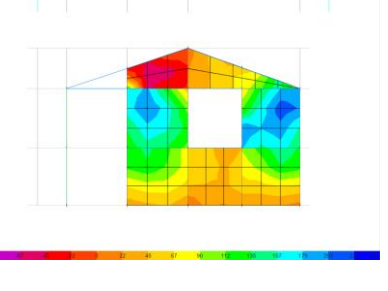
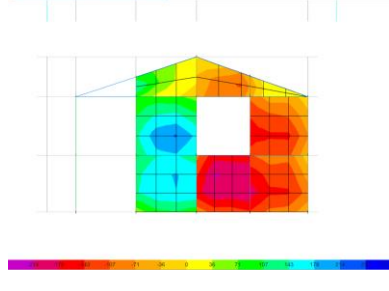
Elementos en la dirección YY	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por cortante (Kg/cm2)	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por cortante (Kg/cm2)
MY1		0.19		0.24
MY2 - MY3		0.09		0.26
MY4		0.24		0.25

Figura 72: Esfuerzos por cortante en muros en la dirección YY.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

### **Esfuerzos por tracción en muros de adobe reforzados en la dirección XX**

Los esfuerzos por tracción para los muros de adobe reforzado en la dirección XX, se muestra en el siguiente cuadro:

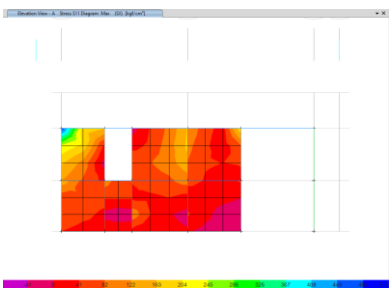
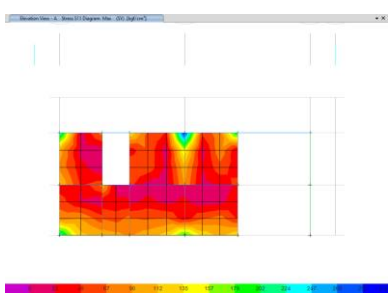
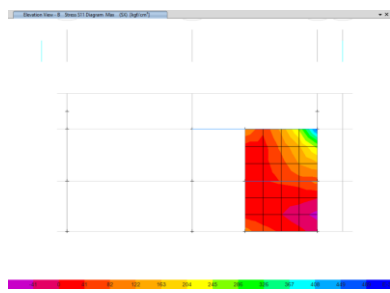
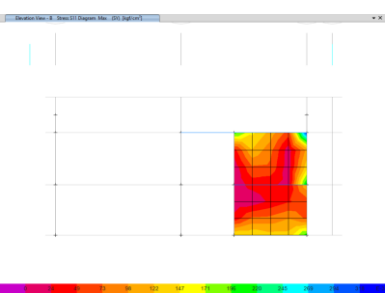
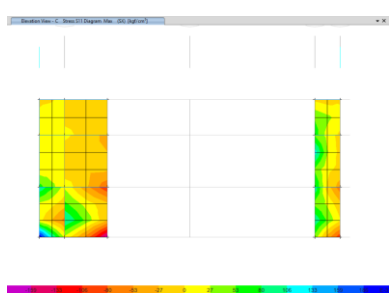
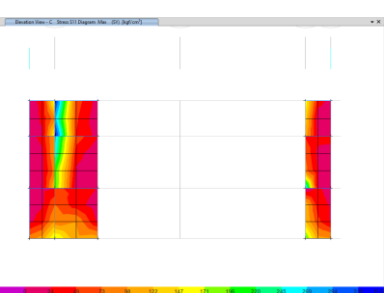
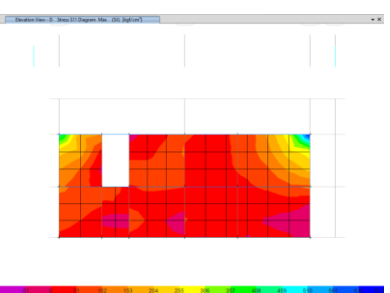
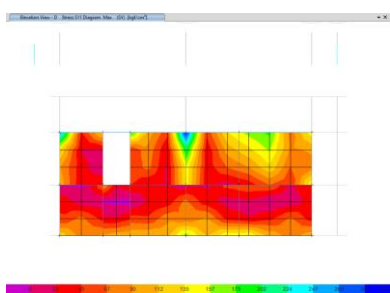
Elementos en la dirección XX	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por tracción (Kg/cm2)	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por tracción (Kg/cm2)
MX1		0.48		0.31
MX2 - MX3		0.47		0.31
MX4 - MX5		0.21		0.34
MX6		0.64		0.30

Figura 73: Esfuerzos por tracción en muros en la dirección XX.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software etabs.

### **Esfuerzos por tracción en muros de adobe reforzados en la dirección YY**

Los esfuerzos por tracción para los muros de adobe reforzado en la dirección YY, se muestra en el siguiente cuadro:

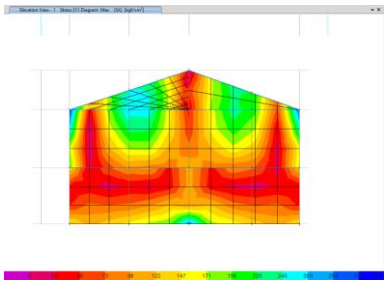
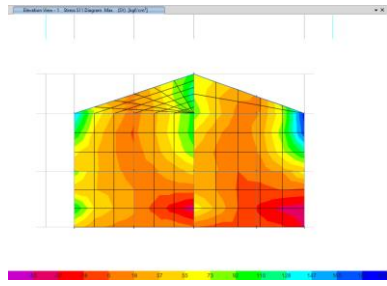
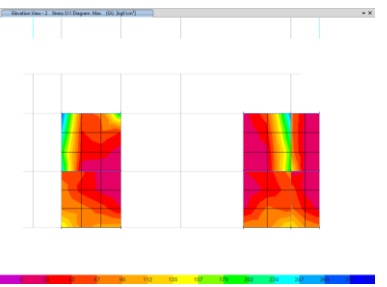
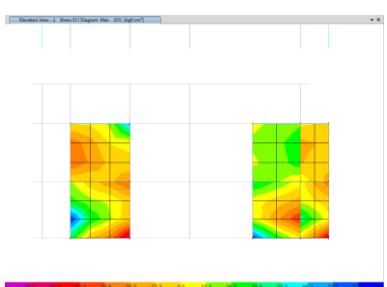
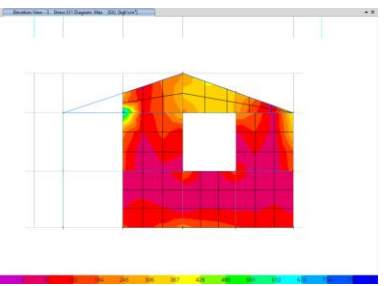
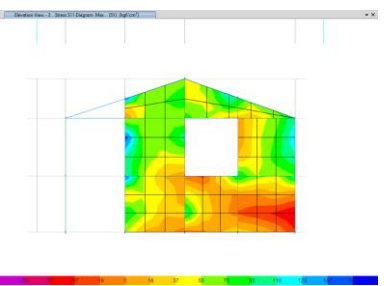
Elementos en la dirección YY	Gráfico - SISMO XX	Esfuerzo por tracción (Kg/cm2)	Gráfico - SISMO YY	Esfuerzo por tracción (Kg/cm2)
MY1		0.33		0.19
MY2 - MY3		0.30		0.10
MY4		0.82		0.18

Figura 74: Esfuerzos por tracción en muros en la dirección YY.

Fuente: Elaboración propia. Valor extraído del software ETABS.

#### 4.6.4.3. Derivas:

##### Distorsión de entrepiso o deriva

Las distorsiones de entrepiso o deriva estructural, se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 31: Derivas de entrepiso del análisis estático XX-YY, con refuerzo.

DESPLAZAMIENTOS INELÁSTICOS EN X-X - ANÁLISIS ESTÁTICO									
Plantas	Alturas	Desplazamiento del centro de masa (mm)	Deriva elástica	Factor	Rxx	R (inelástico)	Deriva inelástica	Deriva E.030	Condición
<b>Desplazamiento piso 1</b>	2.40	1.980000	0.000825	0.8500	3.00	2.55	<b>0.0021</b>	0.0050	Cumple



Base									
DESPLAZAMIENTOS INELÁSTICOS EN Y-Y - ANÁLISIS ESTÁTICO									
Plantas	Alturas	Desplazamiento del centro de masa (mm)	Deriva elástica	Factor	Ryy	R (inelástico)	Deriva inelástica	Deriva E.030	Condición
Desplazamiento piso 1 Base	2.40	0.920000	0.000383	0.8500	3.00	2.55	<b>0.0010</b>	0.0050	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.4.4. Desplazamientos laterales

Los desplazamientos laterales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 32: Desplazamientos laterales en la dirección XX-YY, con refuerzo.

Plantas	Alturas	Desplazamientos Análisis Sismico Estático XX	Desplazamientos Análisis Sismico Estático YY
Desplazamiento piso 1 Base	2.40	1.98 mm	0.92 mm

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.4.5. Período fundamental de vibración de la estructura

El período fundamental de la vivienda de adobe reforzado mediante columnas y vigas collares resultó 0.111 segundos, el cual se muestra:

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.111	0.2071	1.408E-05	0	0.2071	1.408E-05	0	2.311E-05
Modal	2	0.103	0.1178	0.0043	0	0.3249	0.0043	0	0.0037
Modal	3	0.082	0.002	0.4491	0	0.327	0.4534	0	0.1717
Modal	4	0.077	0.0001	0.0301	0	0.327	0.4834	0	0.006
Modal	5	0.075	0.0069	0.0594	0	0.334	0.5428	0	0.0481
Modal	6	0.074	0.011	0.0904	0	0.345	0.6333	0	0.0468
Modal	7	0.068	0.0136	0.0013	0	0.3587	0.6346	0	0.0036
Modal	8	0.063	0.0058	0.0993	0	0.3644	0.7339	0	0.0934
Modal	9	0.058	0.0056	0.0003	0	0.37	0.7341	0	0.0025
Modal	10	0.055	0.3212	9.983E-07	0	0.6912	0.7341	0	0.0001
Modal	11	0.053	0.0666	0.0062	0	0.7579	0.7404	0	0.0005
Modal	12	0.047	0	0.0001	0	0.7579	0.7405	0	0.0015
Modal	13	0.045	0.0033	0.002	0	0.7611	0.7425	0	0.0068
Modal	14	0.043	0.0013	0.0112	0	0.7625	0.7536	0	0.0151
Modal	15	0.04	0.0169	0.0001	0	0.7794	0.7538	0	0.0004

Figura 75: Período fundamental de la estructura de adobe reforzado.

Fuente: Elaboración propia. Valor Extraído del software etabs.

#### 4.6.5. Resumen de resultados.

- La hipótesis específica 3: El refuerzo en los puntos críticos de la vivienda de adobe consigue un comportamiento sísmico similar al de la vivienda de albañilería confinada.

Para el planteamiento del sistema de refuerzo se realizó la revisión de las investigaciones experimentales realizadas con módulos de adobe a escala real, mediante el empleo de malla electrosoldada, geomalla, refuerzo de caña, entre otros; éstos se realizan para evitar el desprendimiento del muro y su consecuente colapso (falla frágil).

Con esta consideración se planteó un proceso iterativo de reforzamiento con el objeto de alcanzar un comportamiento similar al de la vivienda de albañilería confinada, resultando desplazamientos de máximo de 1.98 mm en la dirección XX y 0.92 mm en la dirección YY, ambos desplazamientos están por debajo respecto a los valores de 2.26 mm en la dirección XX, y 1.60 mm en la dirección YY obtenidos para la vivienda de albañilería confinada. Por lo tanto, reforzando los puntos críticos mediante contrafuertes de 0.60 m, los encuentros de muros y vanos con listones verticales de madera de 2"x2", y adicionando un dispersor de madera en el nivel inferior de vanos de ventanas se logra un comportamiento sísmico similar al de la vivienda de albañilería confinada.

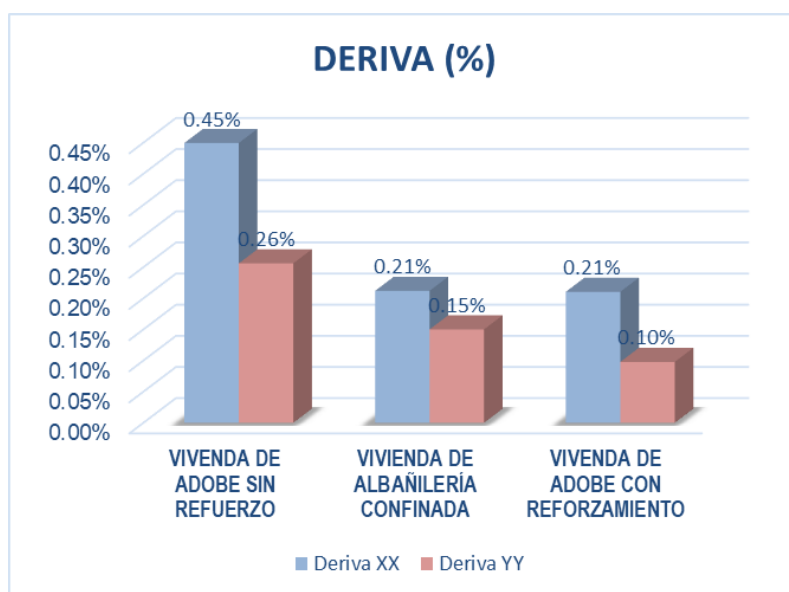


Figura 76: Derivas de piso para los casos propuestos.  
Fuente: Elaboración propia.

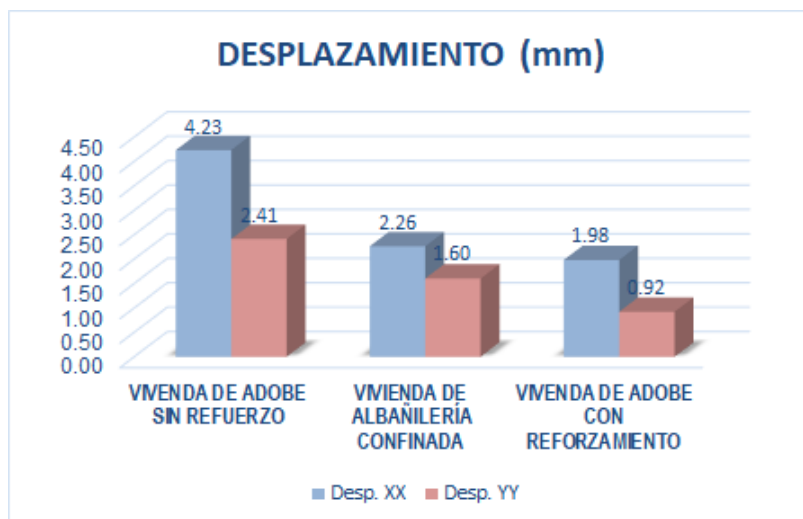


Figura 77: Desplazamientos laterales para los casos propuestos.  
Fuente: Elaboración propia.

La respuesta sísmica de la vivienda de adobe reforzado a nivel de resistencia y rigidez, se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 33: Resumen de esfuerzos internos en muros para la vivienda de adobe reforzada.

<b>RESISTENCIA VIVIENDA DE ADOBE REFORZADO</b>						
<b>ESFUERZOS INTERNOS MUROS EN XX (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
	<b>COMPRESIÓN</b>		<b>CORTANTE</b>		<b>TRACCIÓN</b>	
<b>MX1</b>	Sismo XX	0.17	Sismo XX	0.28	Sismo XX	0.48
	Sismo YY	0.88	Sismo YY	0.10	Sismo YY	0.31
<b>MX2 - MX3</b>	Sismo XX	0.39	Sismo XX	0.21	Sismo XX	0.47
	Sismo YY	0.83	Sismo YY	0.13	Sismo YY	0.31
<b>MX4 - MX5</b>	Sismo XX	0.85	Sismo XX	0.40	Sismo XX	0.21
	Sismo YY	0.80	Sismo YY	0.08	Sismo YY	0.34
<b>MX6</b>	Sismo XX	0.21	Sismo XX	0.27	Sismo XX	0.64
	Sismo YY	0.67	Sismo YY	0.13	Sismo YY	0.30
<b>RESISTENCIA VIVIENDA DE ADOBE REFORZADO</b>						
<b>ESFUERZOS INTERNOS MUROS EN YY (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						
	<b>COMPRESIÓN</b>		<b>CORTANTE</b>		<b>TRACCIÓN</b>	
<b>MY1</b>	Sismo XX	1.15	Sismo XX	0.19	Sismo XX	0.33
	Sismo YY	0.24	Sismo YY	0.24	Sismo YY	0.19
<b>MY2 - MY3</b>	Sismo XX	0.63	Sismo XX	0.09	Sismo XX	0.30
	Sismo YY	0.37	Sismo YY	0.26	Sismo YY	0.10
<b>MY4</b>	Sismo XX	1.05	Sismo XX	0.24	Sismo XX	0.82
	Sismo YY	0.24	Sismo YY	0.25	Sismo YY	0.18

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Resumen de derivas y desplazamientos para la vivienda de adobe reforzado.

<b>RIGIDEZ VIVIENDA DE ADOBE REFORZADO</b>				
<b>DERIVAS (mm/mm)</b>			<b>DESPLAZAMIENTOS (mm)</b>	
<b>1er piso</b>	Deriva XX	0.0021	Desp. XX	1.98
<b>1er piso</b>	Deriva YY	0.0010	Desp. YY	0.92

Fuente: Elaboración propia.

El período fundamental de vibración de la vivienda de adobe reforzada es 0.111 segundos.

#### 4.6.6. Análisis de los resultados

Los resultados más importantes muestran que la rigidez de la vivienda de adobe y la vivienda de albañilería confinada tienen variaciones porcentuales significativas, la deriva en la dirección XX es de 112.12% y en la dirección YY de 70.71%, los desplazamientos en la dirección XX es de 87.19% y en la dirección YY de 50.62% y el periodo de vibración mostro una variación porcentual de 49.07%. Al realizar el reforzamiento de la vivienda de adobe mejoró la respuesta sísmica en términos de rigidez disminuyendo las variaciones porcentuales, la deriva en la dirección XX a 0.71% y en la dirección YY a 34.83%, los desplazamientos en la dirección XX a 12.39% y en la dirección YY a 42.50% y el periodo de vibración disminuyó a 2.78%.

## V. DISCUSIÓN

### **Primera discusión: Períodos de vibración fundamentales.**

Según los **resultados** del análisis de la respuesta sísmica de la vivienda de adobe reforzada con listones verticales de madera de 2"x2" embebidas en el muro, contrafuertes, y dispersor de madera en la parte inferior de los vanos, muestra en el período de vibración un valor de 0.161 seg, y para la vivienda de adobe reforzada un valor de 0.111 seg, lo cual representa una disminución del 31.06 %.

Según Escarimosa, *et. al.* (2019), en el artículo científico denominado "*Mejoramiento estructural de la vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo, Chiapas*". En el que se evaluó la capacidad sismorresistente de viviendas tradicionales con muros de adobe reforzados estructuralmente con aplanados de mortero y la malla electrosoldada. Se obtuvo como resultado que los valores de los periodos de vibración se redujeron 13 %.

En **conclusión**, el reforzamiento aplicado en los muros de adobe mediante listones verticales de madera de 2"x2" embebidas en el muro, contrafuertes, y dispersor de madera en la parte inferior de los vanos, además de la viga collar reglamentaria, redujo significativamente el valor del periodo de vibración en relación al estudio realizado por Escarimosa, *et.al.* (2019) el cual realiza un reforzamiento de muros con de adobe reforzados aplanados de mortero y la malla electrosoldada. Esta reducción del periodo de vibración logrará una vivienda de adobe más segura.

### **Segunda discusión: Desplazamientos laterales.**

Según los **resultados** del análisis de la respuesta sísmica de la vivienda de adobe, muestran en el desplazamiento lateral un valor de 4.23 mm en la dirección XX, un valor de 2.41 mm en la dirección YY, así mismo para la vivienda de adobe reforzada un valor de 1.98 mm en la dirección XX, un valor de 0.92 mm en la dirección YY, lo cual indica que los desplazamientos laterales se redujeron en un 53.19% en la dirección XX y un 60.82 % en la dirección YY.

Según Escarimosa, *et. al.* (2019), en el artículo científico denominado "*Mejoramiento estructural de la vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo,*

*Chiapas*". Del reforzamiento estructural de los muros con aplanados de mortero y la malla electrosoldada. Se obtuvo como resultado que los valores de los desplazamientos laterales disminuyeron cerca de 45 %.

En **conclusión**, los resultados obtenidos para los desplazamientos laterales muestran valores superiores a los obtenidos por Escarimosa, *et. al.* (2019), con un aproximado del 8% más en el desplazamiento lateral en la dirección XX y un 15% en la dirección YY. El reforzamiento aplicado en los muros de adobe redujo significativamente el valor de los desplazamientos laterales; esto hace que la vivienda adquiriera mayor rigidez y que los muros de adobe se fortalezcan y disminuya su flexibilidad.

### **Tercera discusión 3: Esfuerzos por cortante**

Según los **resultados** del análisis de la respuesta sísmica de la vivienda de adobe reforzada, dieron que el 20.00 % de los muros fallaría por esfuerzos por cortante, requiriendo un refuerzo adicional.

Muestra Cabrera (2018) en su tesis titulada "*Diseño de vivienda sismorresistente construida con adobe en el distrito de Mache, 2018*". En que evalúan a un conjunto de 10 viviendas del distrito de Mache. Se obtuvieron como resultados fallas del orden del 45.61% por cortante.

En **conclusión**, producto del reforzamiento se obtuvo un 25.61 % menor al resultado obtenido por Cabrera; la falla por cortante es una de falla típica en las construcciones de adobe, por lo que al disminuir este tipo de esfuerzo mejora su resistencia. Se debe aclarar también que el desarrollo en nuestra investigación es de tipo documental mientras que la investigación de Cabrera es experimental.

Por tanto, para validar completamente esta propuesta de reforzamiento es necesario realizar investigaciones en edificaciones construidas con este sistema o ensayos a escala real.

## VI. CONCLUSIONES

- En este trabajo se realizó el análisis de la respuesta sísmica de una vivienda rural con albañilería de adobe y otra de albañilería confinada ubicada en el centro poblado Catahui, del cual se concluye que la respuesta sísmica es distinta debido a sus sistemas estructurales y propiedades de los materiales, encontrándose una variación porcentual en la deriva es 112.12% en la dirección XX y 70.71% en la dirección YY, en cuanto al desplazamiento es 87.19% en la dirección XX y 50.62% en la dirección YY de la vivienda de adobe respecto a la vivienda de albañilería confinada.
- Del análisis realizado por el método sísmico estático en la vivienda de adobe se encontró que la deriva es de 0.0045 en la dirección XX y 0.0026 en la dirección YY, mientras que el desplazamiento de la albañilería es de 4.23 mm en la dirección XX y 2.41 mm en la dirección YY.
- Del análisis realizado por el método sísmico estático y dinámico modal espectral en la vivienda de albañilería confinada se encontró que la deriva es de 0.0021 en la dirección XX y 0.0015 en la dirección YY, mientras que el desplazamiento de la albañilería es de 2.26 mm en la dirección XX y 1.60 mm en la dirección YY.
- Los puntos críticos se encontraron en la parte central de muros largos, en los vanos, zona de ingreso y tímpano, los cuales al ser reforzados con listones verticales de madera de 2"x2" embebidas en el muro, contrafuertes, y dispersor de madera en la parte inferior de los vanos, logran un comportamiento similar a una vivienda de albañilería confinada en términos de rigidez, resultando que la deriva es de 0.0021 en la dirección XX y 0.0010 en la dirección YY, mientras que el desplazamiento es de 1.98 mm en la dirección XX y 0.92 mm en la dirección YY; por tanto, disminuyendo la variación porcentual en la deriva a 0.71% en la dirección XX y 34.83% en la dirección YY, en cuanto al desplazamiento a 12.39% en la dirección XX y 42.5% en la dirección YY.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar ensayos a escala real o reducida, con el objeto de validar la propuesta documental de reforzamiento a base de listones verticales de madera de 2"x2" embebidas en el muro, contrafuertes, y dispensor de madera, adicional al reforzamiento con la viga collar reglamentaria.
- Se recomienda complementar el sistema de refuerzo planteado con el uso de confinamiento externo, tales como, geomallas, malla metálica flexible (malla tipo gallinero), y mallas electrosoldadas, dispuestas en forma de escuadras en las esquinas de la vivienda (interior y exterior), para evitar el desprendimiento y falla frágil del muro de adobe.
- Se recomienda cumplir con lo dispuesto en la NT E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada.
- A nivel metodológico se recomienda adicionar un muestro in situ, a fin de validar los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Se recomienda realizar nuevas investigaciones, variando la estructuración sismorresistente, con el objetivo de ampliar el conocimiento de las viviendas de adobe reforzadas en beneficios de la población rural.



## REFERENCIAS

1. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica . (2012). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Colombia.
2. Blondet, M., Vargas, J., & Tarque, N. (2008). Comportamiento sísmico de las casa de tierra durante el terremoto de Pisco. *Memorias del 14 Congreso Mundial en Ingeniería Sismorresistente*. Beijing: International Association of Earthquake Engineering IAEE, Chinese Association of Earthquake Engineering CAEE.
3. Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. *Informes de la Construcción*, 63(523). Lima. doi:<https://doi.org/10.3989/ic.10.017>
4. Blondet, M., Vargas, J., Torrealva, D., & Rubiños, Á. (2010). *Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú - SENCICO.
5. Borja Suarez, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo. Obtenido de <https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>
6. CEMEX. (5 de abril de 2019). *Artículos de Construcción*. Recuperado el 13 de marzo de 2021, de [www.cemex.com.pe](http://www.cemex.com.pe): <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
7. Gaete, M. (2012). Rescate de la casa Pueblo: Un proyecto tipo para la reconstrucción rural. (*Tesis Master*). Tesis presentada a la Escuela de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Santiago de Chile.
8. Gandreau, D., & L, D. (2012). *World heritage inventory of earthen architecture, 2012*. Francia. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000217020>

9. Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
10. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (10 de Marzo de 2021). *Censo nacional 2017: XII de población, VII vivienda y III de comunidades indígenas*. Obtenido de Censos 2017: <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
11. Lopez, C., Ruiz, D., Jerez, S., Aguilar, S., Torres, J., & Alvarado, Y. (2020). Comportamiento sísmico de edificaciones de tapia pisada reforzadas con marcos de madera y viga de coronación en concreto. *Informes de la Construcción*, 72(559), e347.
12. Michiels, T. L. (2015). Seismic Retrofitting Techniques for Historic Adobe Buildings. *International Journal of Architectural Heritage*, 9, 8, 1059-1068. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15583058.2014.924604>
13. Ministerio de vivienda y urbanismo. (2013). *Norma Técnica NTM 002*. Chile.
14. MVCS. (23 de Mayo de 2006). Norma Técnica E.020 Cargas. Lima, Lima, Perú: Normas Legales - El Peruano.
15. MVCS. (10 de Junio de 2006). Norma Técnica E.070 Albañilería. Lima, Perú: MVCS.
16. MVCS. (7 de Abril de 2017). Norma Técnica E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada. Lima, Perú.
17. MVCS. (11 de Febrero de 2019). Norma Técnica E.030, Diseño Sismorresistente. *Resolución Ministerial N°043-2019-VIVIENDA*. Lima, Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
18. Orta, B., Adell, J., Bustamante, R., García, A., & Vega, S. (2009). Ensayo en Lima (Perú) de edificio de adobe sismorresistente construido con el sistema de albañilería integral. *Informes de la Construcción*, 61(515), 59-65.

19. Orteaga, J., Vasconcelos, G., & Correia, M. (2015). Seismic-resistant building practices resulting from Local Seismic Culture. *Sismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture*. Portugal. doi:10.1201/b18856-5
20. Osorio, J. (17 de setiembre de 2018). *¿Qué es el módulo de elasticidad en el concreto?* Recuperado el 13 de Marzo de 2021, de [www.360enconcreto.com](http://www.360enconcreto.com):  
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/elasticidad-del-concreto>
21. Ruiz, D., Silva, M., Cerón, L., & López, C. (Agosto de 2017). Seismic performance of rammed earth town halls reinforced with confinement wooden elements. *Revista ingeniería de construcción*, 32(2). Bogotá. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732017000200003&lng=en&tlng=en#?](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732017000200003&lng=en&tlng=en#?)
22. Saavedra, C. (29 de Octubre de 2016). *Verificación del cortante basal según Covenin 1756-2001*. Obtenido de <https://saavedraonline.wordpress.com/2016/10/29/verificacion-del-cortante-basal-segun-covenin-1756-2001/>
23. Solís, M., Torrealva, D., Santillán, P., & Montoya, G. (2015). Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas. *Informes de la Construcción*, 67(539), e092.
24. soporte.uson.mx. (28 de Febrero de 2021). *Miembros sujetos a flexocompresión*. Obtenido de [soporte.uson.mx: ftp://soporte.uson.mx/PUBLICO/04\\_INGENIERIA.CIVIL/ACERO%20/Text o%20Laminados%20en%20Frio/CAPITULO7.PDF](ftp://soporte.uson.mx/PUBLICO/04_INGENIERIA.CIVIL/ACERO%20/Text%20o%20Laminados%20en%20Frio/CAPITULO7.PDF)
25. Torres Gilles, C., & Jorquera Silva, N. (2018). Técnicas de refuerzo sísmico para la recuperación estructural del patrimonio arquitectónico chileno construido en adobe. *Informes de la Construcción*, 70(550). Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152547>
26. Torres, M. (30 de abril de 2014). *Estructuras*. Recuperado el 13 de marzo de 2021, de [www.edu.xunta.gal](http://www.edu.xunta.gal):

[https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/51\\_resistencia.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/51_resistencia.html)

27. Uribe Escamilla, J. (2002). *Análisis de estructuras*. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
28. Vargas-Neumann, J., Oliveira, C., Silveira, D., & Varum, H. (2018). Seismic Retrofit of Adobe Constructions. *Strengthening and Retrofitting of Existing Structures*, 9, 85-111. Singapore. doi:10.1007/978-981-10-5858-5\_4
29. wikipedia. (28 de febrero de 2021). *es.wikipedia.org*. Recuperado el 13 de marzo de 2021, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Esfuerzo\\_cortante](https://es.wikipedia.org/wiki/Esfuerzo_cortante)
30. Yadav, S., Damerji, H., Keco, R., Sieffert, Y., Crété, E., Vieux-Champagne, F., . . . Yann, M. (5 de febrero de 2021). Effects of horizontal seismic band on seismic response in masonry structure: Application of DIC technique. *Progress in Disaster Science*, 10. Grenoble, Francia. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2021.100149>
31. YRMG. (10 de marzo de 2021). *El Adobe [video]*. Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=-M4iY4Zh\\_oA&t=655s](https://www.youtube.com/watch?v=-M4iY4Zh_oA&t=655s)

## ANEXOS

### ANEXO N° 1: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  X=Respuesta sísmica	La respuesta sísmica es el resultado del comportamiento de una estructura ante un evento sísmico, tiene como objetivo llegar a probabilidades aceptables para que la estructura tenga buen comportamiento frente a un evento sísmico dado (Uribe, 2002).	Se realizará el análisis estructural de una vivienda rural de albañilería de adobe y el análisis estructural de otra vivienda rural de albañilería confinada, para determinar el refuerzo adecuado en la albañilería de adobe, que garantice una respuesta estructural similar a la vivienda de albañilería confinada.	Resistencia.	Esfuerzos cortantes	kg/cm <sup>2</sup>
				Esfuerzos de tracción	kg/cm <sup>2</sup>
				Esfuerzos de compresión	kg/cm <sup>2</sup>
			Rigidez.	Derivas	mm/mm
				Desplazamientos laterales	mm
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  Y1= Albañilería de adobe	La vivienda de albañilería de adobe, según (MVCS, 2017), se basa en la técnica de construcción que utiliza muros de albañilería de adobes secos asentados con mortero de barro.	Se realizará el procedimiento sugerido en la norma técnica E.030 Diseño sismorresistente, complementado por la norma técnica E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada.	Elementos estructurales.	Espesor efectivo de muros	m
			Configuración estructural.	Densidad de muros	%
				Ancho de vanos	m
			Propiedades mecánicas	Peso específico	Kg/m <sup>3</sup>
				Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>				
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  Y2= Albañilería confinada	La vivienda de albañilería confinada, según (MVCS, 2006), se basa en albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado luego de la construcción de la albañilería.	Se realizará el procedimiento sugerido en la norma técnica E.030 Diseño sismorresistente.	Elementos estructurales.	Espesor efectivo de muros	m
			Configuración estructural.	Densidad de muros	%
				Ancho de vanos	m
			Propiedades mecánicas	Peso específico	Kg/m <sup>3</sup>
				Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>				

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 2: Matriz de consistencia

ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE UNA VIVIENDA RURAL CON ALBAÑILERÍA DE ADOBE Y ALBAÑILERÍA CONFINADA, CENTRO POBLADO CATAHUI, 2020								
Título :	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA
<b>GENERAL</b>	¿Cómo es la respuesta sísmica de una vivienda rural con albañilería de adobe y otra de albañilería confinada, Centro Poblado Catahui, 2020?	Analizar la respuesta sísmica de una vivienda rural con albañilería de adobe y otra de albañilería confinada, Centro Poblado Catahui, 2020	La respuesta por un evento sísmico tiene un comportamiento diferente en una estructura de adobe y otra de albañilería confinada	VARIABLE DEPENDIENTE  X=Respuesta sísmica	Resistencia.	Esfuerzos cortantes	kg/cm <sup>2</sup>	<b>Método de investigación</b> Método científico
						Esfuerzos de tracción	kg/cm <sup>2</sup>	
						Esfuerzos de compresión	kg/cm <sup>2</sup>	<b>Diseño de investigación</b>  Tipo no experimental
					Rigidez.	Derivas	mm/mm	
						Desplazamientos laterales	mm	
<b>ESPECÍFICOS</b>	¿De qué manera se puede analizar una respuesta sísmica en una vivienda de albañilería de adobe?	Determinar las fuerzas cortantes basales, esfuerzos internos, derivas, desplazamientos laterales, del sistema estructural de una vivienda rural con albañilería de adobe	La respuesta sísmica en una vivienda de albañilería de adobe se analiza por el método sísmico estático y dinámico modal espectral contemplado en la norma técnica E-030	VARIABLE INDEPENDIENTE  Y1= Albañilería de adobe	Elementos estructurales.	Espesor efectivo de muros	m	<b>Enfoque de investigación</b> Enfoque Cuantitativo
					Configuración estructural.	Densidad de muros	%	
						Ancho de vanos	m	
	¿De qué manera se puede analizar una respuesta sísmica en una vivienda de albañilería confinada?	Determinar las fuerzas cortantes basales, esfuerzos internos, derivas, desplazamientos laterales, del sistema estructural de una vivienda rural de albañilería confinada	La respuesta sísmica en una vivienda de albañilería confinada se analiza por el método sísmico estático y dinámico modal espectral contemplado en la norma técnica E-030	VARIABLE INDEPENDIENTE  Y2= Albañilería confinada	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Tipo de investigación</b>  Tipo Aplicada
						Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>	
					Elementos estructurales.	Espesor efectivo de muros	m	
	¿Cómo se reforzaría la vivienda de adobe para conseguir un comportamiento estructural similar al de la vivienda de albañilería confinada?	Determinar los puntos críticos de reforzamiento de la vivienda de adobe para conseguir un comportamiento estructural similar al de la vivienda de albañilería confinada	El reforzo en los puntos críticos de la vivienda de adobe consigue un comportamiento estructural similar al de la vivienda de albañilería confinada	VARIABLE INDEPENDIENTE  Y2= Albañilería confinada	Configuración estructural.	Densidad de muros	%	<b>Nivel de investigación</b> Tipo descriptivo
						Ancho de vanos	m	
					Propiedades mecánicas	Peso específico	Kg/m <sup>3</sup>	
						Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	
Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>							

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 3: Estudio de mecánica de suelos

**GEOTECNIA**  
**INGENIERIA SCRL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
Jr. DANTE NAVA N° 119-A Cel. 950-031842 951-993616 RPM\*0209187  
E-mail.moisesaraca@hotmail.com

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

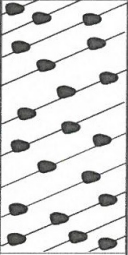
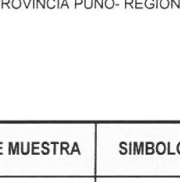
**PROYECTO** MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA- DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO

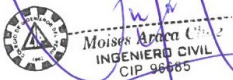
**UBICACIÓN** DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO- REGION PUNO

**SOLICITANTE** ING. PROYECTISTA

**CALICATA N°** C-01 M-01

**FECHA** MARZO DE 2019 **ING. RESPONSABLE:** M.A.CH.

Prof. (m)	GRAFICA	N° DE MUESTRA	SIMBOLGIA	DESCRIPCION
0.10		MO	Pt	superficialmente esta cubierto de material limoso con intrcalaciones de raices de los arbustos, color gris café oscuro
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60		M-01	SC	Tipo de estrato arena arcillosa color gris oscuro en estado compacto , no se aprecia el nivel freatico hasta la profundidad excavada
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				
3.10				
3.20				
3.30				
3.40				
3.50				
3.60				
3.70				
3.80				
3.90				
4.00				
4.10				
4.20				
4.30				
4.40				

  
 Moises Araca Cordero  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 98665

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

**PROYECTO** MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA- DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO

**UBICACIÓN** DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO- REGION PUNO

**SOLICITANTE** ING. PROYECTISTA

**CALICATA N°** TERRENO DE FUDNACION C-2 M-1

**FECHA** MARZO DE 2019 **ING. RESPONSABLE:** M.A.CH.

Prof. (m)	GRAFICA	N° DE MUESTRA	SIMBOLGIA	DESCRIPCION
0.10		MO	Pt	superficialmente esta cubierto de material limoso con intrcalaciones de raices de los arbustos, color gris café plumizo
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60		M-01	SM-SC	Tipo de estrato arena limosa color gris plumizo en estado compacto, la litología del sub suelo continua hacia la profundidad, no se aprecia el nivel freatico
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				
3.10				
3.20				
3.30				
3.40				
3.50				
3.60				
3.70				
3.80				
3.90				
4.00				
4.10				
4.20				
4.30				
4.40				



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
(NORMA ASTM D3080 - 98)

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA-DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
UBICACIÓN	: DISTRITO PICHACANI- PROVINCIA PUNO- REGION PUNO	
SOLICITANTE	: ING. PROYECTISTA	
CALICATA	: C-01 M-01	
MUESTRA	: C-1 M-1	
FECHA	MARZO DE 2019	UBIC. MUESTRA : C-1 M-01

Profundidad de la muestra(m) : 0.40-1.60  
 Clasificación (SUCS) : SM  
 Estado de la muestra de suelo : MUESTRA REMOLDEADA  
 Veloc. de Ensayo (mm/min) : 0.5

Datos	ESPECIMEN 01	
Altura (h) (cm)		2.20
Diámetro (Ø) (cm)		5.00
Volumen (cm <sup>3</sup> )		43.20
pesos (gr)		88.40
peso específico de la masa (gr/cm <sup>3</sup> )		2.05
Humedad (w) (%)		16.09
peso específico seco (gr/cm <sup>3</sup> )		1.76

ESPECIMEN 02	
	2.20
	5.00
	43.20
	87.60
	2.03
	16.04
	1.75

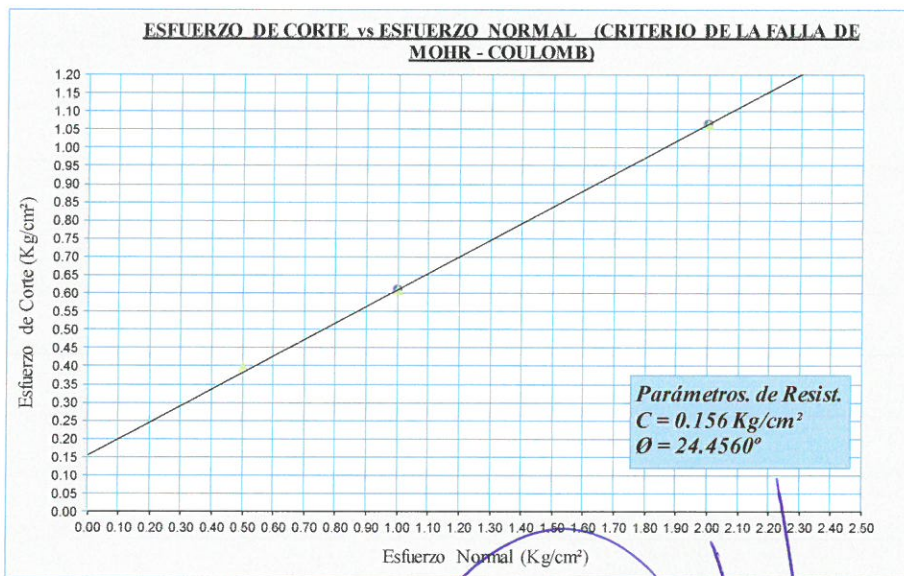
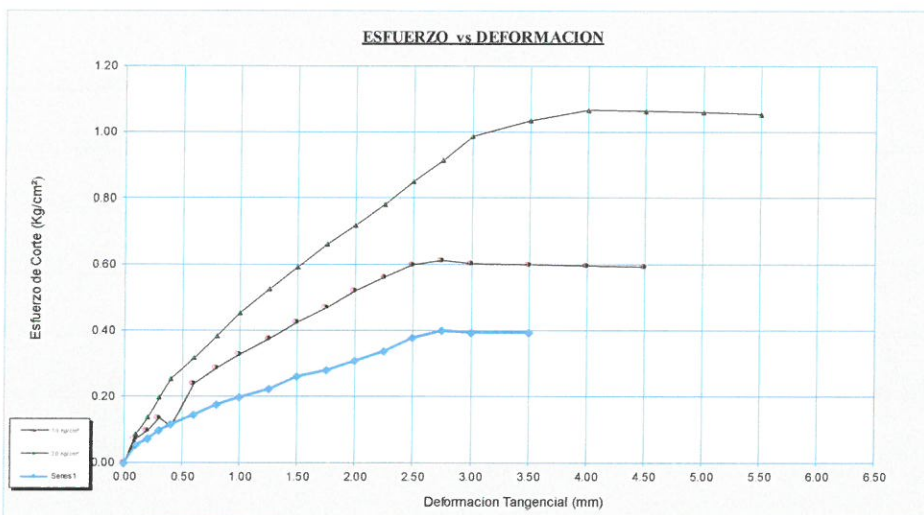
ESPECIMEN 03	
	2.20
	5.00
	43.20
	87.00
	2.01
	16.15
	1.73


Esfuerzo Normal kg/cm <sup>2</sup> 0.50				Esfuerzo Normal kg/cm <sup>2</sup> 1.00				Esfuerzo Normal kg/cm <sup>2</sup> 2.00			
Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	7.50	1.052	0.054	0.10	10.20	1.430	0.073	0.10	12.50	1.753	0.089
0.20	10.30	1.444	0.074	0.20	13.60	1.907	0.097	0.20	19.60	2.748	0.140
0.30	13.50	1.893	0.096	0.30	18.90	2.650	0.135	0.30	27.60	3.870	0.197
0.40	16.40	2.299	0.117	0.40	15.60	2.187	0.111	0.40	35.60	4.991	0.254
0.60	20.10	2.818	0.144	0.60	33.50	4.697	0.239	0.60	43.50	6.221	0.317
0.80	24.50	3.435	0.175	0.80	39.40	5.634	0.287	0.80	52.60	7.522	0.383
1.00	27.80	3.898	0.199	1.00	45.20	6.464	0.329	1.00	62.50	8.938	0.455
1.25	31.40	4.402	0.224	1.25	51.40	7.350	0.374	1.25	71.60	10.346	0.527
1.50	35.90	5.134	0.261	1.50	58.40	8.351	0.425	1.50	80.40	11.618	0.592
1.75	38.40	5.491	0.280	1.75	64.70	9.252	0.471	1.75	89.90	12.991	0.662
2.00	42.50	6.078	0.310	2.00	70.90	10.245	0.522	2.00	97.80	14.132	0.720
2.25	46.50	6.650	0.339	2.25	76.40	11.040	0.562	2.25	106.20	15.346	0.782
2.50	51.80	7.407	0.377	2.50	81.40	11.762	0.599	2.50	115.60	16.704	0.851
2.75	54.80	7.836	0.399	2.75	83.00	11.994	0.611	2.75	124.30	17.961	0.915
3.00	54.30	7.765	0.395	3.00	82.00	11.849	0.603	3.00	134.20	19.392	0.988
3.50	54.00	7.722	0.393	3.50	81.60	11.791	0.601	3.50	140.20	20.301	1.034
				4.00	81.00	11.705	0.596	4.00	144.50	20.924	1.066
				4.50	80.50	11.632	0.592	4.50	144.00	20.851	1.062
								5.00	143.60	20.793	1.059
								5.50	143.10	20.721	1.055



Moises Araca Chile  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96685

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA- DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO - REGION PUNO  
**SOLICITANTE** : ING. PROYECTISTA  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION C-I M-1  
**FECHA** : MARZO DE 2019



  
**Moises Araca Chite**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 96835

ID FORMATO

QA-GI-CC-06

HOJA

1

DE

1

REGISTRO

GI-TF-CHN-01

**CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD**

**OBRA** : MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA- DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO- REGION PUNO  
**SOLICITANTE** : ING. PROYECTISTA  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUDNACION C-1 M-01  
**CALICATA** : C-01 M-01  
**FECHA** : MARZO DE 2019

**TECN.RESP.** : B.H.Y.  
**ING. RESP.** : M.A.CH.

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL  
(ASTM D-2216)**

DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	956.30				
SUELO SECO + RECIPIENTE	824.00				
PESO RECIPIENTE	0.00				
PESO DE AGUA	132.30				
PESO DE SUELO SECO	824.00				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.06				
*****	***	***	****		

**Conclusiones:**



Moises Araca C.  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96685



ID FORMATO QA-GI-CC-02

HOJA 1 DE 1

REGISTRO CSC-TF-AGT-01

**CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD**

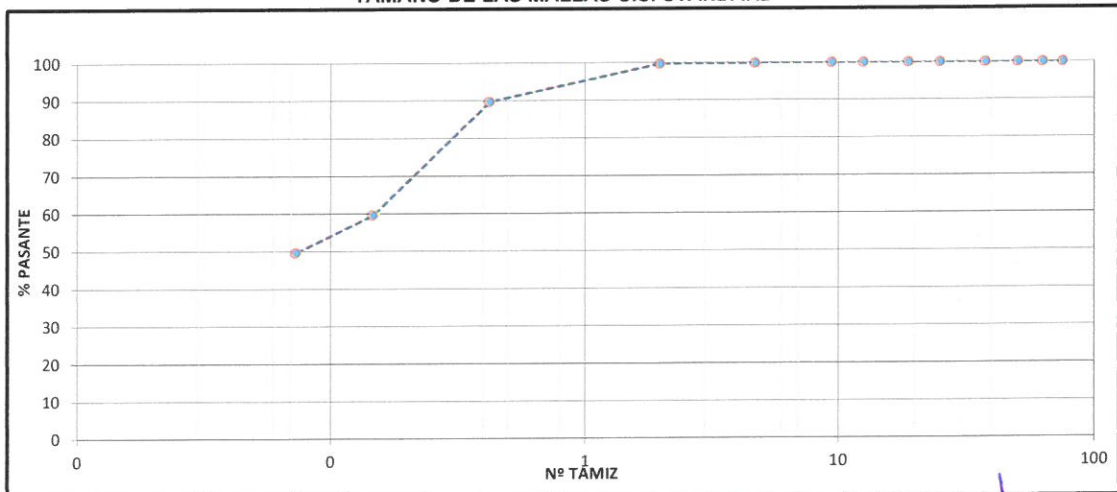
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA- DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO  
UBICACIÓN : DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO- REGION PUNO  
SOLICITANTE : ING. PROYECTISTA  
MUESTRA : TERRENO DE FUDNACION C-1 M-01  
CALICATA : C-01 M-01  
FECHA : MARZO DE 2019

TECN.RESP. : B.H.Y.  
ING. RESP. : M.A.CH.

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D-422)**

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	100.00		0.0	0.0	100.0		
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0		Peso Inicial : 1854.6 Gr.
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.00		Peso Fraccion :
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		L. L. : 28.49%
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00		L. P. : 20.20%
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00		I. P. : 8.29
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.00	100.00		<b>CLASIFICACION</b>
3/8"	9.525	2.6	0.14	0.14	99.86		AASHTO : A-4 ( 3 )
1/4"	6.350	0.0	0.00	0.14	99.86		SUCS : SC
No 4	4.760	1.9	0.10	0.24	99.76		
No 6	3.360		0.00	0.24	99.76		W NATURAL % : 16.06
No 8	2.380		0.00	0.24	99.76		
No 10	2.000	185.0	9.98	10.22	89.78		GRAVA : 0.24 %
No 16	1.190		0.00	10.22	89.78		ARENA : 51.20 %
No 20	0.840	201.5	10.86	21.08	78.92		FINO : 48.56 %
No 30	0.590		0.00	21.08	78.92		
No 40	0.426	356.9	19.24	40.33	59.67		
No 50	0.297		0.00	40.33	59.67		Observaciones :
No 80	0.177		0.00	40.33	59.67		
No 100	0.149	185.6	10.01	50.33	49.67		
No 200	0.074	20.5	1.11	51.44	48.56		
-200		900.6	48.6	100.0	0.0		

**REPRESENTACION GRAFICA  
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Conclusiones:



Moises Araca  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96685

ID FORMATO

HOJA  DE

REGISTRO

**CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA- DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO  
UBICACIÓN : DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO- REGION PUNO  
SOLICITANTE : ING. PROYECTISTA  
MUESTRA : TERRENO DE FUDNACION C-1 M-01  
CALICATA : C-01 M-01  
FECHA : MARZO DE 2019  
TECN. RESP.: B.H.Y.  
ING. RESP. : M.A.CH.

**LIMITES DE CONSISTENCIA  
(ASTM D-424)**

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
	31	23	16	D	K		
01. No.DE GOLPES							
02. TARA No.	M	H	B	D	K		
03. SUELO HUMEDO * TARA	g	32.65	30.47	31.47	21.44	20.50	
04. SUELO SECO * TARA	g	28.00	26.18	26.72	18.93	18.36	
05. PESO DEL AGUA	g	4.65	4.29	4.75	2.51	2.14	
06. PESO DEL TARA	g	11.22	11.16	11.17	6.59	7.69	
07. PESO DEL SUELO SECO	g	16.78	15.02	15.55	12.34	10.67	
08. HUMEDAD	%	27.71	28.56	30.55	20.34	20.06	
L.L.=		28.49 %	L.P.=		20.20 %	I.P.=	8.29 %



Conclusiones:



Moises Araca C.  
INGENIERO CIVIL  
CIP 90585

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(NORMA ASTM D3080 - 98)**

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA-DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
UBICACIÓN	: DISTRITO PICHACANI- PROVINCIA PUNO- REGION PUNO		
SOLICITANTE	: ING. PROYECTISTA		
MUESTRA	: C-2 M-1		
FECHA	: MARZO DE 2019	UBIC. MUESTRA	: C-2 M-01

Profundidad de la muestra(m) : 0.50-1.50  
 Clasificación (SUCS) : SM-SC  
 Estado de la muestra de suelo : MUESTRA REMOLDEADA  
 Veloc. de Ensayo (mm/min) : 0.5

Datos	ESPECIMEN 01	ESPECIMEN 02	ESPECIMEN 03
Altura (h) (cm)	2.20	2.20	2.20
Diámetro (Ø) (cm)	5.00	5.00	5.00
Volumen (cm <sup>3</sup> )	43.20	43.20	43.20
pesos (gr)	86.90	86.90	87.10
peso específico de la masa (gr/cm <sup>3</sup> )	2.01	2.01	2.02
Humedad (w) (%)	10.82	11.01	10.95
peso específico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.82	1.81	1.82

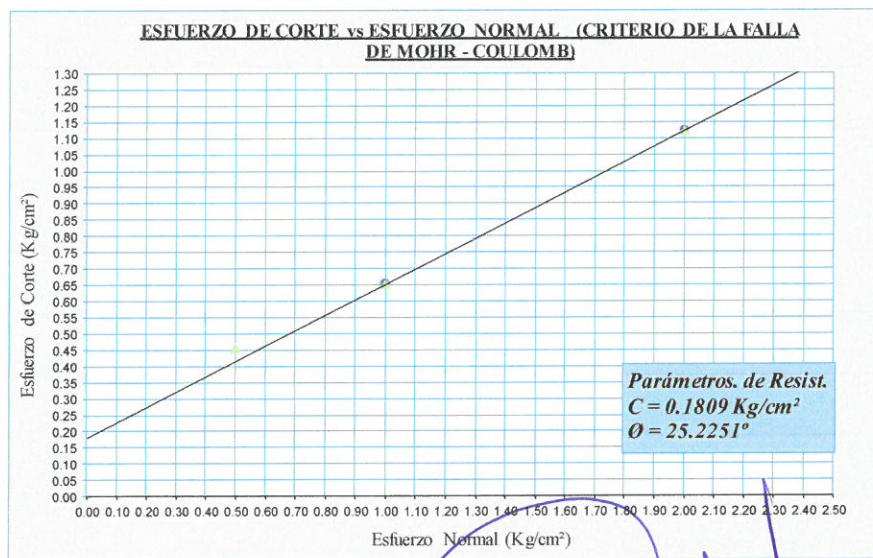
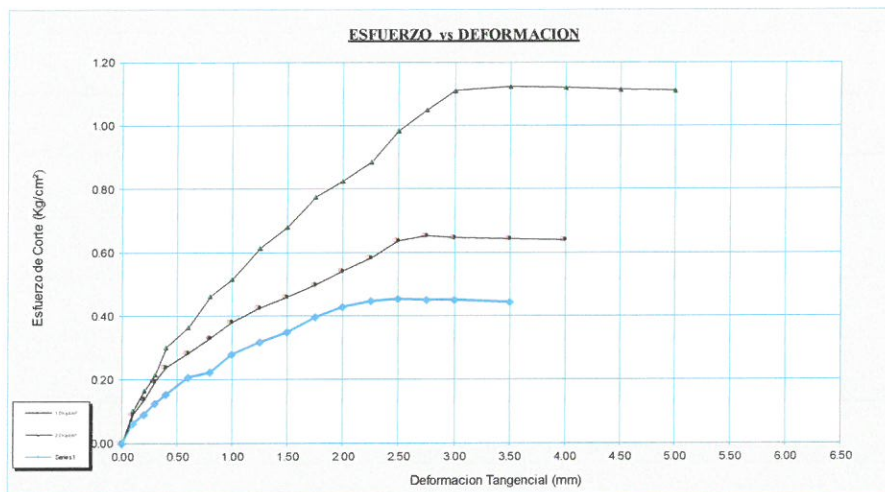
Esfuerzo Normal kg/cm <sup>2</sup> 0.50				Esfuerzo Normal kg/cm <sup>2</sup> 1.00				Esfuerzo Normal kg/cm <sup>2</sup> 2.00			
Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
0.10	8.60	1.206	0.061	0.10	12.60	1.767	0.090	0.10	14.60	2.047	0.104
0.20	12.60	1.767	0.090	0.20	19.50	2.734	0.139	0.20	23.20	3.253	0.166
0.30	17.50	2.454	0.125	0.30	27.40	3.841	0.196	0.30	30.40	4.262	0.217
0.40	21.40	3.000	0.153	0.40	33.60	4.711	0.240	0.40	41.50	5.935	0.302
0.60	28.90	4.052	0.206	0.60	39.10	5.591	0.285	0.60	50.10	7.164	0.365
0.80	31.40	4.402	0.224	0.80	45.60	6.521	0.332	0.80	63.50	9.081	0.462
1.00	38.40	5.491	0.280	1.00	52.40	7.493	0.382	1.00	70.40	10.173	0.518
1.25	43.60	6.235	0.318	1.25	58.40	8.351	0.425	1.25	83.60	12.080	0.615
1.50	48.00	6.864	0.350	1.50	63.20	9.038	0.460	1.50	92.50	13.366	0.681
1.75	54.60	7.808	0.398	1.75	68.40	9.781	0.498	1.75	105.60	15.259	0.777
2.00	58.90	8.423	0.429	2.00	73.50	10.621	0.541	2.00	112.50	16.256	0.828
2.25	61.40	8.780	0.447	2.25	79.50	11.488	0.585	2.25	120.50	17.412	0.887
2.50	62.50	8.938	0.455	2.50	86.50	12.499	0.637	2.50	133.60	19.305	0.983
2.75	62.00	8.866	0.452	2.75	88.60	12.803	0.652	2.75	142.60	20.648	1.052
3.00	61.70	8.823	0.449	3.00	88.00	12.716	0.648	3.00	150.80	21.836	1.112
3.50	61.20	8.752	0.446	3.50	87.60	12.658	0.645	3.50	152.30	22.053	1.123
				4.00	87.00	12.572	0.640	4.00	151.80	21.981	1.119
								4.50	151.10	21.879	1.114
								5.00	150.60	21.807	1.111



Moises Araca Chite  
INGENIERO CIVIL  
C.R. 96885



**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA-DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO - REGION PUNO  
**SOLICITANTE** : ING. PROYECTISTA  
**MUESTRA** : TERRENO DE FUNDACION C-2 M-1  
**FECHA** : MARZO DE 2019



Moises Araca Chile  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96685

ID FORMATO

HOJA  DE

REGISTRO

**CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD**

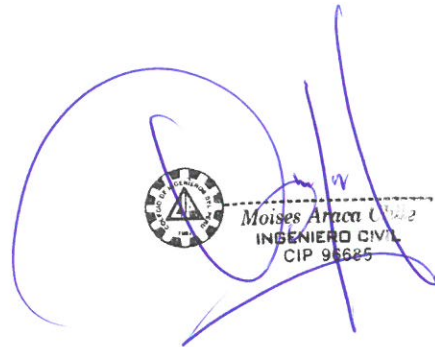
OBRA : MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA- DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO  
UBICACIÓN : DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO- REGION PUNO  
SOLICITANTE : ING. PROYECTISTA  
MUESTRA : TERRENO DE FUDNACION C-2 M-1  
CALICATA : C-02 M-01  
FECHA : MARZO DE 2019

TECN.RESP. : B.H.Y.  
ING. RESP. : M.A.CH.

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL  
(ASTM D-2216)**

DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	952.60				
SUELO SECO + RECIPIENTE	859.60				
PESO RECIPIENTE	0.00				
PESO DE AGUA	93.00				
PESO DE SUELO SECO	859.60				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.82				
*****	***	***	****		

**Conclusiones:**



Moises Araca C. Ochoa  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96625



ID FORMATO  HOJA  DE  REGISTRO

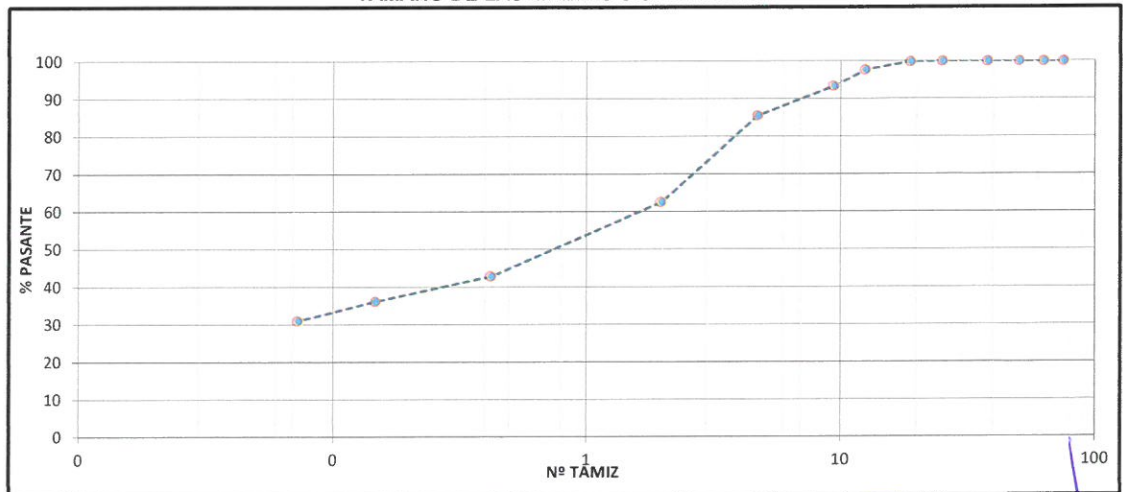
**CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA- DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO  
 UBICACIÓN : DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO- REGION PUNO  
 SOLICITANTE : ING. PROYECTISTA  
 MUESTRA : TERRENO DE FUDNACION C-2 M-1  
 CALICATA : C-02 M-01  
 FECHA : MARZO DE 2019  
 TECN.RESP. : B.H.Y.  
 ING. RESP. : M.A.CH.

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D-422)**

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	100.00		0.0	0.0	100.0		
3"	76.200		0.0	0.0	100.0		Peso Inicial : 1524.0 Gr.
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0		Peso Fraccion :
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		L. L. : 27.30%
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00		L. P. : 20.66%
3/4"	19.050	2.1	0.14	0.14	99.86		I. P. : 6.64
1/2"	12.700	32.6	2.14	2.28	97.72		<b>CLASIFICACION</b>
3/8"	9.525	65.0	4.27	6.54	93.46		AASHTO : A-2-4 ( 0 )
1/4"	6.350		0.00	6.54	93.46		SUCS : SM-SC
No 4	4.760	120.3	7.89	14.44	85.56		
No 6	3.360		0.00	14.44	85.56		W NATURAL % : 10.82
No 8	2.380		0.00	14.44	85.56		
No 10	2.000	350.6	23.01	37.44	62.56		GRAVA : 14.44 %
No 16	1.190		0.00	37.44	62.56		ARENA : 54.57 %
No 20	0.840	98.6	6.47	43.91	56.09		FINO : 31.00 %
No 30	0.590		0.00	43.91	56.09		
No 40	0.426	201.3	13.21	57.12	42.88		
No 50	0.297		0.00	57.12	42.88		Observaciones :
No 80	0.177		0.00	57.12	42.88		
No 100	0.149	102.5	6.73	63.85	36.15		
No 200	0.074	78.6	5.16	69.00	31.00		
-200		472.4	31.0	100.0	0.0		

**REPRESENTACION GRAFICA  
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Conclusiones:

*(Handwritten signature and stamp)*  
 Moises Arca C.  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 96685

ID FORMATO

HOJA  DE

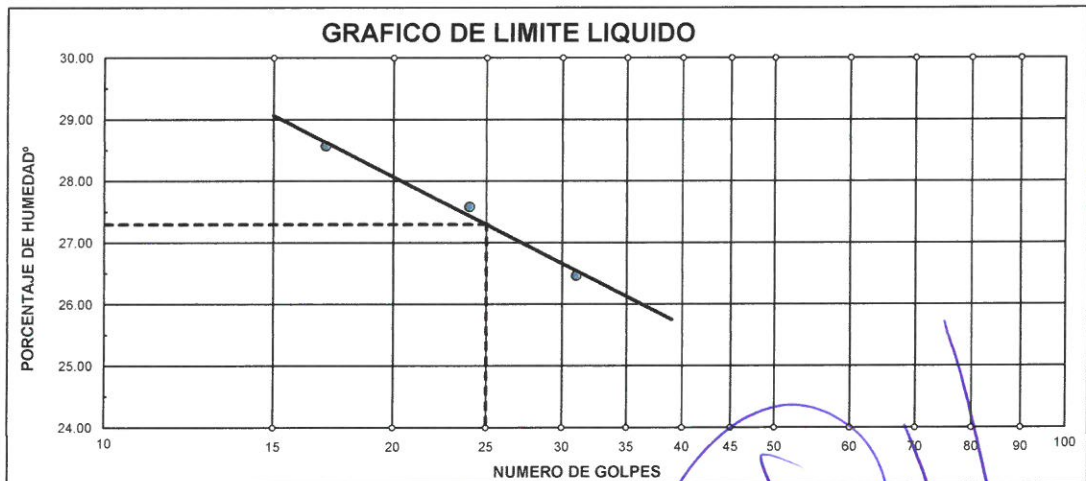
REGISTRO

**CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD**

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CATAHUI Y TUCSUMA- DISTRITO DE PICHACANI - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO  
UBICACIÓN : DISTRITO PICHACANI - PROVINCIA PUNO- REGION PUNO  
SOLICITANTE : ING. PROYECTISTA  
MUESTRA : TERRENO DE FUDNACION C-2 M-1  
CALICATA : C-02 M-01  
FECHA : MARZO DE 2019  
TECN. RESP.: B.H.Y.  
ING. RESP. : M.A.CH.

**LIMITES DE CONSISTENCIA  
(ASTM D-424)**

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No.	A	E	G	A	D
01. No.DE GOLPES		31	24	17		
02. TARA No.		A	E	G	A	D
03. SUELO HUMEDO * TARA	g	29.68	28.74	30.14	17.85	18.21
04. SUELO SECO * TARA	g	25.21	24.23	25.14	15.52	15.82
05. PESO DEL AGUA	g	4.47	4.51	5.00	2.33	2.39
06. PESO DEL TARA	g	8.32	7.88	7.64	4.23	4.26
07. PESO DEL SUELO SECO	g	16.89	16.35	17.50	11.29	11.56
08. HUMEDAD	%	26.47	27.58	28.57	20.64	20.67
<b>L.L.=</b>	<b>27.30 %</b>	<b>L.P.=</b>	<b>20.66 %</b>	<b>I.P.=</b>	<b>6.64 %</b>	



Conclusiones:



Moises Araca Cordero  
INGENIERO CIVIL  
CIP 96685