



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad
sísmica del local municipal de Acraquia 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Efraín Alexander Huamán Misari

Carlos Itamar Neyra Moreyra

ASESOR:

Msc. Ing. Cesar Augusto Paccha Rufasto

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño sísmico y estructural

LIMA - PERÚ

2018

| | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS | Código : F07-PP-PR-02.02 |
| | | Versión : 09 |
| | | Fecha : 23-03-2018 |
| | | Página : 1 de 29 |

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a), **HUAMAN MISARI, EFRAIN ALEXANDER**

Cuyo título es: **"PROPUESTA DE REFORZAMIENTO EN ADOBE PARA LA MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL LOCAL MUNICIPAL DE ACRAQUIA 2018."**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **12** (número) **DOCE** (letras).

Lima, San Juan de Lurigancho, 15 de Diciembre de 2018



Mgtr. Ing. RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ
PRESIDENTE



Mgtr. Ing. PACCHA RUFASTO CESAR AUGUSTO
SECRETARIO



Ing. DE LA CRUZ HERRERA ANDRES EDUARDO
VOCAL

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad | Aprobó | Rectorado |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|

| | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS | Código : F07-PP-PR-02.02 |
| | | Versión : 09 |
| | | Fecha : 23-03-2018 |
| | | Página : 1 de 29 |

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a), **NEYRA MOREYRA, CARLOS ITAMAR**

Cuyo título es: **"PROPUESTA DE REFORZAMIENTO EN ADOBE PARA LA MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL LOCAL MUNICIPAL DE ACRAQUIA 2018."**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **12 (número) DOCE (letras)**.

Lima, San Juan de Lurigancho, 15 de Diciembre de 2018



Mgtr. Ing. RODRIGUEZ SOLIS CARMEN BEATRIZ

PRESIDENTE



Mgtr. Ing. PACCHA RUFASTO CESAR AUGUSTO

SECRETARIO



Ing. DE LA CRUZ HERRERA ANDRES EDUARDO

VOCAL

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad | Aprobó | Rectorado |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|

DEDICATORIA

- En primer lugar a Dios por darnos la vida, salud y muchas bendiciones.
- A nuestras familias, en especial a nuestras Esposas e Hijos por estar siempre en esos momentos difíciles brindándonos su amor, comprensión y paciencia.
- Por último a todas aquellas personas que siempre me dieron el aliento para seguir adelante hasta poder lograr nuestro objetivo.

AGRADECIMIENTO


Agradecer a los docentes de la facultad de ingeniería de esta universidad quienes nos brindaron sus conocimientos para formarnos profesionalmente y a ustedes señores del Jurado, por este detalle de darle a muchas personas como nosotros tener la oportunidad de tener el conocimiento para poder realizarnos en el ámbito empresarial.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

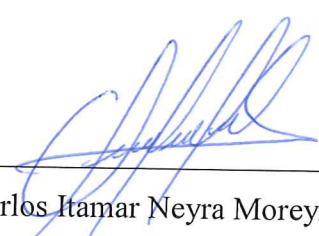
Yo, Efraín Alexander Huamán Misari, identificado con DNI N° 41058686 y Carlos Itamar Neyra Moreyra identificado con DNI N° 41186839, estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, con la tesis titulada “Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia 2018.”, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de Diciembre del 2018



Efraín Alexander Huamán Misari
DNI N° 41058686



Carlos Itamar Neyra Moreyra
DNI N° 41186839

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado Calificador:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo se presenta ante ustedes la Tesis titulada” “Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia 2018.”, la misma que se somete a vuestra consideración, esperando que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Efraín Alexander Huamán Misari

DNI N° 41058686

Carlos Itamar Neyra Moreyra

DNI N° 41186839

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD..... | vi |
| PRESENTACIÓN..... | vii |
| RESUMEN..... | xx |
| ABSTRACT..... | xxi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 22 |
| 1.1 Realidad problemática..... | 23 |
| 1.2 Trabajos previos..... | 28 |
| 1.2.1 Antecedentes nacionales..... | 28 |
| 1.2.2 Antecedentes internacionales..... | 30 |
| 1.3 Teorías relacionadas al tema..... | 32 |
| 1.3.1 Reforzamiento con Malla Exterior Natural en Muros de Adobe..... | 33 |
| 1.3.2 Reforzamiento con Elementos de Madera Confinantes..... | 33 |
| 1.3.3 Reforzamiento con Viga Collar utilizando Madera y Barro..... | 34 |
| 1.3.4 Reforzamiento mediante Viga Collar de Concreto Armado..... | 35 |
| 1.3.5 Viga collar de Madera Externa..... | 36 |
| 1.3.6 Contrafuertes o Mochetas..... | 36 |
| 1.3.7 Reforzamiento en falla de cumbrera mediante tablas en Línea de Debilidad. 37 | 37 |
| 1.3.8 Reforzamiento con Mallas Electrosoldadas en Construcciones de Adobe ... | 38 |
| 1.3.9 Reforzamiento con Geomalla en Construcciones de adobe..... | 39 |
| 1.3.10 Medición de la resistencia sísmica de una edificación de tierra local..... | 40 |
| 1.3.11 Vulnerabilidad sísmica..... | 40 |
| 1.3.12 Evaluación de vulnerabilidad sísmica del local con reforzamiento antisísmico 40 | 40 |
| 1.3.13 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante pushover..... | 40 |
| 1.4 Formulación del Problema..... | 43 |
| 1.4.1 General..... | 43 |
| 1.4.2 Específicos..... | 43 |
| 1.5 Justificación del estudio..... | 43 |
| 1.5.1 Justificación teórica..... | 43 |

| | | |
|-------|---|----|
| 1.5.2 | Justificación metodológica | 43 |
| 1.5.3 | Justificación tecnológica..... | 43 |
| 1.5.4 | Justificación económica..... | 43 |
| 1.6 | Hipótesis | 44 |
| 1.6.1 | General..... | 44 |
| 1.6.2 | Específica..... | 44 |
| 1.7 | Objetivos..... | 44 |
| 1.7.1 | General..... | 44 |
| 1.7.2 | Específicos..... | 44 |
| II. | MÉTODO | 45 |
| 2.1 | Diseño de la investigación | 46 |
| 2.1.1 | Estudio de las características de los materiales | 46 |
| 2.1.2 | Estudio de las características del suelo..... | 47 |
| 2.1.3 | Determinación de la demanda sísmica | 49 |
| 2.1.4 | Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la estructura existente..... | 49 |
| 2.1.5 | Determinación del efecto del reforzamiento propuesto..... | 49 |
| 2.1.6 | Tipo de diseño | 50 |
| 2.1.7 | Tipo de investigación | 50 |
| 2.1.8 | Alcance de la investigación | 50 |
| 2.2 | Variables, Operacionalización | 50 |
| 2.2.1 | Variable independiente | 50 |
| 2.2.2 | Variable dependiente | 51 |
| 2.2.3 | Operacionalización de variables..... | 51 |
| 2.3 | Población y muestra..... | 51 |
| 2.3.1 | Población | 51 |
| 2.3.2 | Muestra | 52 |
| 2.4 | Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..... | 54 |
| 2.4.1 | Técnicas | 54 |
| 2.4.2 | Instrumentos | 54 |
| 2.4.3 | Validez y confiabilidad..... | 54 |
| 2.5 | Métodos de análisis de datos | 55 |
| 2.5.1 | Análisis de vulnerabilidad sísmica del local municipal con reforzamiento .. | 55 |
| 2.6 | Aspectos éticos | 55 |
| III. | RESULTADOS | 56 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.1 | Descripción de las características del local municipal de Acráquia | 57 |
| 3.2 | Estudio de las características del suelo | 58 |
| 3.3 | Estudio de las características mecánicas del adobe extraído in situ | 61 |
| 3.3.1 | Ensayo de la resistencia a la compresión..... | 62 |
| 3.3.2 | Ensayo de resistencia a la flexión..... | 65 |
| 3.4 | Estudio de especímenes de adobe fabricados | 67 |
| 3.4.1 | Resistencia de especímenes a la compresión..... | 67 |
| 3.4.2 | Resistencia de los especímenes a la flexión | 68 |
| 3.5 | Modelamiento de la estructura sin reforzamiento..... | 68 |
| 3.5.1 | Modelamiento del adobe | 73 |
| 3.5.2 | Cargas | 74 |
| 3.5.3 | Determinación del peligro sísmico..... | 78 |
| 3.5.4 | Respuesta sísmica del local sin reforzar | 80 |
| 3.6 | Modelamiento de la estructura reforzada con viga collar..... | 87 |
| 3.6.1 | Determinación del peligro sísmico..... | 93 |
| 3.6.2 | Resultados obtenidos | 95 |
| 3.6.3 | Distribución de esfuerzos internos | 98 |
| 3.7 | Modelamiento de la estructura con malla metálica..... | 101 |
| 3.7.1 | Modelamiento de la malla | 102 |
| 3.7.2 | Resultado | 107 |
| 3.8 | Modelamiento de la estructura con geomallas..... | 113 |
| 3.8.1 | Resultados del modelamiento..... | 119 |
| 3.9 | Resumen de resultados..... | 122 |
| IV. | DISCUSIÓN..... | 125 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 131 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 133 |
| VII. | REFERENCIAS..... | 135 |
| VIII. | ANEXOS | 140 |

INDICE DE TABAS

| | |
|--|----|
| Tabla 3-1: Características físicas de las calicatas analizadas. Fuente: Elaboración propia. | 58 |
| Tabla 3-2: Parámetros geotécnicos característicos del suelo estudiado. Fuente: Elaboración propia..... | 59 |
| Tabla 3-3: Parámetros dinámicos del suelo característico de la zona estudiada. Fuente: Elaboración propia. | 59 |
| Tabla 3-4: Factores de zona presentes en la actual norma de diseño sísmico. Fuente: E030 (2018.)..... | 61 |
| Tabla 3-5: Dimensiones de los especímenes usados en la determinación de las propiedades mecánicas. Fuente: Elaboración propia..... | 63 |
| Tabla 3-6: Resistencia mecánica a la compresión transversal de unidades de adobe. Fuente: Elaboración propia. | 65 |
| Tabla 3-7: Dimensiones características de las unidades de adobe ensayadas bajo carga de flexión. Fuente: Elaboración propia..... | 65 |
| Tabla 3-8: Resistencia a la flexión encontrada en la evaluación de las unidades de adobe. Fuente: Elaboración propia. | 66 |
| Tabla 3-9: Dimensiones de los especímenes usados en la determinación de las propiedades mecánicas. Fuente: Elaboración propia..... | 67 |
| Tabla 3-10: Resistencia mecánica a la compresión transversal de unidades de adobe. Fuente: Elaboración propia. | 67 |
| Tabla 3-11: Resistencia a la flexión encontrada en la evaluación de las unidades de adobe. Fuente: Elaboración propia. | 68 |
| Tabla 3-12: Parámetros sísmicos de la estructura analizada | 78 |
| Tabla 3-13: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debido al sismo en x. Fuente: Elaboración propia. | 80 |
| Tabla 3-14: Desplazamientos máximos en x e y, debido al sismo en y. Fuente: Elaboración propia..... | 81 |
| Tabla 3-15: Máximas distorsiones laterales encontradas debido al sismo en x. | 82 |
| Tabla 3-16: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debido al sismo en y. Fuente: Elaboración propia | 82 |
| Tabla 3-17: Modelo de elasticidad característico de la madera en función de la variedad de estas. Fuente: ATCP Ingeniería. | 87 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 3-18: Modulo de Poisson de la madera. Fuente: ATCP Ingeniería. | 88 |
| Tabla 3-19: Peso específico característico de la madera según variedad. Fuente: Instituto Nacional para la normalización INTI..... | 88 |
| Tabla 3-20: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debido al sismo en x. Fuente: Elaboración propia. | 95 |
| Tabla 3-21: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 96 |
| Tabla 3-22: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 97 |
| Tabla 3-23: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 97 |
| Tabla 3-24: Propiedades mecánicas características del acero de refuerzo. Fuente: Elaboración propia. | 102 |
| Tabla 3-25: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debido al sismo en x. Fuente: Elaboración propia. | 107 |
| Tabla 3-26: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 108 |
| Tabla 3-27: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 109 |
| Tabla 3-28: Distorsiones máximos en dirección x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 110 |
| Tabla 3-29: Propiedades mecánicas ticas de la geomalla PAVCO. Fuede: Sistemas Pavco. | 113 |
| Tabla 3-30: Propiedades físicas y características de venta de la geomalla PAVCO. Fuente: Sistemas Pavco. | 114 |
| Tabla 3-31: Obtención de las masas sísmicas a ser incluidas en el análisis sísmico modal espectral. Fuente: Elaboración propia. | 117 |
| Tabla 3-32: Máximos desplazamientos en dirección x debidas a las técnicas de reforzamiento estudiadas en el presente trabajo. Fuente: Elaboración propia. | 122 |
| Tabla 3-33: Máximos desplazamientos en dirección y debidas a las técnicas de reforzamiento estudiadas en el presente trabajo. Fuente: Elaboración propia. | 122 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1-1: Local municipal del distrito de Acraquia..... | 26 |
| Figura 1-2: Rajaduras existentes en los muros del local municipal | 26 |
| Figura 1-3: Interior del primer piso del local municipal..... | 27 |
| Figura 1-4: Interior del segundo piso del local municipal | 27 |
| Figura 1-5: Ubicación geográfica del distrito de Acraquia en Huancavelica. Fuente: Elaboración propia. | 27 |
| Figura 1-6: Reforzamiento de viviendas de adobe usando listones de madera. | 34 |
| Figura 1-7: Rehabilitación con elementos de madera confinantes (AIS, 2010)..... | 34 |
| Figura 1-8: Viga de anillo de madera (Vargas et al., 2007)..... | 35 |
| Figura 1-9: Viga collar de concreto armado (GTZ, COPASA, PUCP, 2005) | 35 |
| Figura 1-10: Comportamiento sísmico de una estructura frente a cargas monotonamente crecientes..... | 41 |
| Figura 2-1: Ensayo de resistencia a la compresión y de flexión en unidades de adobe. Fuente: Elaboración propia. | 47 |
| Figura 2-2: Disposición de las calicatas excavadas alrededor de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia. | 48 |
| Figura 3-1: Vista en planta del local municipal del distrito de Acraquia. Fuente: Elaboración propia..... | 57 |
| Figura 3-2: Vista en planta del segundo nivel de local municipal del distrito de Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 58 |
| Figura 3-3: Mapa de peligro sísmico del Perú, de acuerdo con la norma de diseño sísmico. Fuente: E030 (2018)..... | 60 |
| Figura 3-4: Distrito de Acraquia, perteneciente al departamento de Huancavelica. Fuente: E030 (2018)..... | 61 |
| Figura 3-5: Unidades de adobe elaboradas con los procedimientos típicos aplicados en Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 62 |
| Figura 3-6: Colocación, aplicación de carga axial y falla de un espécimen típico de adobe. Fuente: Elaboración propia. | 63 |
| Figura 3-7: Colocación y aplicación de carga flexional en especímenes de adobe. Fuente: Elaboración propia. | 66 |

| | |
|---|----|
| Figura 3-8: Cálculo del peso unitario de las unidades de adobe. Fuente: Elaboración propia. | 68 |
| Figura 3-9: Calculo del módulo de elasticidad del adobe. Fuente: Elaboración propia. | 69 |
| Figura 3-10: Cargas vivas mínimas recomendadas para lugares con actividades similares a oficinas. Fuente: Norma peruana de cargas E020. | 69 |
| Figura 3-11: Modelamiento elástico del adobe, como material de construcción. Fuente: Elaboración propia. | 70 |
| Figura 3-12: Modelamiento de los muros de adobe presentes en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia. | 70 |
| Figura 3-13: Aplicación de las masas provenientes del sistema de techo. Fuente: Elaboración propia..... | 71 |
| Figura 3-14: Masa proveniente del sistema de techo aplicada a la estructura. Fuente: Elaboración propia. | 71 |
| Figura 3-15: Modelo estructural del local comunal del distrito de Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 72 |
| Figura 3-16: Vista frontal de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia. | 72 |
| Figura 3-17: Elemento Shell de cuatro nodos característico, usado para modelar muros. Fuente: Computers and Structures (2018)..... | 73 |
| Figura 3-18: Esfuerzos internos presentes en el elemento estudiado. Fuente: Computers and Structures (2018)..... | 73 |
| Figura 3-19: Captura de pantalla de las cargas aplicadas en la estructura. Fuente: Elaboración propia..... | 74 |
| Figura 3-20: Captura de pantalla de la definición de las propiedades de la estructura. Fuente: Elaboración propia. | 75 |
| Figura 3-21: Aplicación de cargas muertas al sistema de piso del local municipal de Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 76 |
| Figura 3-22: Aplicación de cargas vivas al sistema de piso del local municipal de Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 76 |
| Figura 3-23: Definición de la masa sísmica a partir de los casos de carga considerados. Fuente: Elaboración propia. | 77 |
| Figura 3-24: Formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel $T_1=0.64$ s, $T_2=0.48$ s. Fuente: Elaboración propia. | 77 |

| | |
|--|----|
| Figura 3-25: Tercera y cuarta formas de modo de la estructura analizada $T_3=0.45$ s, y $T_4=0.45$ s. Fuente: Elaboración propia. | 77 |
| Figura 3-26: Quinta y sexta formas de modo de la estructura analizada $T_5=0.36$ s y $T_6=0.34$ s. Fuente: Elaboración propia. | 78 |
| Figura 3-27: Espectro de aceleraciones asociado a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia. | 79 |
| Figura 3-28: Espectro de desplazamientos asociados a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia. | 79 |
| Figura 3-29: Definición del espectro de diseño correspondiente a las características de la edificación. Fuente: Elaboración propia. | 80 |
| Figura 3-30: Máximos desplazamientos encontrados en la estructura debido al sismo en dirección x. Fuente: Elaboración propia. | 81 |
| Figura 3-31: Máximos desplazamientos encontrados en la estructura debido al sismo en dirección y. Fuente: Elaboración propia. | 82 |
| Figura 3-32: Máximas distorsiones laterales en x e y, debido al sismo en x. Fuente: Elaboración propia. | 83 |
| Figura 3-33: Máximas distorsiones laterales encontradas debido al sismo en y. Fuente: Elaboración propia. | 83 |
| Figura 3-34: Máximos niveles de momentos flectores existentes en la estructura debido al sismo en el eje X. Fuente: Elaboración propia. | 84 |
| Figura 3-35: Máximos niveles de momentos flectores existentes en la estructura debido al sismo en el eje Y. Fuente: Elaboración propia. | 84 |
| Figura 3-36: Desplazamientos laterales máximos debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 85 |
| Figura 3-37: Desplazamientos laterales máximos debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 85 |
| Figura 3-38: Máximas distorsiones laterales debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 86 |
| Figura 3-39: Desplazamientos laterales máximos debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 86 |
| Figura 3-40: Planta del segundo nivel del local municipal de Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 87 |

| | |
|--|----|
| Figura 3-41: Modelamiento de las características mecánicas del adobe presentes en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia. | 89 |
| Figura 3-42: Modelamiento de la viga collar de madera. Fuente: Elaboración propia. | 89 |
| Figura 3-43: Colocación de la viga collar en la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia. | 90 |
| Figura 3-44: Vista tridimensional del local municipal de Acraquia reforzada con madera. Fuente: Elaboración propia. | 90 |
| Figura 3-45: Aplicación de cargas muertas y cargas vivas en el sistema de pisos. Fuente: Elaboración propia. | 91 |
| Figura 3-46: Formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel $T_1=0.27$ s, $T_2=0.25$ s. Fuente: Elaboración propia. | 92 |
| Figura 3-47: Formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel $T_3=0.25$ s y $T_4=0.23$ s. Fuente: Elaboración propia. | 92 |
| Figura 3-48: Formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel, $T_5=0.23$ s y $T_6=0.22$ s= Fuente: Elaboración propia. | 92 |
| Figura 3-49: Espectro de aceleraciones asociado a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia. | 93 |
| Figura 3-50: Espectro de desplazamientos asociados a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia. | 94 |
| Figura 3-51: Definición del espectro de diseño correspondiente a las características de la edificación. Fuente: Elaboración propia. | 94 |
| Figura 3-52: Máximas desplazamientos laterales encontradas debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 95 |
| Figura 3-53: Máximas desplazamientos laterales encontradas debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 96 |
| Figura 3-54: Máximas distorsiones laterales encontradas debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 97 |
| Figura 3-55: Máximas distorsiones laterales encontradas debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 98 |
| Figura 3-56: Distribución de momentos M_{22} existente en la estructural debido a la acción del sismo en dirección x. Fuente: Elaboración propia. | 98 |
| Figura 3-57: Distribución de momentos M_{22} existente en la estructural debido a la acción del sismo en dirección x. Fuente: Elaboración propia. | 99 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3-58: Máximos desplazamientos debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 99 |
| Figura 3-59: Máximos desplazamientos debido a Y. Fuente: Elaboración propia. | 100 |
| Figura 3-60: Máximos niveles de distorsiones laterales debidas al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 100 |
| Figura 3-61: Máximos niveles de distorsiones laterales debidas al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 101 |
| Figura 3-62: Planta del primer nivel del local municipal del distrito de Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 101 |
| Figura 3-63: Planta del segundo nivel del local municipal del distrito de Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 102 |
| Figura 3-64: Propiedades mecánicas del acero estructural. Fuente: Elaboración propia. ... | 103 |
| Figura 3-65: Modelamiento de las características mecánicas del acero. Fuente: Elaboración propia. | 103 |
| Figura 3-66: Sección transversal de una hebra típica de la malla metálica. Fuente. Elaboración propia. | 104 |
| Figura 3-67: Elemento frame usado para el modelamiento de las mallas electrosoldadas. Fuente: Elaboración propia. | 104 |
| Figura 3-68: Coincidencia entre los elementos frame (malla electrosoldadas) y los muros de adobe, modeladas como elementos shell. Fuente: Elaboración propia. | 105 |
| Figura 3-69: Modelo tridimensional del local municipal de Aacraquia reforzada con malla metálica. Fuente: Elaboración propia. | 105 |
| Figura 3-70: Primera y segundas formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel $T_1=0.65$ s, $T_2=0.48$ s. Fuente: Elaboración propia. | 106 |
| Figura 3-71: Tercera y cuarta formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel $T_3=0.46$ s, $T_4=0.45$ s. Fuente: Elaboración propia. | 106 |
| Figura 3-72: Quinta y sexta formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel, $T_5=0.35$ s, $T_6=0.34$ s. Fuente: Elaboración propia. | 107 |
| Figura 3-73: Máximos desplazamientos en direcciones x e y, debidas al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 108 |
| Figura 3-74: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debidas al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 109 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3-75: Máximos desplazamientos en direcciones x e y, debidas al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 110 |
| Figura 3-76: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debidas al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 111 |
| Figura 3-77: Máximos desplazamientos en direcciones x e y, debidas al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 111 |
| Figura 3-78: Máximos desplazamientos en direcciones x e y, debidas al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 112 |
| Figura 3-79: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debidas al sismo en X. Fuente: Elaboración propia. | 112 |
| Figura 3-80: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debidas al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia. | 113 |
| Figura 3-81: Geomallas de polímeros de alta densidad, usados en la construcción de pavimentos. Fuente: Elaboración propia. | 113 |
| Figura 3-82: Modelamiento del comportamiento de los polímeros constituyentes de la geomalla. Fuente: Elaboración propia. | 115 |
| Figura 3-83: Modelamiento de las características mecánicas del adobe presentes en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia. | 115 |
| Figura 3-84: Modelamiento de las hebras de una geomalla característica. Fuente: Elaboración propia. | 115 |
| Figura 3-85: Modelamiento del local municipal de Acraquia reforzado con geomallas. Fuente: Elaboración propia. | 116 |
| Figura 3-86: Cargas muertas aplicadas al sistema de piso del local de Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 116 |
| Figura 3-87: Cargas vivas aplicadas al sistema de piso del local de Acraquia. Fuente: Elaboración propia. | 117 |
| Figura 3-88: Definición del cálculo de la masa sísmica. Fuente: Elaboración propia. | 117 |
| Figura 3-89: Primera y segundas formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel $T_1=0.64s$ y $T_2=0.48s$. Fuente: Elaboración propia. | 118 |
| Figura 3-90: Tercera y cuarta formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel, $T_3=0.45s$ y $T_4=0.45s$. Fuente: Elaboración propia. | 118 |
| Figura 3-91: Quinta y sexta formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel, $T_5=0.36s$ y $T_6=0.34s$. Fuente: Elaboración propia. | 118 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3-92: Máximos desplazamientos en x e y, debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia..... | 119 |
| Figura 3-93: Máximos desplazamientos en x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia..... | 119 |
| Figura 3-94: Máximos distorsiones en x e y, debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia..... | 120 |
| Figura 3-95: Máximas distorsiones en x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia..... | 120 |
| Figura 3-96: Distribución de momentos flectores en los elementos de la estructura analizada, debidos al sismo en x, e y, respectivamente: Fuente: Elaboración propia. | 121 |
| Figura 3-97: Distribución de esfuerzos (S22), encontrados debido al sismo en dirección x. Fuente: Elaboración propia. | 121 |
| Figura 3-98: Grafico de las máximos desplazamientos en x debidas a los reforzamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia. | 123 |
| Figura 3-99: Grafico de máximos desplazamientos en y debidas a los reforzamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia. | 123 |
| Figura 3-100: Grafico de las máximas distorsiones en x debidas a los reforzamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia. | 124 |
| Figura 3-101: Grafico de las máximas distorsiones en y debidas a los reforzamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia. | 124 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación estudia la vulnerabilidad sísmica de una estructura de adobe de dos niveles, específicamente el local municipal del distrito de Acraquia, en Huancavelica, así como el efecto que tienen tres técnicas de reforzamiento en la mitigación de su vulnerabilidad sísmica (Viga collar, malla electrosoldada y geomalla). La primera parte del trabajo ha sido orientada al estudio del adobe, en especial su resistencia a la tracción y compresión. La segunda parte ha sido orientada al estudio de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia. Para esto se han usado modelos de análisis estructural desarrollado en el software ETABS. Luego se han modelado los reforzamientos propuestos usando el mismo software. En cuanto a la calidad del adobe, se ha encontrado que este material excede los requerimientos mínimos exigidos por la norma de adobe (E080), en cuanto al comportamiento estructural, los resultados muestran que las tres técnicas de reforzamiento lograron disminuir de manera considerable los máximos niveles de desplazamientos y distorsiones obtenidos del análisis, sin embargo, se ha observado que la malla electrosoldada ha tenido un mejor efecto a la hora de disminuir las deformaciones impuestas por el nivel de peligro sísmico elegido, el que fue consecuente con la norma peruana de diseño sísmico (E030, 2018).

Palabras clave: Adobe, reforzamiento, viga collar, malla electrosoldada, geomalla.

ABSTRACT

The present research studies the seismic vulnerability of a earth's structures of two levels, specifically the municipal structure of the district of Acraquia, in Huancavelica, as well as the effect that have three techniques of reinforcement in the mitigation of earthquake vulnerability (Beam's wood , electrowelded mesh and geotextile grid). The first part of the work has been oriented to the study of earth masonry, especially its resistance to traction and compression. The second part has been oriented to the study of the seismic vulnerability of the Acraquia municipal location. For this, structural analysis models developed in the ETABS software have been used. Then the proposed reinforcements have been modeled using the same software. Regarding the quality of the adobe, it has been found that this material exceeds the minimum requirements demanded by the earths masonry standard (E080), in terms of structural behavior, the results show that the three reinforcement techniques managed to decrease the maximums considerably levels of displacements and distortions obtained from the analysis, however, it has been observed that the electrowelded mesh has had a better effect at the time of diminishing the deformations imposed by the seismic hazard level chosen, which was consistent with the Peruvian design norm seismic (E030, 2018).

Keywords: earth's masonry, retrofit, beam's wood, electrowelded mesh, geotextile grid.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En el territorio peruano las construcciones de adobe se remontan a épocas prehispánicas, la construcción con adobe es la técnica más remota del mundo. En la actualidad es muy común ver construcciones de adobes o tapial, principalmente en las zonas rurales del territorio peruano, esto debido a su disponibilidad y el bajo costo que representa su construcción.

Los movimientos sísmicos en China, India (2011), Pakistán, Filipinas (2014) y México (2017) han demostrado que las estructuras son muy susceptibles, poniendo en peligro a las vidas humanas especialmente a los que se encuentran en zonas sísmicas. Si nos remontamos a los sucesos realizados en el Perú, la historia nos indica que el terremoto registrado en Ancash (1970) teniendo una magnitud de 7,8 en escala de Richter, el cual ocasiono la pérdida de 70,000 vidas humanas, de igual modo el terremoto acontecido en la ciudad de Ica (2007) con una dimensión de 7,9 en escala de Richter, teniendo como consecuencia la pérdida de 596 vidas humanas y más de 48,208 viviendas destruidas (INDECI, 2008). Estas dos ocurrencias sísmicas han sido las más desastrosas ocurridas en el territorio nacional de las cuales las construcciones de adobe han sido las que mayores daños han presentado en su estructura.

De acuerdo al Censo Nacional XI Población y VI Vivienda del 2007 se concluyó que el 34% de viviendas eran de adobe. Asimismo, según el Censo Escolar (2009), indica que el 34% de los colegios son hechos de adobe (INEI). Esto nos indica que no solo se usó el adobe para construir viviendas sino también para construir edificaciones que albergan una gran cantidad de vidas humanas.

En la actualidad a nivel nacional en el Perú existen más del 33% de viviendas de adobe o tapia. En las zonas Urbanas el índice es de un 21%, incrementándose a un 72 % en las zonas rurales (INEI 2016). Estos indicadores nos demuestran que es en las zonas rurales donde existe la mayor cantidad de construcciones de adobe, esto debido a que los pobladores tienen a su alcance la materia prima como es la tierra para poder realizar sus construcciones.

En el último decenio del siglo que paso se declaró como “Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales”. Declarado por las Naciones Unidas, este hecho propicio que se desarrollara un proyecto de investigación con la colaboración de tres grandes entidades privadas, como son el Centro Regional de Sismología para América del Sur, la Pontificia Universidad Católica del Perú y la Corporación Técnica Alemana., siendo esta última quien se encargaría del financiamiento del proyecto. Dicho proyecto buscaba dar soluciones a las construcciones tradicionales de adobe, proporcionándole resistencia sísmica

suficiente para que durante la ocurrencia del sismo los habitantes puedan salir de sus viviendas antes de que estas colapsen.

Al tratarse de un proyecto piloto esto se ejecutó en 13 centros poblados del país, en los que fueron incluidas las regiones de Ancash, Cusco, Moquegua, Tacna, Ica y La Libertad, el proyecto consistía en reforzar los muros interconectados entre si colocándole malla electrosoldada en la parte superior y en las esquinas de los muros los cuales cumplen la función de columna y viga. Este tipo de refuerzo permitía que se incremente la resistencia sísmica y demore el colapso de las edificaciones. Permitiendo ello que los habitantes tengan tiempo para poder evacuar a áreas consideradas como seguras durante la ocurrencia de un movimiento telúrico (Zegarra, et al., 1999).

A lo largo de nuestra historia se han ido ejecutando proyectos que permiten darle una buena resistencia sísmica a las edificaciones de adobe, tal es el caso que en el 2005 la Corporación Peruana Alemana de Seguridad Alimentaria – COPASA fabrico módulos de adobe mejorado y construyo alrededor de 400 viviendas teniendo como una de sus características principales el refuerzo de viga collar de concreto armado y malla electrosoldada.

Hoy en día gracias a las investigaciones realizadas por diferentes entidades, contamos con distintos manuales referentes a construcciones con adobe entre ellos el Manual técnico de reforzamiento en construcciones de adobe existentes en la costa y sierra (GTZ-CERESIS-PUCP, 1997), Manual de construcciones sismo resistentes en adobe y Manual para elaborar adobes mejorados (GTZ-PUCP, 2005), Manual de edificaciones reforzadas con adobe y geomallas de viviendas seguras saludables y de bajo costo (Blondet, 2010), entre otros.

En las zonas rurales de nuestro territorio nacional el elemento natural más utilizado en la edificación de estructuras es la tierra cruda, esto debido a sus propiedades térmicas y el bajo costo que genera la adquisición de la materia prima ya que esta se encuentra al alcance de los pobladores generándose así un costo cero.

Los movimientos telúricos ocurridos tanto en nuestro país como a nivel mundial nos han demostrado que las construcciones de adobe que no tienen refuerzos son las más débiles sísmicamente, esto debido a que los pobladores hacen una autoconstrucción en base a sus conocimientos empíricos, sin tener en cuenta los parámetros técnicos necesarios para poder realizar una buena construcción.

La vulnerabilidad sísmica es el nivel de daño que sufren las construcciones durante la ocurrencia de movimientos telúricos. Esto debido a la falta de resistencia y solidez de la construcción cuando ocurre un sismo. De otra parte, se considera como peligro sísmico a la

posibilidad de que haya un posible movimiento telúrico en una determinada zona dentro de un lapso determinado de tiempo, debido a los movimientos generados por el sismo pueden ocurrir otros efectos como licuefacción de suelos, derrumbes y otros (Bommer J, 1998).

El Adobe

El adobe es el elemento más antiguo usado en la construcción de edificaciones y ha estado presente en todos los continentes desde la antigüedad. El adobe es un bloque macizo de tierra cruda en base a barro y paja (la paja se usa para evitar que se agriete) en diversas proporciones, se fabrica de forma artesanal. Su consistencia del adobe es de 1500 – 1700 kg/m³.

En las zonas alto andinas de nuestro territorio se utiliza en gran cantidad para construir viviendas, locales y colegios. Debido a su espesor, consistencia y sus propiedades del material este proporciona aislamiento térmico y acústico, asimismo tiene una buena resistencia al fuego.

Descripción del local municipal a reforzar

La provincia de Tayacaja se ubica en el departamento de Huancavelica, está conformado por 18 distritos dentro de los cuales se encuentra el distrito de Acraquia. Su población es de 5203 habitantes, la mayoría de sus viviendas han sido construidas empíricamente de adobe.

Posee un local municipal el cual fue construido de adobe hace más de 40 años, dicho local cuenta con 2 niveles, techo de madera machimbrada y cielo raso de triplay en el primer piso y en el segundo piso cuenta con un techo a dos guas de calamina, con vigas de madera, cielo raso de triplay y su área construida es de 450 m² aproximadamente, de otra parte se observa la existencia de fisuras en las paredes de la edificación y como tal está expuesto a un alto riesgo sísmico, más aun si tomamos en cuenta que la edificación fue construido contraviniendo lo dispuesto por la norma E-080 en su capítulo II, artículo 4, inciso 4.2, donde dice que las edificaciones construidas en adobe solo serán de un piso en las zonas sísmica 3 y 4. Estando el distrito de Acráquia ubicado en la zona sísmica N° 3 por lo que podemos decir sin lugar a dudas que el local municipal se encuentra con un alto riesgo de colapsar cuando ocurra un evento sísmico.



Figura 1-1: Local municipal del distrito de Acraquia.



Figura 1-2: Rajaduras existentes en los muros del local municipal



Figura 1-3: Interior del primer piso del local municipal.



Figura 1-4: Interior del segundo piso del local municipal

Para poder reducir la vulnerabilidad sísmica del local municipal se tiene previsto presentar una propuesta de reforzamiento el cual permitirá salvaguardar la seguridad de la vida humana.

Ubicación geográfica

El local municipal está situado en el departamento de Huancavelica, provincia de Tayacaja, distrito de Acraquia (figura 5). La longitud, latitud y la altitud son (Google Earth, 2018):

Latitud: -12.396

Longitud: -74.939

Altitud: 3287 msnm



Figura 1-5: Ubicación del distrito de Acraquia. Fuente: Elaboración propia.

1.2 Trabajos previos

Para realizar el presente proyecto de investigación se recurrió a antecedentes nacionales e internacionales los cuales se describen a continuación.

1.2.1 Antecedentes nacionales

Cabrera y Huaynate (2010), en su tesis titulada “Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada al agua debido a inundaciones”, presentada ante la PUCP, realizan un estudio de las características físicas del adobe, en especial su comportamiento frente a la humedad, para luego proponer tres tipos de refuerzos orientados a evitar el contacto del agua con el adobe. El objetivo de esta investigación fue mitigar los efectos que el agua puede tener sobre elementos de adobe, cuando estas se encuentran en contacto por periodos de tiempo considerables, hecho que es muy común cuando ocurren inundaciones. El método de investigación usado fue experimental, pues los autores estudiaron muestra de adobe con ciertos niveles de humedad y luego se estudiaron sus propiedades mecánicas en cada caso. Además, se propusieron tres técnicas para evitar los efectos del agua en el adobe, estos consistieron en realizaron cimientos de concreto con una altura suficiente para impedir que los muros de adobe sean afectados por el agua. La segunda propuesta consistió en el uso de un tarrajeo de concreto, es decir, una aplicación externa del concreto. Los resultados muestran que al evitar que el agua tenga contacto con las unidades de adobe, es posible garantizar la estabilidad de la estructura de adobe.

Delgado Salvador (2010), en su tesis de grado titulada “Comportamiento Sísmico de un Módulo de Adobe de Dos Pisos con Refuerzo Horizontal y Confinamientos de Concreto Armado” presentada ante la Universidad Católica del Perú, estudiaron el comportamiento sísmico del adobe en un módulo dos niveles sometido a registros acelerográficos característicos del Perú. El objetivo de la investigación fue determinar las respuestas sísmicas experimentales de un módulo de adobe de dos niveles, cuando este es sometido a niveles de aceleración lateral considerable y consecuente con los niveles de peligro sísmico del Perú. El método aplicado consistió en la construcción de un modelo a escala reducida de $\frac{3}{4}$, para luego ser ensayado en una mesa vibradora, perteneciente a los laboratorios de la Universidad Católica del Perú (PUCP). Los resultados obtenidos demuestran que la estructura reforzada horizontalmente y verticalmente tuvo un comportamiento regular logrando una mejora importante en la respuesta sísmica.

Según Zelaya (2010), en su tesis titulada estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres de la escuela universitaria de post grado

de la Universidad Nacional Federico Villareal, el objetivo que plantea el autor es analizar el modelo y diseño sísmico el cual permita disminuir el grado de tragedia en la localidad de Lima, en este estudio se utilizó la metodología fundamentada en el análisis deductivo en el nivel explicativo y descriptivo, su población lo conformaron los alumnos y docentes de la Universidad Nacional Federico Villareal de la facultad de ingeniería civil, que fueron en total 135 personas, 40 docentes y 95 alumnos, donde se observó, que al aplicarse este tipo de estudios permitiría, mitigar parte de la problemática de las viviendas en este país.

Lopez y Vernilla (2012), en su tesis de maestría titulada “Evaluación funcional y constructiva de viviendas con adobe estabilizado en cayalti programa cobe -1976”, presentada ante la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), presentan una serie de estudios orientados a la mejora de la respuesta sísmica de construcciones de adobe reforzadas con materiales naturales y disponibles en la zona de estudio, el Cayalti, como parte del programa Cobe 1976. La metodología aplicada para la evaluación de los efectos del Cayalti en la estructura analizada consistió en la puesta en marcha de esta técnica con la edificación de un grupo de viviendas de adobe reforzadas con Cayalti. Los resultados muestran que las viviendas construidas con adobe reforzadas con Cayalti han tenido un comportamiento adecuado, tanto ante sismos como ante otros agentes climáticos.

Según Velarde (2014), en su proyecto de tesis titulada análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existentes en Lima presentado en la facultad de Ciencias e Ingeniería de la PUCP, 2014, tiene como objetivo estudiar a las edificaciones de dos pisos propias de la provincia de Canta, localidad rural altamente sísmico, el estudio de la tesis tiene como fin determinar y buscar soluciones para su estabilidad, así mismo mantiene la hipótesis que viviendas construidas de dos pisos a más presentan distintas peculiaridades a las viviendas construidas de un solo piso, esta tesis concluye que las viviendas de la localidad rural de Canta son diseñadas y construidas teniendo en cuenta el riesgo sísmico incluso a pesar de ser de 2 pisos, sin embargo no dejan de ser vulnerables ya que los muros no están preparados para soportar grandes esfuerzos.

Según Málaga (2012), en su tesis titulada validación, ejecución y documentación de procesos constructivo del mejoramiento de un local escolar de adobe en el distrito de Chocos de la Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima, 2012, tiene el objetivo de validar el reforzamiento con geomallas en construcciones de adobe como propuesta, para el cual se monitoreo una obra que incluye esta técnica en el local escolar de la localidad de Chocos de la provincia de Yauyos, del cual se concluye que la técnica de reforzamiento con geomallas

es más económico en comparación de una edificación con material noble y tiene mejoras en los tiempos de ejecución.

1.2.2 Antecedentes internacionales

Según Torres Barrera (2015), en su tesis titulada estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres presentado en la facultad de ciencias, físicas y matemática carrera de ingeniería civil de la universidad central del ecuador, 2015, tuvo como finalidad primordial analizar el diseño sísmico en edificaciones de adobe y como este podía influenciar de manera positiva a la reducción de catástrofes. El diseño utilizado fue el ADOBE SISMO RESISTENTE, con la finalidad de que mediante la investigación exhaustiva e integral de los casos en cuestión se logre obtener un método que permita ser llevado a la práctica en edificaciones de adobe con la finalidad de prevenir la muerte de las personas que ellas habiten, aunque el predio colapse. y de este modo se beneficiaría a miles de comunidades que tienen al adobe como su materia prima en la elaboración de edificaciones. Concluyéndose que la técnica de reforzamiento en base a mallas electrosoldadas instaladas en forma de franjas que simulan vigas y columnas de confinamiento, compone una solución factible para viviendas existentes construidas en adobe sujetas a sismos y terremotos. Para las edificaciones recién construidas la técnica fue superada tras incluir el reforzamiento de adobes, cimientos y sobre-cimientos hechos de concreto ciclópeo, las vigas solera hechas de concreto, etc., conservándose las franjas de mallas electrosoldadas en las esquinas de las paredes ortogonales y tarrajeadas.

De la Peña Estrada (2010) en su tesis de grado titulada “Adobe, características y su principal uso en la construcción” presentada ante el Instituto tecnológico de la Construcción de México, realiza un análisis de las características mecánicas y físicas de los adobes más comunes empelados para construcción de edificaciones en la ciudad de México. El objetivo de la investigación fue la identificación de los tipos de adobe y sus características mecánicas y físicas, así como los usos dados típicamente al adobe en la construcción de viviendas y otras estructuras en la ciudad de México. El método empleado fue eminentemente descriptivo, es decir se realizó una serie análisis basados en la observación y su relación con los usos prácticos del adobe en la construcción de viviendas. Los resultados muestran que los adobes son de muy diversa forma en la ciudad de México, y que en general dependen de la aplicación deseada, siendo los adobes de 30x30x50 los más usados para la construcción de viviendas. Existen mayores dimensiones usadas generalmente en la construcción de cercos o elementos exteriores. Además del estudio de los efectos de los sismos en la ciudad de México,

concluyéndose que las edificaciones construidas de adobe son muy susceptibles de ser dañadas severamente y en numerosas ocasiones han alcanzado el colapso.

Según Quiroz (2013), en su tesis titulada comportamiento sísmico de la vivienda de adobe basado en pruebas en mesa vibradora de dos modelos a escala, presentado a la Universidad Nacional Autónoma de México en el programa de maestrías y doctorado en ingeniería, México, 2013, tuvo como propósito principal estudiar su comportamiento sísmico de las construcciones de adobe en el estado de Guerrero, México, esta tesis se implementó a través de modelos a escala 1:2 sobre una mesa vibradora en el cual se simuló la ocurrencia de un sismo, el cual ayudó a entender y obtener parámetros fundamentales, como son el tiempo de la vibración, cortante basal, amortiguamiento entre otros, mediante el cual se describe el comportamiento de las viviendas ante eventos sísmicos. Esta investigación también consideró reproducir movimientos horizontales, las aceleraciones verticales que pueden llegar a ser importantes en sismos de epicentros cercanos a las zonas afectadas, como lo es el caso de estudio y con ello poder evaluar su efecto sobre este tipo de viviendas, esta investigación concluye que los comportamientos sísmicos en las construcciones de adobe toma trascendencia debido a sus cuatro componentes principales: actividad sísmica de la zona, la baja resistencia mecánica de los materiales, la gran cantidad de construcciones de adobe existentes y el alto nivel de desconocimiento en la población, en general, las propiedades mecánicas del adobe resultan ser muy bajas, principalmente el esfuerzo a flexión, en donde se obtuvo que la resistencia del adobe ante fuerzas inducidas fuera de su plano es muy baja. Esto es debido a la poca adherencia que existe entre las piezas y juntas de adobe. Si bien, la prueba para calcular la resistencia a flexión es estática y simplificada, debe tomarse con reserva el resultado obtenido.

Llumitasig y Siza (2017) en su tesis de grado titulada “Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala” y presentada ante la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador; estudia las características físicas y mecánicas del adobe estabilizado con componentes orgánicos y su comportamiento sísmico al ser usados para la construcción de una vivienda. Para esto se fabricaron una serie de unidades de adobe estabilizadas con materiales orgánicos, como la paja, y luego se procedió al estudio de sus características mecánicas, tales como la resistencia a la tracción y compresión. Posteriormente, se construyó un módulo de un nivel usando las unidades de adobe fabricadas con los esfuerzos de elementos orgánicos mencionados líneas

arriba. Los resultados muestran que la estructura fabricada con adobe reforzado tiene un comportamiento sísmico más adecuado que el del adobe común.

Chuya y Ayala (2018), en su tesis de grado titulada “Adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio”, presentada ante la universidad del Cuenca, estudiaron las propiedades mecánicas del adobe reforzado con fibras de vidrio. Para esto los autores prepararon una serie de unidades de adobe para posteriormente ser ensayados en los Laboratorios de la Universidad el Cuenca. Es importante mencionar que los parámetros estudiados en este estudio fueron la resistencia a la tracción y resistencia a compresión. Además, con fines de comparación se fabricaron dos grupos de muestra de unidades de adobe, las primeras sin refuerzo de vidrio, mientras que las segundas con refuerzo de vidrio. Los resultados muestran que las fibras de vidrio le permiten al adobe incrementar su resistencia a la compresión en hasta un 20%, mientras que la resistencia a la tracción se ha visto incrementado en hasta un 60%. Finalmente, estos resultados junto a un grupo de modelos numéricos permitieron estimar a los autores del estudio una mejora notable en la respuesta sísmica de las construcciones de adobe construidas usando unidades reforzadas con fibra de vidrio.

1.3 Teorías relacionadas al tema

Una de las técnicas más antiguas del mundo en la construcción históricamente es el adobe, desde los albores de la humanidad ya los primeros seres humanos construían con tierra cruda y les daban forma a paredes para sellar el ingreso a sus cavernas. En el Perú existe la ciudad de barro más grande de América (Chanchan) perteneciente a la cultura chimú.

Tradicionalmente las construcciones con tierra son las menos resistentes a los movimientos telúricos, produciéndose pérdidas humanas y ocasionando daños irreparables a monumentos históricos.

Hoy en día se cuenta con información importante sobre las construcciones con adobe y técnicas para su reforzamiento, que de ser aplicado a las construcciones se reducirían la vulnerabilidad de las edificaciones. Las técnicas de reforzamiento en edificaciones de adobe más conocidas son las siguientes.

1. Reforzamiento con malla exterior natural, en muros de adobe utilizando cáñamos y soguillas.
2. Reforzamiento con elementos confinados de madera.
3. Reforzamiento con Viga collar utilizando madera y barro.
4. Reforzamiento a través de la utilización Vigas corona de madera o concreto armado en todo el perímetro.

5. Reforzamiento con columnas y vigas de concreto.
6. Reforzamiento con Tensores de acero utilizados en construcciones históricas.
7. Reforzamiento mediante Contrafuertes o mochetas.
8. Reforzamiento en falla de cumbrera mediante Tablas en Línea de Debilidad.
9. Reforzamiento con Mallas Electrosoldadas en Construcciones de Adobe
10. Reforzamiento con mallas de acero a los lados del muro (encamisado) sujetas por clavos y anclas de alambón, recubierto con mortero de cemento y arena.
11. Reforzamiento con Geomalla en edificaciones de adobe.

Según los ensayos de laboratorio y los estudios ya realizados, las técnicas mencionadas permiten incrementar la resistencia sísmica, aumentando su capacidad de deformación y rigidez de las edificaciones superando su comportamiento sísmico. Seguidamente se procederá a describir algunos de los reforzamientos en construcciones de adobe líneas arriba mencionadas.

1.3.1 Reforzamiento con Malla Exterior Natural en Muros de Adobe

Para realizar este tipo de reforzamiento se debe armar una malla compuesta por caña y sogas tipo cabuya a ambos lados del muro, la caña cumplirá la función de un elemento vertical y la soga cabuya como elemento horizontal. Los cuáles serán conectados a través del muro con soguillas de yute. Para el enmallado colocar la caña en forma verticalmente cada 50 centímetros en cada lado de la pared y la soguilla a 40 centímetros en orientación horizontal (PNUD, 2008). Esta técnica de reforzamiento permite que la estura de adobe incremente su resistencia a tracción.



Figura 6. Reforzamiento en adobe malla natural (PNUD, 2008)2.

1.3.2 Reforzamiento con Elementos de Madera Confinantes

Para realizar este tipo de reforzamiento se procede a instalar tablas de madera horizontal y verticalmente tanto en la fachada externa como por la fachada interna con el propósito de

incrementar la resistencia de los muros. Las tablas se interconectarán mediante pernos que atraviesan los muros y por intermedio de puntillas convencionales clavados sobre los listones de madera hasta penetrar los muros (AIS, 2010).

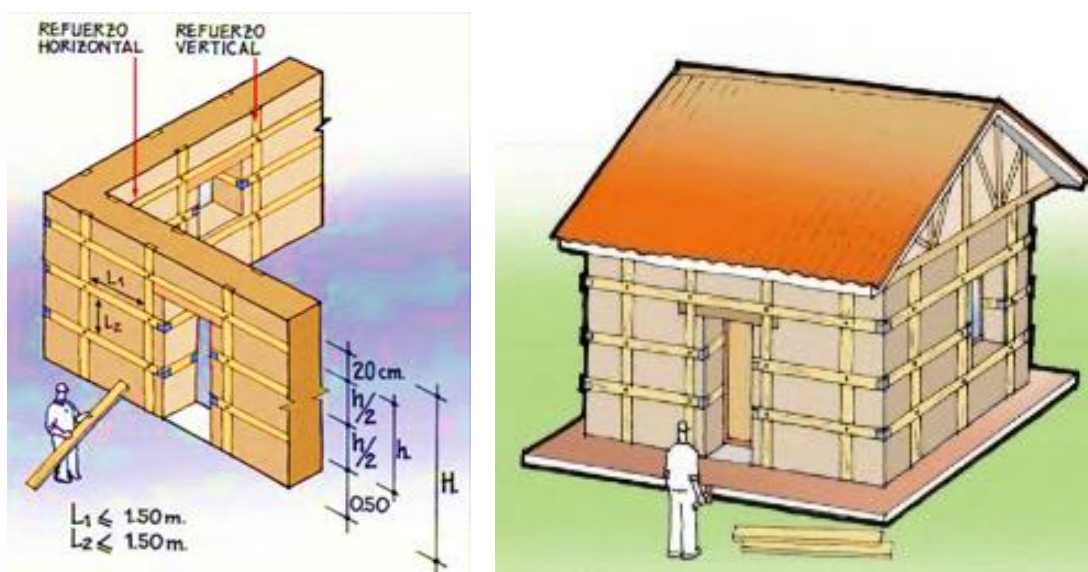


Figura 1-6: Reforzamiento de edificaciones de adobe usando listones de madera.



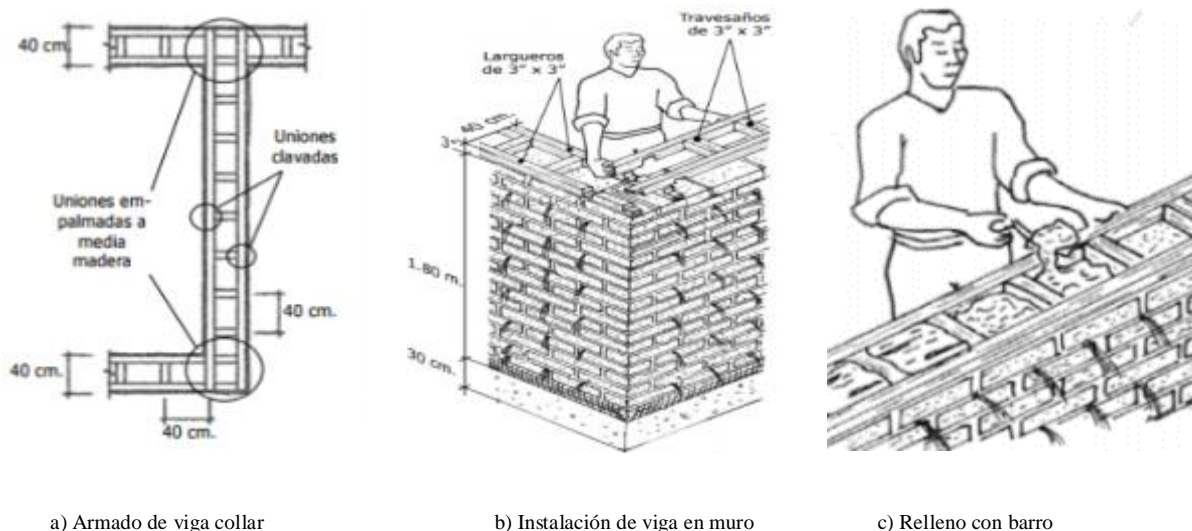
Figura 1-7: Reforzamiento con elementos de madera confinantes (AIS, 2010)

1.3.3 Reforzamiento con Viga Collar utilizando Madera y Barro

Una viga collar también conocida como (banda sísmica), cumple la función de amarrar los muros formando una estructura tipo caja el cual permite distribuir de manera equitativa todo el peso del techo evitando que este se acumule en un solo lugar.

El proceso de construcción es el siguiente; en primer lugar, se debe de armar la viga collarín utilizando listones de madera como largueros y travesaños de 3" por 3", como siguiente paso se coloca la estructura sobre el muro y por último se llena los espacios existentes con barro

entre los largueros y travesaños tal como se muestra en la siguiente figura (Vargas et al, 2007)



a) Armado de viga collar

b) Instalación de viga en muro

c) Relleno con barro

Figura 8.

Figura 1-8: Viga de anillo de madera (Vargas et al., 2007)

1.3.4 Reforzamiento mediante Viga Collar de Concreto Armado

El propósito principal es la de amarrar las paredes existentes con la finalidad de que esta se comporte como una sola unidad durante la ocurrencia de un sismo. Este tipo de reforzamiento se usó en la ejecución de 350 casa ejecutadas por el proyecto COPASA en el año 2001 (Figura 9).

Este proyecto piloto consistió en la construcción de módulos de 2 ambientes cada uno, con aproximadamente 36 m² de área techada, teniendo una dimensión de 3.20 m en planta y una altura de 2.10 en la parte más baja, con techo inclinado ganando altura en la fachada posterior.

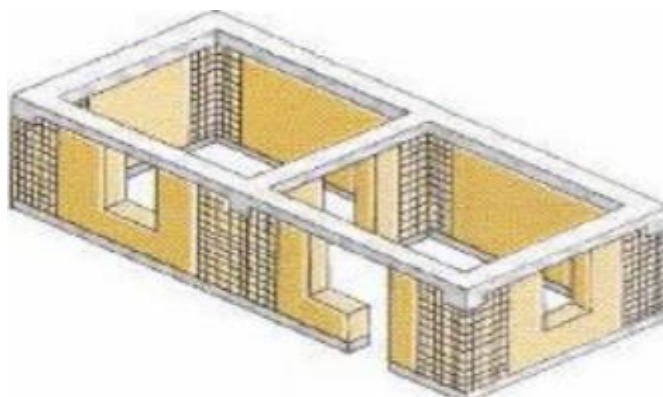


Figura 1-9: Viga collar de concreto armado (GTZ, COPASA, PUCP, 2005)

1.3.5 Viga collar de Madera Externa

Para realizar este tipo de reforzamiento se colocará tablonces en la parte externa e interna de los muros de adobe a la altura de los dinteles de puertas y ventanas a lo largo de todo el muro. Uniendo firmemente los muros formando una sola unidad haciendo que este se comporte como un techo rígido (Kuroiwa, 2004).

La aplicación de esta técnica de reforzamiento es apropiada para su aplicación en zonas rurales. Los ensayos experimentales de esta técnica se realizó en el Laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y el Laboratorio de la Universidad Católica del Perú (PUCP). Figura 10



Figura 10. Ensayos de laboratorios realizados en la UNI y la PUCP (Kuroiwa, 2004)

1.3.6 Contrafuertes o Mochetas

Para modificar el comportamiento del muro voladizo cuando este es demasiado largo a una losa apoyada en tres bordes, se recurrirá a una variante, es decir se pondrá perpendicularmente los elementos al muro que unen con la zapata. Estos elementos estructurales son los contrafuertes o mochetas, como se puede visualizar en la figura 11.

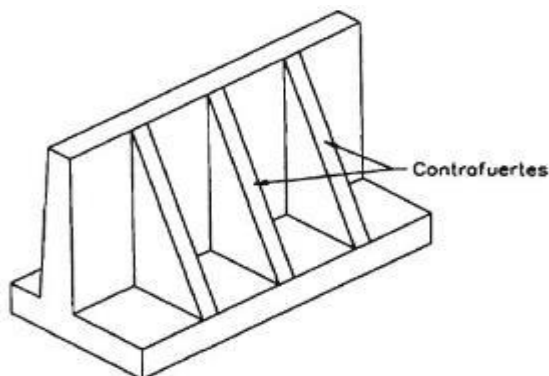


Figura 11. Comportamiento de una mocheta o contrafuerte en una pared (Harmsen, 2005)

1.3.7 Reforzamiento en falla de cumbrera mediante tablas en Línea de Debilidad.

Como se aprecia en la Figura. 12 y Figura. 13, en el triángulo la línea inferior que forma el tímpano es un sector de alto riesgo, debiéndose reforzar con tablas colocadas verticalmente distanciadas entre si cada 1m, por ambos lados del muro como se visualiza en la Figura. 12. Las maderas deben ser de “tornillo” y colocadas embutidas en una de las ranuras previamente echas en el muro y sea cubierta por la malla. Las tablas deben tener como mínimo 30 cm de altura por arriba y debajo de la zona de riesgo, asimismo la tabla inferior se conectará con el exterior mediante alambre (CERESIS-PUCP, 1997).

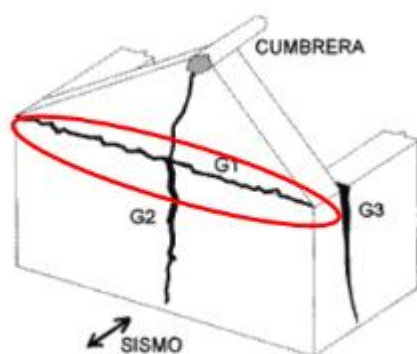


Figura 12. Falla por cumbrera (CERESIS, 2000)

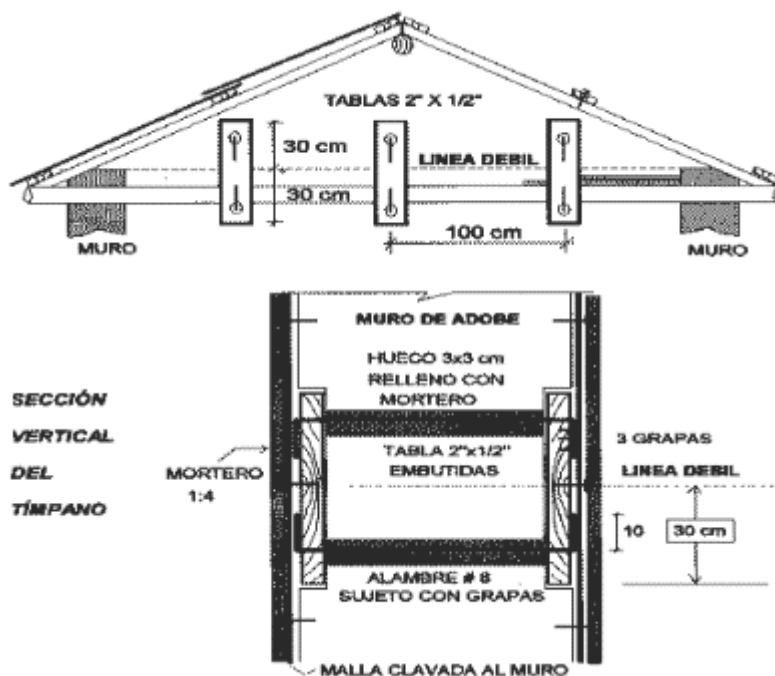


Figura 13. Refuerzo con listón de madera (CERESIS-PUCP, 1997)

1.3.8 Reforzamiento con Mallas Electrosoldadas en Construcciones de Adobe

En un reforzamiento con mallas electrosoldadas estas cumplen la función de vigas y columnas de confinamiento están diseñadas para soportar movimientos sísmicos. Los estudios realizados en los laboratorios indican que las mallas electrosoldadas aumentan la resistencia al corte en los muros de adobe, en comparación a otras técnicas estudiadas. (Madueño, 2005).

Según la propuesta de Quiun et al., (2009). Esta consiste en instalar hileras de mallas electrosoldadas en las paredes tanto en los bordes como en la parte superior los cuales deben estar interconectados entre sí y luego tartajear con mortero de cemento y arena, es decir aparentar la existencia de columna y viga, así aumentar la resistencia sísmica. (Figura 14).

La técnica de malla electrosoldada, ha sido aplicada con eficacia en distintas partes del Perú, en más de 20 edificaciones sin refuerzo ni mantenimiento alguno, el sismo del 2001 ocurrido en Arequipa que tuvo una magnitud de 8.4 a escala de Richter poniendo a prueba a las viviendas reforzadas las cuales no presentaron daños mientras que las viviendas sin refuerzo fueron las que colapsaron rápidamente. Una situación similar se dio en el movimiento telúrico ocurrido en Ica en el año 2007 donde las únicas viviendas reforzadas mediante este método no sufrieron daño alguno.

Para la realización del proceso constructivo se debe tener en cuenta los siguientes lineamientos:

1. Sobre los muros se debe trazar franjas donde se ubicarán las mallas.
2. Si existe enlucido este debe ser removido y realizar la limpieza de la superficie.
3. Realizar perforaciones cada 0.50 m en las franjas verticales.
4. Cortar las mallas y prepara los alambres de conexión.
5. Tapar los agujeros con mortero una vez colocado los alambres.
6. Colocar verticalmente las mallas en las franjas trazadas y fijar al muro con chapas metálicas y clavos.
7. Colocar y fijar las franjas de mallas horizontales.
8. Una vez concluida la colocación de la malla se debe tartajear con arena y cemento.



(a) Trazado de una franja horizontal (b) reforzamiento con malla electrosoldada

Figura 14. Viviendas reforzadas en Ica resistieron al sismo del 15 de agosto de 2007

(Quiun, et al., 2008).

1.3.9 Reforzamiento con Geomalla en Construcciones de adobe

La geomalla hoy en día es muy usada por la ingeniería como refuerzos en estructuras de tierra por tener las siguientes cualidades: distribuye de manera uniforme las cargas, brinda rigidez y resistencia a la tensión, sencillo de incorporar y con múltiples propiedades mecánicas.

La geomalla es un tipo de polietileno uniaxial de alta densidad es empleada para el reforzamiento de muros vienen en rollos de 100 metros de largo por 3 metros de ancho y por su diseño uniaxial es que es apropiado para ser usado como reforzamiento de estructuras ya que por su forma se acomodan y traban mejor en la estructura a reforzar.

Por su composición podemos decir que la geomalla es amigable con el medio ambiente y se adaptan a las condiciones biológicas y químicas de las estructuras de tierra.

Para reforzar un muro con geomalla debemos de envolver de manera continua todo el muro con el producto al cual lo sujetaremos con tiras de plástico haciendo perforaciones con un espacio de entre 30 a 40 centímetros que traspase el muro, esto servirá para pasar las tiras de plástico y poder amarrar la geomalla.



Figura 15. Colocación de la geomalla en muros de adobe.

1.3.10 Medición de la resistencia sísmica de una edificación de tierra local

Para tratar el tema de la resistencia sísmica de una edificación de tierra local se utilizará el concepto de vulnerabilidad sísmica.

1.3.11 Vulnerabilidad sísmica

Según Gómez y Loayza (2014), la vulnerabilidad sísmica se refiere “al grado de deterioro que puede sufrir las construcciones mientras ocurra un movimiento telúrico. La vulnerabilidad de una edificación depende de la configuración y diseño en planta, la técnica de construcción y la calidad de los materiales, los cuales reflejan la falta de resistencia frente a los movimientos telúricos.

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica puede hacerse de dos formas; la primera es mediante la evaluación de características físicas y mecánicas de la estructura, esto involucra el análisis de los sistemas estructurales y los materiales de los que está hecha la estructura; el segundo método consiste la construcción de modelos de estudios que permitan la predicción de su comportamiento ante un conjunto de cargas aplicadas.

1.3.12 Evaluación de vulnerabilidad sísmica del local con reforzamiento antisísmico

La evaluación de vulnerabilidad sísmica del local municipal con reforzamiento antisísmico se realizará utilizando el software ETABS. Se realizará el modelamiento del local con refuerzo y se obtendrá información que se procesará para determinar la vulnerabilidad sísmica.

1.3.13 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante pushover

El desempeño estructural de una edificación, de acuerdo al enfoque típico del diseño sísmico, se basa en el desplazamiento de la estructura de poder disipar la potencia introducida por el

movimiento sísmico a través de combinación de propiedades como resistencia, rigidez y ductilidad (Aguiar et. al. 2016).

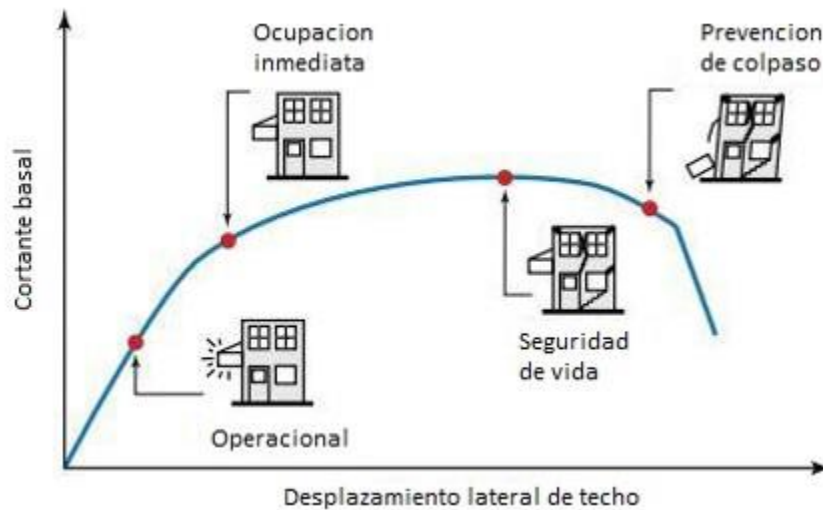


Figura 1-10: Comportamiento sísmico de una estructura frente a cargas monótonicamente crecientes.

De acuerdo con esto, se espera que la infraestructura conserve un comportamiento elástico durante la ocurrencia de movimientos telúricos leves e inelástico cuando esté sometido a movimientos telúricos moderados o extraños. el comportamiento inelástico se caracteriza por disipar la energía a través de las distorsiones no recuperables que se intensifican conforme se incrementa la deriva de entre piso: teniendo como resultado daño estructural y no estructural, que en numerosos casos resulta ser considerable (Gaxiola et. al. 2015).

Este planteamiento tradicional de diseño sísmico a hecho que los ingenieros puedan diseñar las edificaciones con bastante flexibilidad para prever fallas inesperadas y catastróficas cuando la infraestructura empieza a entrar en el rango inelástico (Gaxiola et. al. 2015). La figura 9, se aprecia la curva capacidad de una estructura y sus niveles de desempeño conforme incrementa el desplazamiento del último nivel. Asimismo, se muestra una foto de deformaciones inelásticas en pórticos de concreto armado.

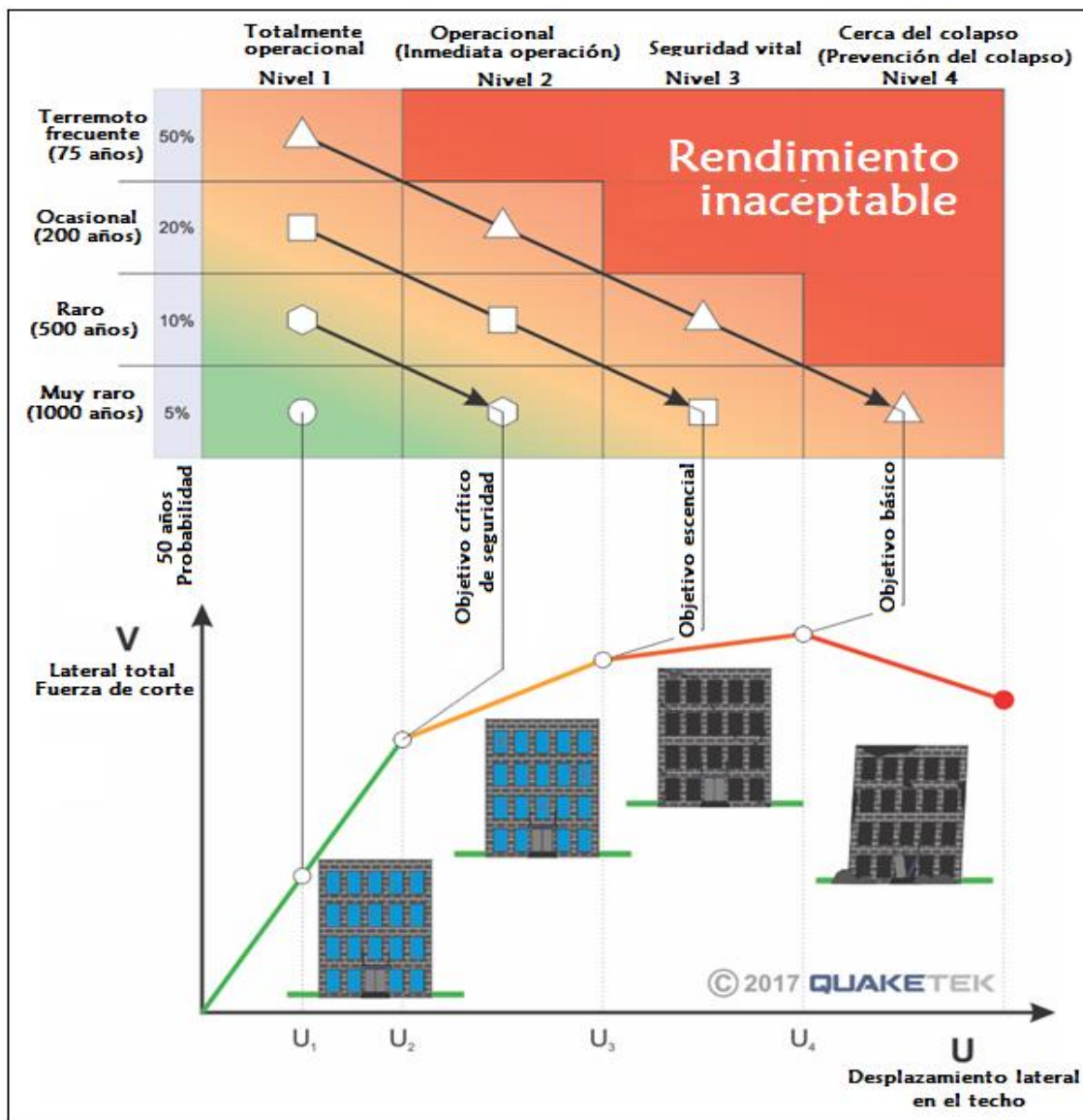


Figura 9. Enfoque de diseño tradicional basado en el daño estructural, por Quaketek, 2017. Existen construcciones como colegios, establecimientos de salud, cuarteles de las fuerzas armadas, locales municipales, aeropuertos, estaciones de bomberos, los cuales deberían continuar con su funcionamiento después de un movimiento sísmico severo (NTP E030, 2016). En consecuencia, estas edificaciones esenciales deben ser diseñadas con bastante resistencia para que las distorsiones inelásticas sean mínimas o reparables inmediatamente.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 General

¿Qué tipo de reforzamiento resulta más adecuado para mitigar la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia?

1.4.2 Específicos

1. ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica actual del local municipal del distrito de Acraquia?
2. ¿Cuál es el nivel de reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia al usar malla electrosoldada?
3. ¿Cuál es el nivel de reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia al usar viga collar de madera?
4. ¿Qué reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia se puede lograr mediante el uso de geomalla?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Justificación teórica

La presente investigación generará conocimientos y un marco teórico sólido para mejorar el comportamiento sísmico en estructuras de adobe, mediante la aplicación de la viga collar de madera, malla electrosoldada, y geomalla.

1.5.2 Justificación metodológica

El desarrollo del presente trabajo de investigación permitirá desarrollar una metodología práctica que permita el reforzamiento de estructuras de adobe, que permitirá evitar su colapso frente a la acción de grandes sismos.

1.5.3 Justificación tecnológica

La presente investigación generará técnicas prácticas y económicas para el reforzamiento de estructuras de adobe, orientadas a evitar su colapso frente a la acción de movimientos telúricos de gran dimensión. Además, profundizará y difundirá en las aplicaciones de tecnología informática, usando potentes softwares de análisis estructural numérico, tales como SAP 2000 y ETABS.

1.5.4 Justificación económica

Al evaluar las diferentes alternativas de reforzamiento antisísmico se buscará aquella que además de ser resistente también sea económica, e manera que sea de beneficio para las personas que tienen menores recursos.

1.6 Hipótesis

1.6.1 General

- La aplicación de viga collar permitirá mitigar la vulnerabilidad sísmica del local comunal de Acraquia de manera eficiente al ser comparada con la malla metálica y geomalla.

1.6.2 Específica

1. El local municipal de Acráquia es una estructura construida de adobe sin ningún tipo de refuerzo, por lo que se estima que es altamente vulnerable a la acción de un sismo.
2. La aplicación de malla electrosoldada permite mitigar la propagación de grietas en la estructura, hecho que le permitirá mitigar el nivel de vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia.
3. La aplicación de la viga collar alrededor de los extremos libres de los muros de adobe permitirá mitigar la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia.
4. La aplicación de geomalla permitirá la reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia.

1.7 Objetivos

1.7.1 General

- Determinar que reforzamiento es más eficiente en la reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia.

1.7.2 Específicos

1. Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acráquia.
2. Establecer que reducción en la vulnerabilidad sísmica de estructuras de adobe se puede lograr al usar malla electrosoldada en el local municipal de Acraquia.
3. Encontrar la reducción de la vulnerabilidad sísmica de estructuras de adobe al usar viga collar en el local municipal de Acraquia.
4. Determinar el grado de reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia al usar geomalla como técnica de reforzamiento.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de la investigación

Dentro de la ingeniería estructural sísmica, existen esencialmente dos formas de poder llevar a buen término una investigación. La primera es mediante el ensayo de prototipos construidos a escala, de tal forma que los datos de interés pueden recolectarse de manera directa usando equipos especiales para medir desplazamientos, fuerzas, aceleraciones, entre otros.

La segunda forma es mediante el desarrollo de modelos numéricos, basados en leyes físicas y leyes de comportamiento del material, de manera que las variables de interés pueden expresarse como funciones de los datos de entrada, tales como, fuerzas externas, geometría del modelo y tipos de materiales involucrados.

Aunque ambos métodos son valorados y aceptados, por los aportes propios de cada uno de estos, es importante recordar que, en numerosas investigaciones, son las limitaciones económicas las que definirán los límites de esta. En este contexto, resulta evidente que una investigación que requiera el desarrollo de prototipos, que después serán ensayados mediante el uso de equipamiento sofisticado, resulta a menudo una actividad onerosa y que requiere de gran cantidad de tiempo, por lo que muchas veces se deja su uso para grupos de investigación con un presupuesto especial.

Es así que en este trabajo de investigación se ha optado por el desarrollo de modelos numéricos orientados a la predicción de la respuesta sísmica de estructuras de adobe, pues como se dijo al principio de esta sección, el propósito principal de esta investigación viene a ser el estudio del comportamiento sísmico del local comunal del distrito de Acraquia, el que es una estructura de adobe de dos niveles.

2.1.1 Estudio de las características de los materiales

El trabajo dará inicio con el análisis de los materiales que componen la estructura analizada. Para esto se ha decidido recolectar muestras de adobe obtenidas del lugar de estudio. Esto se hizo así, ya que se ha dado por entendido que las características mecánicas de los adobes fabricados en Acraquia, diferirán de las características mecánicas de los adobes producidos en otros lugares, como los producidos en la ciudad de Lima.

Se ha decidido recolectar tres especímenes para determinar la resistencia a la compresión de las unidades usadas, y tres especímenes para la determinación de la resistencia flexional. Las unidades mencionadas serán sometidas a cargas de compresión crecientes a razón de 100 kg por minuto, mediante el uso de una máquina de ensayo de materiales universal, tal como se visualiza en la Figura 2-1.

En el caso de los especímenes usados para poder determinar la resistencia a compresión de cada unidad, estas fueron colocadas entre dos planchas metálicas, a modo de sándwich. Esto se hizo con la finalidad de que las cargas puntuales aplicadas por la maquina se distribuyan de manera uniforme en las caras horizontales del elemento, tal como se visualiza en la figura mencionada.



Figura 2-1: Ensayos de resistencia a la compresión y de flexión en unidades de adobe.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los especímenes usados para poder determinar la resistencia a flexión, los especímenes fueron colocados sobre unos apoyos puntuales cerca de sus extremos, tal como se puede apreciar en la Figura 2-1. Mientras que la carga puntual se aplicó en el centro del elemento. La idea principal de esta disposición lograr una distribución de esfuerzos flexionales en el centro del elemento, de tal forma que los esfuerzos de tracción y compresión puedan ser calculados usando las clásicas fórmulas de la mecánica de materiales.

Finalmente, y asumiendo que los valores medidos forman parte de una variable aleatoria gaussiana, se ha decidido establecer la resistencia a compresión y a flexión como la media aritmética menos dos desviaciones estándar. En otras palabras, se ha determinado la resistencia a compresión y a flexión, con un 99% de confiabilidad.

2.1.2 Estudio de las características del suelo

Otros parámetros de gran importancia en la determinación del comportamiento sísmico de una estructura son las características dinámicas del suelo de fundación. Esto es así, ya que por ejemplo, si el suelo de fundación tiene características dinámicas poco deseables, como tener un periodo de vibración muy elevado, existe una amplificación de las aceleraciones inducidas en la estructura que se asienta sobre este. Esto último siempre resultará ser

desfavorable para una estructura pues a mayores aceleraciones, mayores fuerzas actúan sobre una estructura.

Con tal fin se ha decidido realizar un estudio de las características mecánicas del suelo de fundación. Para esto se han excavado tres calicatas en los alrededores de la estructura de estudio, con la disposición mostrada en la Figura 2-2.

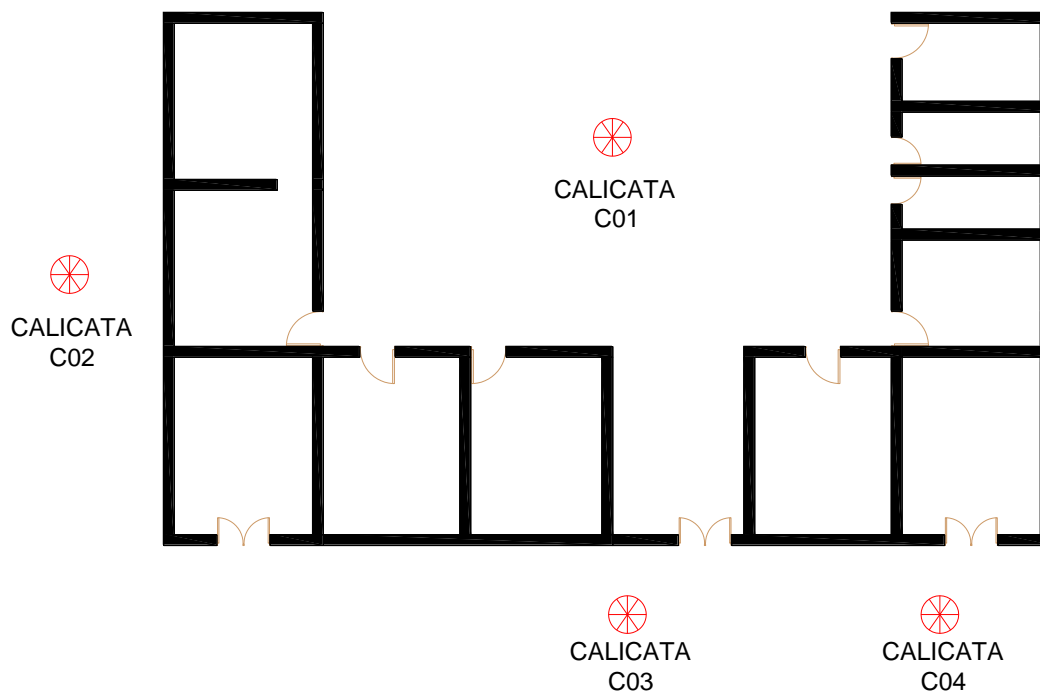


Figura 2-2: Disposición de las calicatas excavadas alrededor de la estructura analizada.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante aclarar que la calicata número dos, es decir la calicata C02, fue la más próxima a la estructura, por lo que de esta excavación se pudo determinar que la profundidad de la cimentación de esta fue de 1m. Tomando esto en cuenta y la norma de suelos cimentaciones E050, la que textualmente dice que la mínima profundidad de exploración, confines de cimentación o estudios de mecánicas de suelo, debe cumplir con la siguiente expresión.

$$De = Df + 1.5B$$

Dónde, De , es la profundidad mínima de exploración del suelo; Df , es la profundidad de cimentación, valor que fue determinado por observación directa, como se mencionó oportunamente; B , es la máxima dimensión de una cimentación aislada, como la estructura analizada no posee cimentación aislada, se consideró que este valor fue el ancho del cimiento corrido.

Al efectuar la operación mencionada el resultado fue de 2.5 m, aun así, con un criterio conservador, se optó porque las calicatas realizadas tuvieran una profundidad de 3m. Aunque las dimensiones en planta que debería tener la calicata no se especifica directamente en la norma de suelo, las dimensiones se hicieron de tal forma que un operario pueda maniobrar con facilidad y con seguridad.

Una vez terminada la calicata se procedió a la recolección de muestras inalteradas, las que se colocaron dentro de envases de plásticos adecuados, que permitan retener por mayor tiempo las condiciones que el suelo tiene en el lugar indicado. Finalmente estas fueron transportadas a los laboratorios donde se desarrollaron las pruebas requeridas.

2.1.3 Determinación de la demanda sísmica

Determinadas las propiedades mecánicas del suelo de fundación se procede a la determinación de los parámetros sísmicos, estos dependen de la ubicación de la estructura, la importancia de estas, las características dinámicas del suelo y la interacción suelo estructura, mediante el coeficiente de amplificación de fuerzas sísmicas. Estos parámetros nos permitirán cuantificar la demanda sísmica que tendrá lugar sobre la estructura analizada (E030, 2018). Para esto se usarán los parámetros dados por la norma peruana de diseño sísmico (E030, 2018) y la norma de diseño en adobe (E080, 2005).

2.1.4 Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la estructura existente

La determinación de la vulnerabilidad sísmica de la estructura analizada se realizará usando modelos de análisis no lineal, en este caso particular se usará el método del análisis estático no lineal. Este procedimiento consiste en la determinación de una curva de capacidad de la estructura analizada y la determinación de un espectro de demanda. La intersección de estas dos curvas ocurre en un punto llamado punto de desempeño y la vulnerabilidad se mide como la fracción entre la ubicación del punto de desempeño y la capacidad última de la estructura.

2.1.5 Determinación del efecto del reforzamiento propuesto

La determinación del reforzamiento propuesto se ha elegido con base en la observación de las características de la estructura y de los materiales disponibles en Acraquia. En este sentido, de acuerdo con las características de la edificación, esta presenta dos niveles, además, por ser una edificación usada para la atención y el despacho de la municipalidad, no es recomendable el uso de métodos invasivos, pues habría que mantener el local cerrado, mientras duran los trabajos. En este sentido, en este trabajo se usarán tres métodos de reforzamiento, viga collar, malla electrosoldada, y geomalla, como métodos que permitan

incrementar la rigidez y por ende la estabilidad de la estructura intervenida y la efectividad de estas técnicas serán determinadas usando modelos de análisis en el software ETABS V.16.

2.1.6 Tipo de diseño

Como se ha mencionado en líneas anteriores, en esta investigación se pretende la manipulación de la variable reforzamiento (Viga collar, malla electrosoldada y geomalla), para poder establecer si su presencia en las edificaciones de adobe permite incrementar su rigidez y así poder mitigar la vulnerabilidad sísmica de estructuras de adobe. Por tal motivo, la presente investigación califica como una experimental.

2.1.7 Tipo de investigación

La presente investigación pretende mitigar la vulnerabilidad sísmica de estructuras de adobe, en específico el local municipal del distrito de Acraquia. Para esto los investigadores aplicarán los conocimientos científicos disponibles dentro del marco teórico actual. Por tal motivo se puede decir que la investigación es aplicada.

2.1.8 Alcance de la investigación

En cuanto al alcance de la investigación, tomando en cuenta que el objetivo del presente trabajo es establecer las relaciones existentes entre la aplicación del reforzamiento propuesto (Viga collar, malla electrosoldada y geomalla) y la mitigación de la vulnerabilidad sísmica, se puede concluir que la presente investigación es correlacional.

2.2 Variables, Operacionalización

2.2.1 Variable independiente

De acuerdo con Hernández Sampieri et. al (2014), la variable independiente es aquella magnitud que se va a manipular de manera deliberada.

Dentro de este trabajo de investigación, se establecerán tres escenarios bien diferenciados. El primero es el local municipal antes del reforzamiento, el segundo y tercer escenario es la misma estructura después del reforzamiento, es decir, se está alterando una magnitud en cada situación, y esta vendría a ser la técnica de reforzamiento aplicada.

X: Reforzamiento aplicado

Además, conviene aclarar que esta variable tiene tres dimensiones, las que serían:

X1: Malla electrosoldada

X2: Viga collar

X3: Geomalla

2.2.2 Variable dependiente

Se dice que una variable es dependiente, si es producida como causa de una variable independiente, es decir, si su valor no puede ser determinada antes de que se dé una variable independiente (Hernández Sampieri et. al, 2014).

De acuerdo con esta definición, la variable dependiente del presente estudio sería la vulnerabilidad sísmica de la estructura analizada, pues este parámetro es el que nos indica si la estructura se agrieta, se desploma o queda intacta, después de la ocurrencia de un evento sísmico.

Y: Vulnerabilidad sísmica

Además, de acuerdo con definiciones como las de Barbat et. al (2015), la variable vulnerabilidad sísmica posee las siguientes dimensiones:

Y1: razón de desplazamientos

La razón de desplazamientos se define como el cociente obtenido entre la demanda de desplazamiento obtenida de la acción de un sismo específico, la que puede ser obtenida mediante un análisis tiempo historia o un análisis estático no lineal, y el máximo nivel de desplazamiento que la estructura es capaz de sostener.

Y2: Razón de distorsiones

La razón de distorsiones se define como el cociente obtenido entre la demanda de distorsiones laterales obtenida de la acción de un sismo específico, la que puede ser obtenida mediante un análisis tiempo historia o un análisis estático no lineal, y el máximo nivel de distorsiones laterales que la estructura es capaz de sostener.

Y3: Razón de resistencias

La razón de resistencias se define como el cociente obtenido entre la demanda de resistencia obtenida de la acción de un sismo específico, la que puede ser obtenida mediante un análisis tiempo historia o un análisis estático no lineal, y el máximo nivel de resistencia que la estructura es capaz de sostener.

2.2.3 Operacionalización de variables

En la Tabla N° 2.2.3 se presenta la matriz de Operacionalización de variables.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

La población es el conjunto completo de elementos, con alguna característica en común, que es el objeto de nuestro estudio (Gorjas, Cardiel y Zamorano, 2011).

La población para esta investigación es de un solo elemento que es el local municipal el cual está ubicado en el distrito de Acraquia en la provincia de Tayacaja departamento de Huancavelica.

2.3.2 Muestra

Se considera como muestra un subconjunto de la población o universo de interés sobre el cual se recopilarán datos, los cuales deben ser definidos o delimitados de antemano con exactitud, éste tiene que ser representativo de dicha población (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Al ser la población de un sólo elemento, la muestra es dicho elemento, es decir el local municipal.

Tabla N° 2.2.3 - Matriz de Operacionalización de variables

| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensión | Indicador | Instrumento | Escala de Medición |
|------------------------|---|--|----------------------------|--------------------|-------------|--------------------|
| Reforzamiento | Conjunto de técnicas orientadas a incrementar la resistencia, rigidez y capacidad de deformación de una estructura (Proaño, 2014). | Materiales y técnicas usadas para incrementar la rigidez y resistencia. | Malla eletrosoldada | Rigidez | Software | t/m |
| | | | Viga collar | Rigidez axial | Software | t/m |
| | | | Geomalla | Rigidez axial | Software | t/m |
| Vulnerabilidad sísmica | Es el nivel de susceptibilidad que una estructura tiene a ser dañada debido a la acción de un evento sísmico (Barbat et. al, 2015). | Comportamiento estructural en términos de desplazamientos, distorsiones y fuerzas cortantes. | Razón de desplazamientos | Cambio de posición | Software | Adimensional |
| | | | Razón de distorsiones | Distorsión angular | Software | Adimensional |
| | | | Razón de fuerzas laterales | Cortantes | Software | Adimensional |

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas

Las técnicas a utilizar para la poder realizar la recolección de datos son de revisión y análisis documental, observación y sistemas de medición por aparatos.

1. **Revisión y análisis documental:** Se realizará una exploración de la información disponible sobre los tipos de refuerzo disponible en adobe. Tal revisión deberá incluir a los tres tipos de refuerzos plateados, es decir, viga collar de madera, malla electrosoldada y geomalla.
2. **Observación:** Para revisar y analizar el local municipal y determinar la situación en la que se encuentra.
3. **Sistemas de medición por aparatos:** Se utilizarán equipos electrónicos para el análisis de local municipal con reforzamiento antisísmico.

2.4.2 Instrumentos

1. Ficha guía revisión documental. Permitirá una búsqueda ordenada de la información.
2. Ficha de inspección técnica de la edificación
3. Se utilizará la ficha de inspección técnica que ha sido diseñada para el presente estudio, mediante el cual se recabará las características técnicas de la edificación a ser estudiada.
4. Equipo y software para evaluación de la vulnerabilidad sísmica con reforzamiento
5. Se utilizará el software ETABS para el modelamiento del local con refuerzo antisísmico y evaluar la vulnerabilidad sísmica. El software será utilizado con una computadora configurada adecuada para su buen funcionamiento.

2.4.3 Validez y confiabilidad

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), la validez de un instrumento viene a ser el nivel mediante el cual en verdad mide la variable que se busca medir”.

Para los mismos autores, la confiabilidad viene a ser el nivel donde un instrumento produce resultados consistentes y coherentes.

Para la validez y confiabilidad de la Ficha de inspección técnica se ha sometido al juicio de expertos en la materia, quienes evaluaron y emitieron sus opiniones para finalmente contar con una ficha validada y confiable Con respecto al software ETABS, que viene siendo utilizado y con muy buenos resultados, también se consultará a expertos a fin de tener la garantía que es un instrumento confiable.

2.5 Métodos de análisis de datos

El procesamiento de datos de la ficha de inspección técnica del local municipal sin reforzamiento se realizará mediante el modelamiento en un software de ingeniería especializado.

2.5.1 Análisis de vulnerabilidad sísmica del local municipal con reforzamiento

El análisis de datos de vulnerabilidad sísmica sin reforzamiento antisísmico y con reforzamiento antisísmico se realizará usando modelos de análisis estructural desarrollados en ETABS V16, que sean capaces de considerar las propiedades mecánicas de los materiales involucrados, en este caso, el adobe. Además, se seguirá la secuencia siguiente:

- 1) Seleccionar un software para analizar los datos
- 2) Modelar las características de los materiales en el software.
- 3) Modelar la estructura completa considerando el reforzamiento y sin considerarlo.
- 4) Evaluar la confiabilidad y validez logradas por los instrumentos de medición
- 5) Realizar análisis adicionales
- 6) Preparar los resultados para presentarlos (Tablas, gráficos, cuadros, etc.)

2.6 Aspectos éticos

El estudio se realizará conservando los derechos de autor de los diferentes estudios y publicaciones a los que se tenga acceso. Para ello se seguirán las normas que establece la universidad.

Por otra parte, a lo largo de todo el trabajo se buscará siempre la veracidad de los datos que se consigan y la información que se cree, de tal manera que al final los resultados sean confiables.

III. RESULTADOS

3.1 Descripción de las características del local municipal de Acráquia

El local municipal del distrito de Acraquia es una estructura de dos niveles construida íntegramente usando unidades de adobe. Se observó que el ancho de la edificación en planta, fue de 25 m, con una profundidad de 15m, tal como se puede apreciar en la Figura 3-1.

En cuanto a las características geométricas y físicas de estas unidades, se determinó que estas unidades tienen una longitud de 40 cm de largo, 30 cm de ancho y 15 cm de altura y que fueron construidas mezclando tierra del lugar, paja de lugares circundantes y agua; además, dentro de la practica constructiva del lugar, se determinó que estas unidades son fabricadas de manera artesanal por un conjunto de pobladores del lugar.

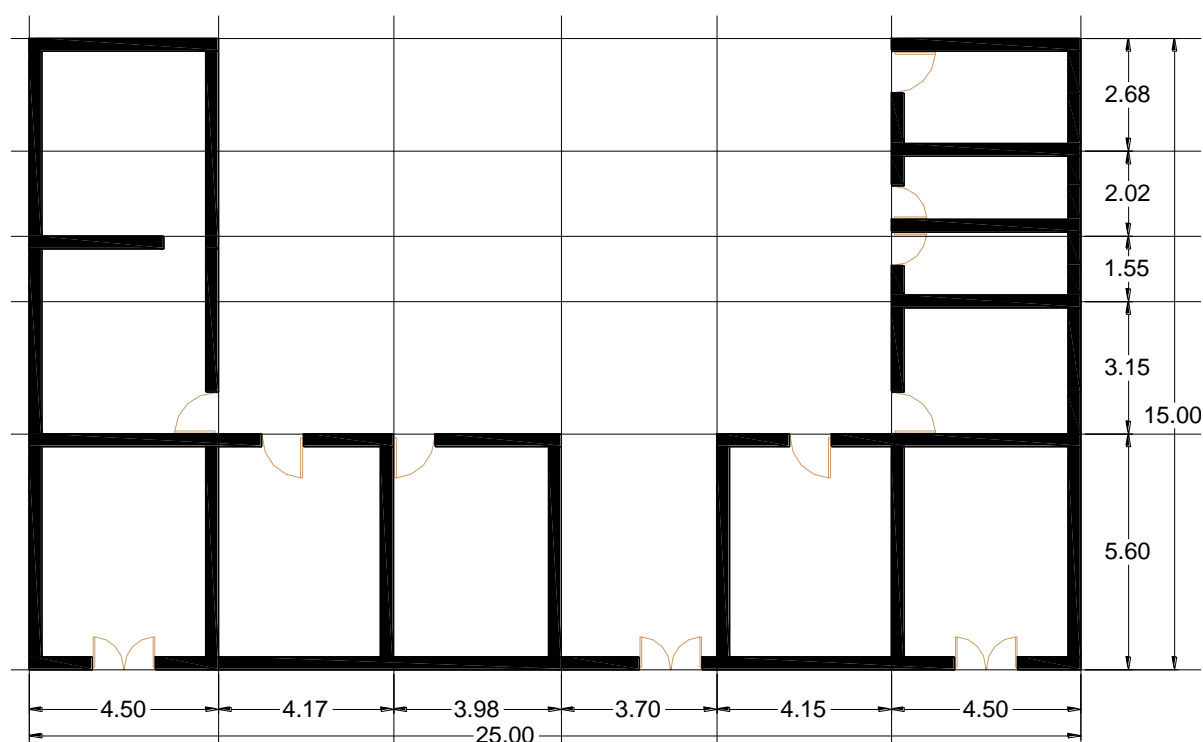


Figura 3-1: Vista en planta del local municipal del distrito de Acraquia. Fuente:
Elaboración propia.

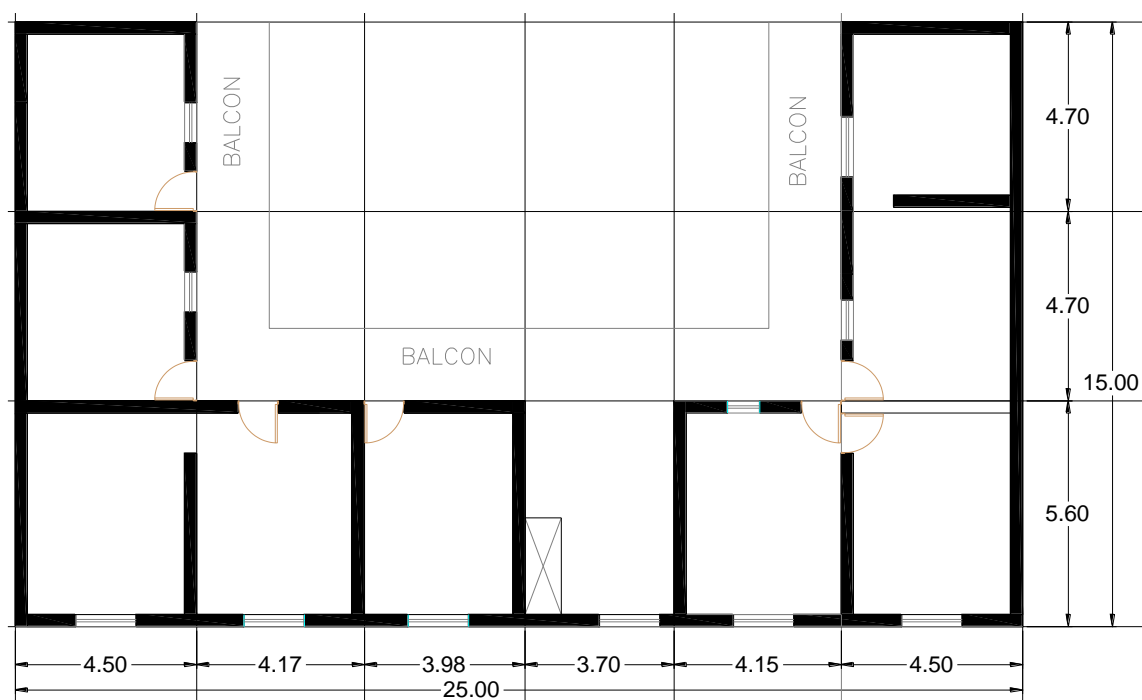


Figura 3-2: Vista en planta del segundo nivel de local municipal del distrito de Acraquia.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Estudio de las características del suelo

Como se mencionó en el capítulo anterior, para efectuar el estudio de suelo se realizaron exploraciones in situ, por medios mecánicos. En total se realizaron cuatro calicatas con dimensiones aproximadas de 3m de profundidad, y 1.4 de ancho y de largo, así como se muestran en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Características físicas de las calicatas analizadas. Fuente: Elaboración propia.

| Calicata | Profundidad (m) | Ancho (m) | Largo (m) |
|----------|-----------------|-----------|-----------|
| C-1 | 2.9 | 1.1 | 1.3 |
| C-2 | 3 | 1.2 | 1.4 |
| C-3 | 3 | 1.4 | 1.4 |
| C-4 | 3.1 | 1.4 | 1.4 |

Se obtuvieron muestra de suelo inalterado de cada una de estas calicatas, las que fueron enviadas al laboratorio. Es importante aclarar que las muestras se eligieron de la base de la calicata y que las muestras extraídas fueron almacenadas de tal forma que preserven sus características más importantes tales como la humedad y la forma y el contenido de elementos característicos.

Los resultados más importantes para este estudio se muestra en la Tabla 3-2. De esta se puede observar que el ángulo de fricción del suelo fue de tan solo 17.5° , mientras que tuvo una cohesión de 0 kg/cm^2 . Otro parámetro importante fue el peso específico del suelo, el que alcanzó un valor de 2.2 t/m^3 .

Tabla 3-2: Parámetros geotécnicos característicos del suelo estudiado. Fuente: Elaboración propia.

| Parámetro | Valor |
|---|--------------|
| Angulo de ficción (ϕ) | 17.5 |
| Cohesión (c) | 0 |
| Coefficiente de presión en reposo (k_0) | 0.44 |
| Coefficiente de presión activa (k_a) | 0.28 |
| Coefficiente de presión pasiva (k_p) | 3.54 |
| Coefficiente de fricción (μ) | 0.42 |
| Profundidad de cimentación mínimo (D_r) | 1.5 |
| Peso unitario (γ) | 2.2 |

Tabla 3-3: Parámetros dinámicos del suelo característico de la zona estudiada. Fuente: Elaboración propia.

| Parámetros dinámicos | Valor |
|---------------------------------------|--------------|
| Factor de zona (Z) | 0.35 |
| Factor de amplificación del suelo (S) | 1.15 |
| Periodo de plataforma (T_p) | 0.6 |
| Periodo largo (T_l) | 2 |

Otros parámetros de gran interés y que tienen un efecto directo sobre la demanda sísmica esperada en determinado lugar son las características dinámicas del suelo circúndate. El resumen de los resultados más importantes se muestra en la Tabla 3-3.

De estos resultados se destacan el factor de zona, que es un parámetro sísmico que indica el nivel de aceleración esperado en la zona de estudio, el que se presenta como una fracción de la aceleración de la gravedad. En la Figura 3-3 se muestra el mapa de peligro sísmico oficial para el Perú, el que se encuentra disponible en la norma peruana de diseño sísmico. De este se puede apreciar que el territorio peruano está dividido en cuatro zonas sísmicas, siendo la zona cuatro, pintada en color rojo, la zona con mayores potenciales de aceleraciones

elevadas, específicamente 0.4g; hasta la zona 1, la que tiene probabilidades de aceleración máximas de hasta 0.1g.



Figura 3-3: Mapa de peligro sísmico del Perú, de acuerdo con la norma de diseño sísmico.

Fuente: E030 (2018).

En el caso estudiado, debido a que el local municipal del distrito de Acraquia se encuentra en Huancavelica, y este a su vez se encuentra en la zona 3, el factor de zona se ha determinado como $Z=0.35$. Otros parámetros de gran importancia son el factor de suelo, el que de acuerdo con sus características físicas y mecánicas ha sido clasificado como un suelo tipo S2, con un factor de suelo $=1.15$, con un periodo corto $T_p=0.6s$ y con un periodo largo de $T_l=2s$, respectivamente.

Tabla 3-4: Factores de zona presentes en la actual norma de diseño sísmico. Fuente: E030 (2018.)

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

| DEPARTAMENTO | PROVINCIA | DISTRITO | ZONA | Z | NÚMERO DE DISTRITOS |
|---------------|-----------------------|------------------|-------------|-----------------|---------------------|
| | | | | | |
| CUSCO | CANAS | LANGUI | 2 | 0,25 | TODOS LOS DISTRITOS |
| | | LAYO | | | |
| | | PAMPAMARCA | | | |
| | | QUEHUE | | | |
| | | TÚPAC AMARU | | | |
| | YANAOCA | | | | |
| | ACOMAYO | ACOMAYO | 2 | 0,25 | TODOS LOS DISTRITOS |
| | | ACOPIA | | | |
| | | ACOS | | | |
| | | MOSOC LLACTA | | | |
| | | POMACANCHI | | | |
| | RONDOCAN | | | | |
| | SANGARARÁ | | | | |
| | CUSCO | CCORCA | 2 | 0,25 | TODOS LOS DISTRITOS |
| | | CUSCO | | | |
| POROY | | | | | |
| SAN JERÓNIMO | | | | | |
| SAN SEBASTIÁN | | | | | |
| SANTIAGO | | | | | |
| SAYLLA | | | | | |
| WANCHAQ | | | | | |
| HUANCAMELICA | TAYACAJA | POMACOCHA | 2 | 0,25 | DIEZ DISTRITOS |
| | | ROSARIO | | | |
| | | COLCABAMBA | | | |
| | | DANIEL HERNÁNDEZ | | | |
| | | HUACHOCOLPA | | | |
| | HUARIBAMBA | | | | |
| | QUISHUAR | | | | |
| | SALCABAMBA | | | | |
| | SAN MARCOS DE ROCCHAC | | | | |
| | SARCAHUASI | | | | |
| | SURCUBAMBA | | | | |
| | TINTAY PUNCU | | | | |
| | ACOSTAMBO | | | | |
| | ACRAQUIA | 3 | 0,35 | SIETE DISTRITOS | |
| | AHUAYCHA | | | | |
| HUANDO | | | | | |
| ÑAHUIMPUQUIO | | | | | |
| PAMPAS | | | | | |
| PAZOS | | | | | |
| CHINCHO | 2 | 0,25 | UN DISTRITO | | |

Figura 3-4: Distrito de Acraquia, perteneciente al departamento de Huancavelica. Fuente: E030 (2018)

3.3 Estudio de las características mecánicas del adobe extraído in situ

Debido a que la finalidad del trabajo de investigación es determinar la respuesta sísmica del local comunal del distrito de Acraquia, y reconociendo que esta dependerá de factores que incluyen las propiedades mecánicas de los materiales que la constituyen, se ha dedicado este ítem al estudio de las características de las unidades de albañilería utilizados en la construcción de esta edificación, específicamente a las unidades de adobe.

Este ítem da inicio con el estudio de la unidad de albañilería usados para los análisis en laboratorio, mostrando sus características físicas y geométricas más importantes. La segunda parte nos muestra los ensayos de resistencia a la compresión a las que fueron sometidas las unidades de abobe en el laboratorio, así como la resistencia a la compresión obtenida.

Finalmente, se ha estudiado a la resistencia flexional de las unidades ensayados, para esto, los especímenes fueron apoyadas en sus extremos y se le ha aplicado una carga puntual en

el centro del espécimen, hasta alcanzara la falla. Las anotaciones de la luz libre entre apoyos y el valor de la carga de rotura nos han permitido determinar el módulo de rotura, conocido por medir la resistencia a la tracción de la unidad de adobe.

3.3.1 Ensayo de la resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión de unidades de adobe, nos permitirá conocer los niveles máximos de esfuerzos a la compresión que las muestras analizadas pueden llegar a resistir. Este es un parámetro muy importante, puesto que cuando una edificación está sometida exclusivamente a cargas de gravedad, la unidad de adobe trabaja esencialmente a esfuerzos de compresión, por lo que este parámetro nos permitirá estimar el máximo nivel de fuerzas axiales que estos elementos podrán soportar.

Para poder determinar cuál es la resistencia a compresión del adobe típico del distrito de Acraquia, se procedió a la fabricación de tres unidades de albañilería de adobe. Estas unidades fueron fabricadas en el distrito de Acraquia, usando mano de obra de la zona y los materiales típicos usados para construir estas unidades. Esto se hizo con la finalidad de poder reproducir las características propias de la zona de estudio, ya que, de haber sido fabricadas, por ejemplo, en la ciudad de Lima, con materiales propios de uno de sus distritos y con una mano de obra diferente, es posible que los resultados no sean representativos y que los resultados no sean aplicables al distrito de Acraquia.



Figura 3-5: Unidades de adobe elaboradas con los procedimientos típicos aplicados en Acraquia. Fuente: Elaboración propia.

Se fabricaron tres especímenes, unidades de albañilería de adobe, con dimensiones típicas. El primer espécimen tuvo 40 cm de largo, 30cm de ancho y 15 cm de altura, mientras que el segundo espécimen tuvo 39.5 cm de largo, 31 cm de ancho y 15.1 cm de altura. El tercer espécimen tuvo características geométricas similares, así como se logra apreciar en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5: Dimensiones de los especímenes usados en la determinación de las propiedades mecánicas. Fuente: Elaboración propia.

| Especímen | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura (cm) |
|-----------|------------|------------|-------------|
| E01 | 40 | 30 | 15 |
| E02 | 39.5 | 31 | 15.1 |
| E03 | 40.1 | 30.5 | 14.9 |
| Promedio | 39.9 | 30.5 | 15.0 |

Como se puede apreciar de esta tabla, el largo promedio de los especímenes analizados fue de 39.9cm, mientras que ancho y alto tuvieron valores promedios de 30.5 cm y 15 cm, respectivamente.

Los especímenes así fabricados, se guardaron en bolsas herméticas para preservar las condiciones en las que usualmente son transportadas y montadas para la fabricación de las estructuras de adobe típicas. Estas unidades fueron colocadas dentro de una máquina de ensayo de materiales universal, tal como se muestra en la Tabla 3-6.



Figura 3-6: Colocación, aplicación de carga axial y falla de un espécimen típico de adobe.

Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de poder evaluar la resistencia mecánica a la compresión de las unidades fabricadas, y teniendo en cuenta que la forma de asentado de estas unidades es tal que la altura quede alineada con la dirección de la gravedad, se colocaron las muestras de tal forma que las cargas axiales aplicadas son perpendiculares a la cara de asiento de las mencionadas unidades, tal como se muestra en la Tabla 3-6. Además, teniendo en cuenta que los actuadores mecánicos mostrados transmiten cargas puntuales, y que en la realidad las cargas son aplicadas de manera distribuida, es decir, actuando sobre determinadas áreas del

elemento, se usaron unas placas rectangulares metálicas, de tal forma que las cargas puntuales aplicadas se distribuyan de manera uniforme sobre el elemento.

Una vez que el espécimen ha sido colocado adecuadamente, se procedió a la aplicación de las cargas transversales. La aplicación de las cargas transversales se hizo de manera gradual, a razón de 100 kg por minuto, esta operación se llevó hasta alcanzar la carga de falla del espécimen, la que se definió como aquella que provoca que el material se desmorone, tal como se aprecia en la misma figura.

Con fines de organización de los resultados obtenidos, en este trabajo se han denominado E01, E02 y E03, a los especímenes ensayados en el laboratorio, cuyas características geométricas fueron mostradas en líneas anteriores.

Los resultados que se obtuvieron para cada uno de los especímenes ensayados se muestran en la Tabla 3-6. Esta tabla muestra el área de aplicación de la carga transversal, la carga de rotura y finalmente el esfuerzo de compresión máximo del material analizado. En este sentido conviene aclarar que el esfuerzo de compresión máximo se ha definido en este trabajo como la división obtenida entre la carga de rotura del espécimen y el área de la sección transversal a la aplicación de la carga, es decir:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde, σ , representa el esfuerzo máximo de compresión del adobe; P, la fuerza axial que provoca la falla del espécimen, y A, el área de la sección trasversal a la aplicación de la carga.

Los resultados muestran que el primer espécimen fallo bajo una carga axial de 17102 kgf, la que fue aplicada en una área transversal a la aplicación de la carga, es decir, 1200 cm². El resultado de la división de los valores mencionados da como resultado 14.25 kgf/cm². Este valor resulta bastante interesante, ya que, al ser comparados con las resistencias a compresión axial de unidades de albañilería cocida, se puede apreciar que sus resistencias son considerablemente inferiores a las de estas, por lo que, desde ahora, se puede ir vislumbrado algunas de sus limitaciones como un material de construcción.

Tabla 3-6: Resistencia mecánica a la compresión transversal de unidades de adobe. Fuente: Elaboración propia.

| Espécimen | Área de aplicación (cm ²) | Carga de rotura (kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) |
|-----------|---------------------------------------|----------------------|---|
| E01 | 1200.0 | 17102 | 14.25 |
| E02 | 1224.5 | 17100 | 13.96 |
| E03 | 1223.1 | 17800 | 14.55 |
| Promedio | 1215.9 | 17334 | 14.26 |

Finalmente, en la misma tabla se muestran los resultados obtenidos para cada una de los dos especímenes restantes, los que nos dieron una resistencia a la compresión promedio de 14.26 kg/cm².

3.3.2 Ensayo de resistencia a la flexión

Otro parámetro de gran importancia para poder evaluar las características mecánicas del adobe es su resistencia a la tracción. Aunque en principio el concepto de esfuerzos de tracción no es difícil de comprender, ya que se concibe como la resistencia máxima que un espécimen es capaz de tolerar frente a esfuerzos que lo estiren, realizar un ensayo de estas características no siempre es tarea sencilla, ya que al estirar una muestra, primero hay que interactuar con ella en ciertos puntos de esta, por lo que se estarían afectando partes del material no deseadas con esfuerzos de compresión, corte y tracción muy pronunciados, lo que terminaría provocando errores en las mediciones.

Tabla 3-7: Dimensiones características de las unidades de adobe ensayadas bajo carga de flexión. Fuente: Elaboración propia.

| Espécimen | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura (cm) |
|-----------|------------|------------|-------------|
| E01 | 40 | 30 | 15 |
| E02 | 40.1 | 31 | 15.1 |
| E03 | 40.1 | 30.5 | 14.9 |
| Promedio | 40.1 | 30.5 | 15.0 |

La resistencia a la flexión de un material es un parámetro intrínseco al material y nos mide su capacidad de resistir deformaciones de tensión. En la práctica de la ingeniería se ha podido establecer que los materiales naturales tales como los agregados piedras o adobe tienen una resistencia a la tracción disminuida, al ser comparadas con sus respectivos esfuerzos de compresión. En el caso analizado, por ejemplo, se puede apreciar que los esfuerzos de

tensión obtenidos son bajos al ser comparados con los esfuerzos de compresión, específicamente esta relación va de 5 kg/cm² hasta 15 kg/cm², es decir, que los esfuerzos de compresión son aproximadamente el triple de los esfuerzos de tracción.



Figura 3-7: Colocación y aplicación de carga flexional en especímenes de adobe. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-8: Resistencia a la flexión encontrada en la evaluación de las unidades de adobe.

Fuente: Elaboración propia.

| Especímen | Inercia (cm ⁴) | Dist. Eje neutro (cm) | Carga de falla (kgf) | Momento máximo (kgf.m) | Esfuerzo de flexión (kgf/cm ²) |
|-----------|----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|--|
| E01 | 8437.5 | 7.5 | 570 | 5700 | 5.07 |
| E02 | 8894.3 | 7.5 | 572 | 5734.3 | 4.84 |
| E03 | 8407.7 | 7.5 | 568 | 5694.2 | 5.08 |
| Promedio | 8579.8 | 7.5 | 570 | 5709.5 | 4.99 |

En cuanto a normativa, el Perú dispone de la norma de construcción con tierra reforzada (E.080). Esta guía técnica brinda solo algunas disposiciones útiles, entre ellas recomienda que la resistencia a la compresión del adobe sea de por lo menos 10 kg/cm², mientras que la resistencia a la tracción de este elemento debería ser de por lo menos 1kg/cm². Como se puede apreciar de estos datos, los materiales estudiados están por encima de los mínimos exigidos.

3.4 Estudio de especímenes de adobe fabricados

Para obtener mayor información sobre la calidad de los materiales usados en la construcción del local municipal del distrito de Acraquia, se procedió a la fabricación de una serie de unidades de adobe. A diferencia del caso estudiado en la sección anterior, donde los especímenes fueron sacados de la estructura existente, en este caso se prepararon las muestras usando las mismas técnicas empleadas en el distrito de Acraquia.

Se debe mencionar que se ensayaron tres especímenes de adobe a compresión, esta prueba nos permitirá determinar la resistencia mecánica a compresión de estas unidades. Adicionalmente, se determinó la resistencia mecánica del adobe a la tracción, para esto las unidades preparadas fueron sometidas a un ensayo de resistencia a la tracción. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

3.4.1 Resistencia de especímenes a la compresión

Los especímenes fabricados fueron ensayados en laboratorio, obteniendo los resultados mostrados a continuación. De acuerdo con la norma peruana de construcciones en adobe, la resistencia mínima del material, en compresión, debe ser de 10 kg/cm². De los resultados obtenidos se puede observar que el material estudiado está muy por encima del mínimo establecido.

Tabla 3-9: Dimensiones de los especímenes usados en la determinación de las propiedades mecánicas. Fuente: Elaboración propia.

| Espécimen | Largo (cm) | Ancho (cm) | Altura (cm) |
|-----------|------------|------------|-------------|
| E01 | 40 | 30 | 15 |
| E02 | 39.5 | 31 | 15.1 |
| E03 | 40.1 | 30.5 | 14.9 |
| Promedio | 39.9 | 30.5 | 15.0 |

Tabla 3-10: Resistencia mecánica a la compresión transversal de unidades de adobe.

Fuente: Elaboración propia.

| Espécimen | Área de aplicación (cm ²) | Carga de rotura (kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) |
|-----------|---------------------------------------|----------------------|---|
| E01 | 1200.0 | 17982 | 15 |
| E02 | 1224.5 | 17950 | 14.9 |
| E03 | 1223.1 | 17970 | 14.8 |
| Promedio | 1215.9 | 17960 | 14.9 |

3.4.2 Resistencia de los especímenes a la flexión

La norma peruana de construcciones en tierra reforzada exige que la resistencia mínima a la tensión de las unidades de adobe sea de por lo menos 1kgf/cm², con la finalidad de garantizar la estabilidad de estas unidades. De los especímenes estudiados en el laboratorio, se puede aplicar que la resistencia promedio a la tracción del adobe fue de 5 kgf/cm², un valor que supera ampliamente los límites mínimos impuestos por la normativa citada.

Tabla 3-11: Resistencia a la flexión encontrada en la evaluación de las unidades de adobe.

Fuente: Elaboración propia.

| Espécimen | Inercia (cm ⁴) | Dist. Eje neutro (cm) | Carga de falla (kgf) | Momento máximo (kgf.m) | Esfuerzo de flexión (kgf/cm ²) |
|-----------|----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|--|
| E01 | 8437.5 | 7.5 | 608 | 6080 | 5.07 |
| E02 | 8894.3 | 7.5 | 610 | 6100 | 5.08 |
| E03 | 8407.7 | 7.5 | 605 | 6050 | 5.02 |
| Promedio | 8579.8 | 7.5 | 609 | 6090 | 5.08 |

3.5 Modelamiento de la estructura sin reforzamiento

Para dar inicio con el modelamiento de la estructura en su estado actual es necesario determinar sus propiedades, tales como el módulo de elasticidad y el peso específico.

| | |
|---|---------------|
| $Lo := 40 \cdot cm$ | Largo |
| $ao := 30 \cdot cm$ | Ancho |
| $bo := 15 \cdot cm$ | Alto |
| $vo := Lo \cdot ao \cdot bo = 18000 \text{ cm}^3$ | Volumen |
| $wo := 20 \cdot kgf$ | Peso |
| $Punitario := \frac{wo}{vo} = 1.225 \frac{tonf}{m^3}$ | Peso Unitario |

Figura 3-8: Cálculo del peso unitario de las unidades de adobe. Fuente: Elaboración propia.

$$\sigma_o := 14 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\varepsilon_o := 0.0055$$

$$E_o := \frac{\sigma_o}{\varepsilon_o} = 28058.833 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$$

Figura 3-9: Cálculo del módulo de elasticidad del adobe. Fuente: Elaboración propia.

| | |
|--|----------------------------------|
| Oficinas (*) | |
| Exceptuando salas de archivo y computación | 2,5 (250) |
| Salas de archivo | 5,0 (500) |
| Salas de computación | 2,5 (250) Ver 6.4 |
| Corredores y escaleras | 4,0 (400) |
| | |
| Teatros | |
| Vestidores | 2,0 (200) |
| Cuarto de Proyección | 3,0 (300) Ver 6.4 |
| Escenario | 750 |
| Zonas Públicas | De acuerdo a lugares de asamblea |

Figura 3-10: Cargas vivas mínimas recomendadas para lugares con actividades similares a oficinas. Fuente: Norma peruana de cargas E020.

En la Figura 3-8 y Figura 3-9 se muestran el cálculo justificativo del módulo de elasticidad y el peso específico del adobe. Luego estos parámetros son ingresados al programa mediante las vías correspondientes.


| General Data | |
|---|---|
| Material Name | Adobe |
| Material Type | Other |
| Directional Symmetry Type | Isotropic |
| Material Display Color |  Change... |
| Material Notes | Modify/Show Notes... |
| Material Weight and Mass | |
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density |
| Weight per Unit Volume | 1.225 tonf/m ³ |
| Mass per Unit Volume | 0.122 tonf-s ² /m ⁴ |
| Mechanical Property Data | |
| Modulus of Elasticity, E | 28000 tonf/m ² |
| Poisson's Ratio, U | 0.2 |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 0.0000099 1/C |
| Shear Modulus, G | 11666.67 tonf/m ² |

Figura 3-11: Modelamiento elástico del adobe, como material de construcción. Fuente: Elaboración propia.



| General Data | |
|-------------------------------|---|
| Property Name | Muro30 |
| Property Type | Specified |
| Wall Material | Adobe  |
| Notional Size Data | Modify/Show Notional Size... |
| Modeling Type | Shell-Thin |
| Modifiers (Currently Default) | Modify/Show... |
| Display Color |  Change... |
| Property Notes | Modify/Show... |
| Property Data | |
| Thickness | 0.30 m |

Figura 3-12: Modelamiento de los muros de adobe presentes en la edificación analizada.

Fuente: Elaboración propia.

Aunque las cargas provenientes del sistema de techos son despreciables, al ser comparadas con los pesos de la estructura, se han considerado en el análisis. Los cálculos justificativos asociados a estas masas se muestran en los anexos y la definición de estas en el análisis llevado a cabo se muestra a continuación.

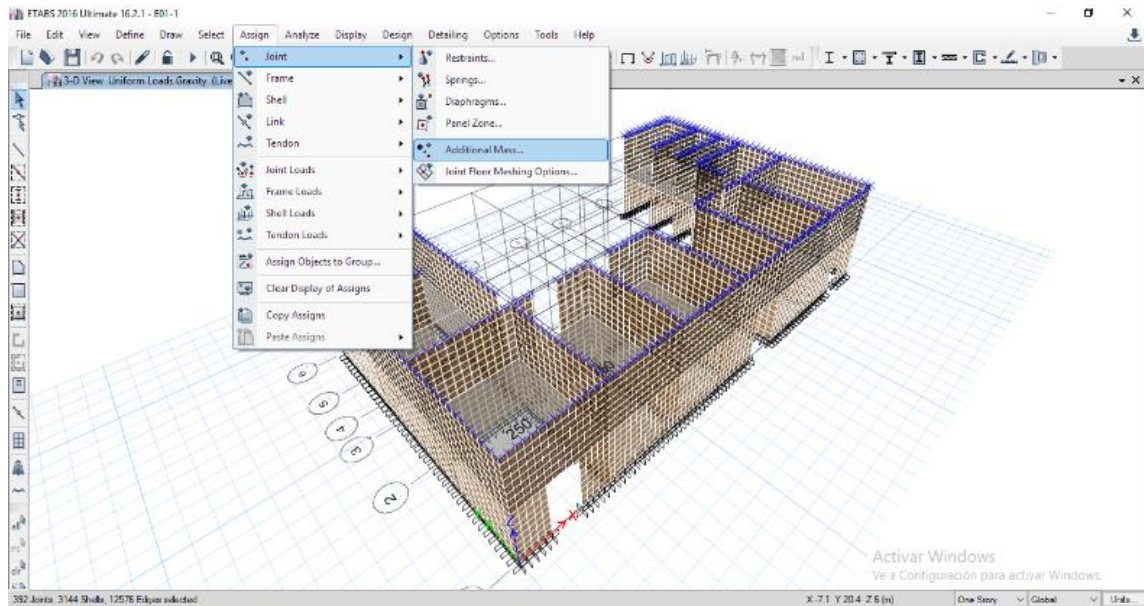


Figura 3-13: Aplicación de las masas provenientes del sistema de techo. Fuente: Elaboración propia.

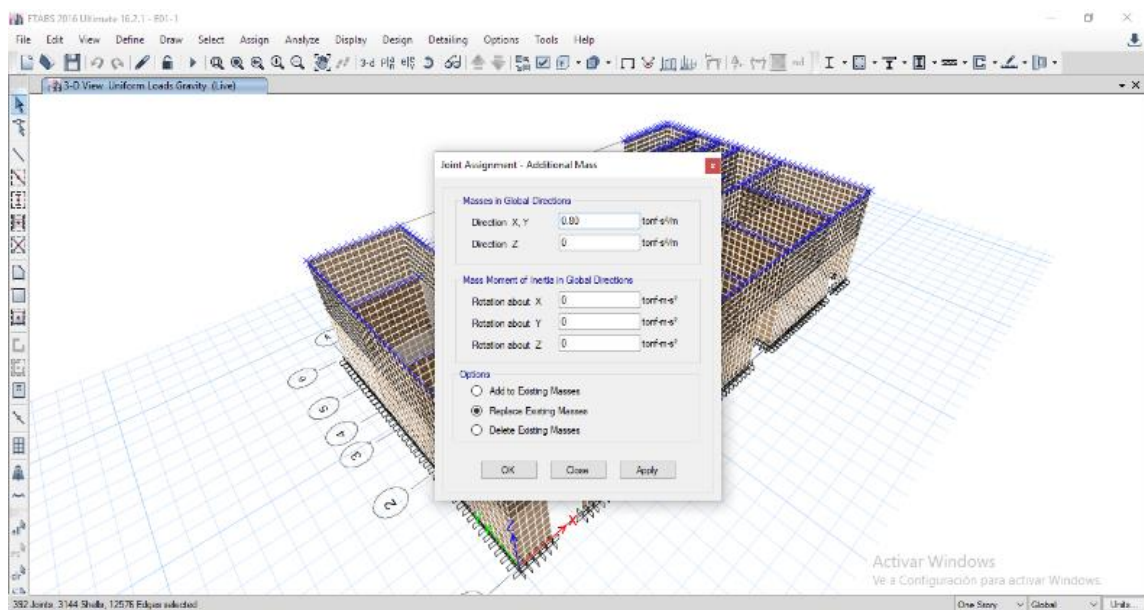


Figura 3-14: Masa proveniente del sistema de techo aplicada a la estructura. Fuente: Elaboración propia.

Una vez definido el material se procede al modelamiento de los muros estructurales. Posteriormente se da inicio al modelado de la estructura usando elementos Shell.

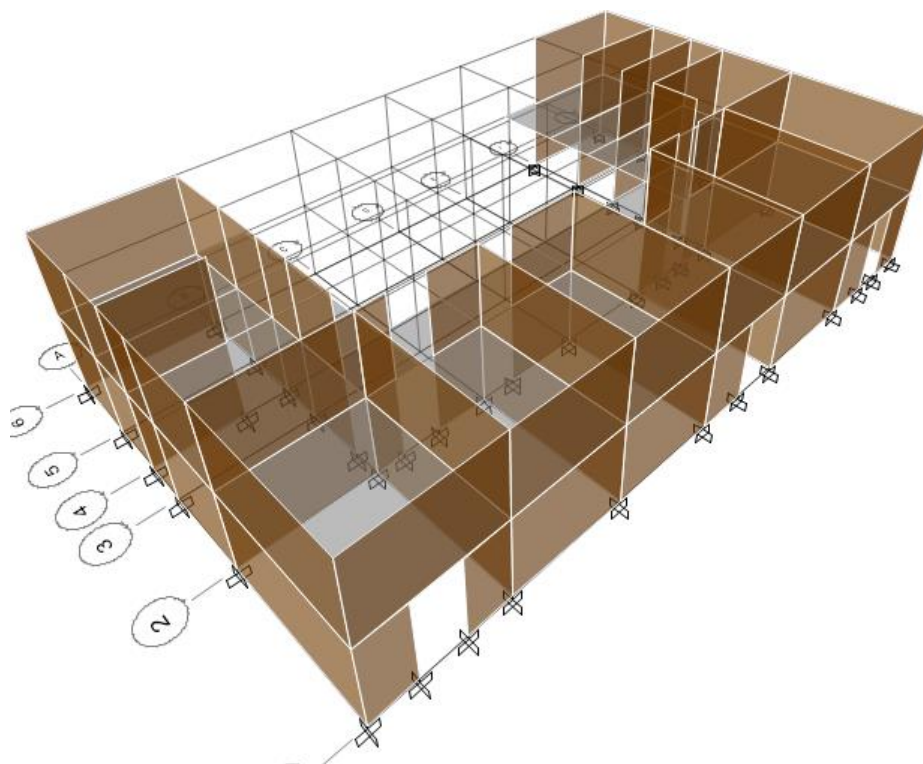


Figura 3-15: Modelo estructural del local comunal del distrito de Acraquia. Fuente: Elaboración propia.

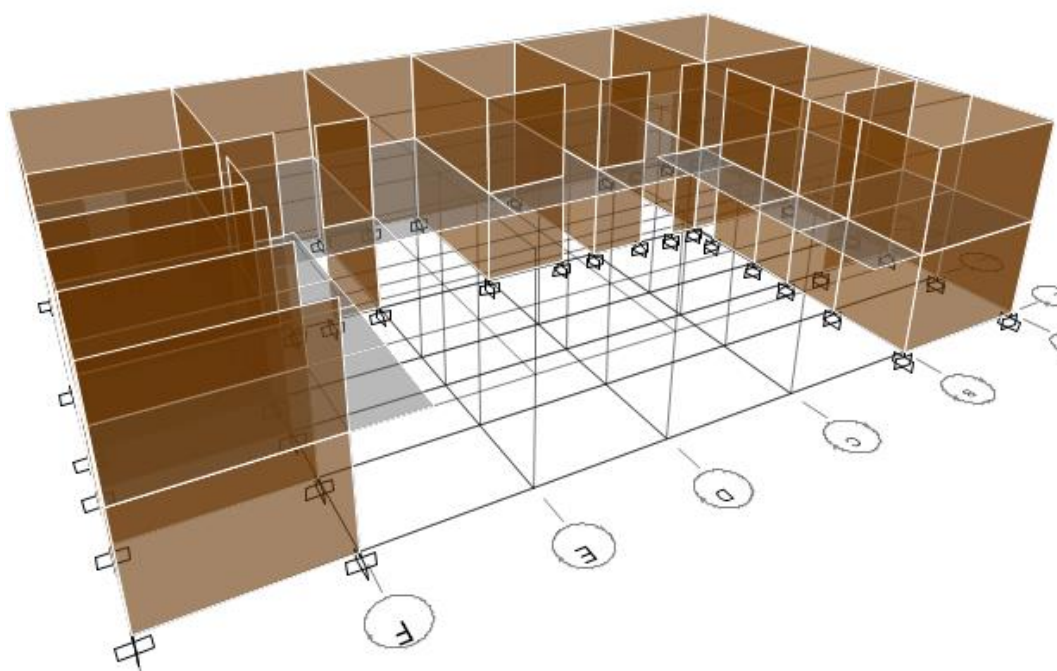


Figura 3-16: Vista frontal de la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

3.5.1 Modelamiento del adobe

Los elementos Shell son elementos finitos disponibles en la librería del software de análisis ETABS V16, son útiles para el modelamiento de muros o losas, ya que cuentan con seis grados de libertad por nodo, tres de traslación y tres de rotación, estos les permiten modelar deformaciones transversales y rotacionales. En la Figura 3-18 y Figura 3-19 se muestran las características típicas de un elemento Shell característico.

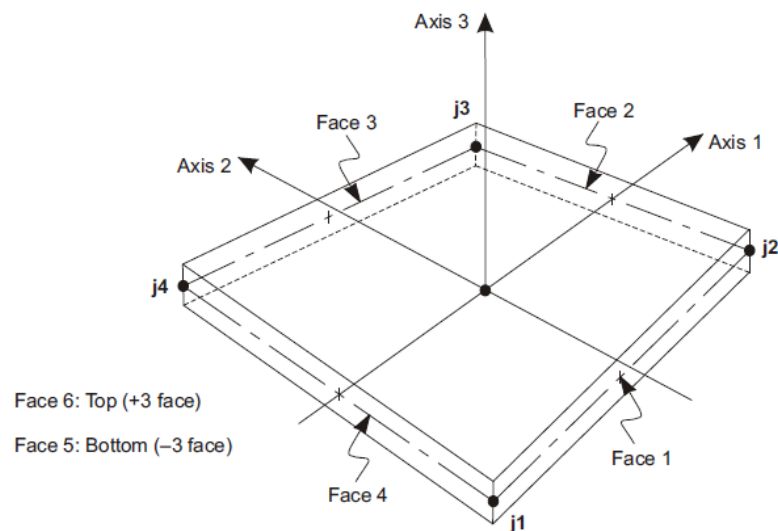


Figura 3-17: Elemento Shell de cuatro nodos característico, usado para modelar muros.

Fuente: Computers and Structures (2018).

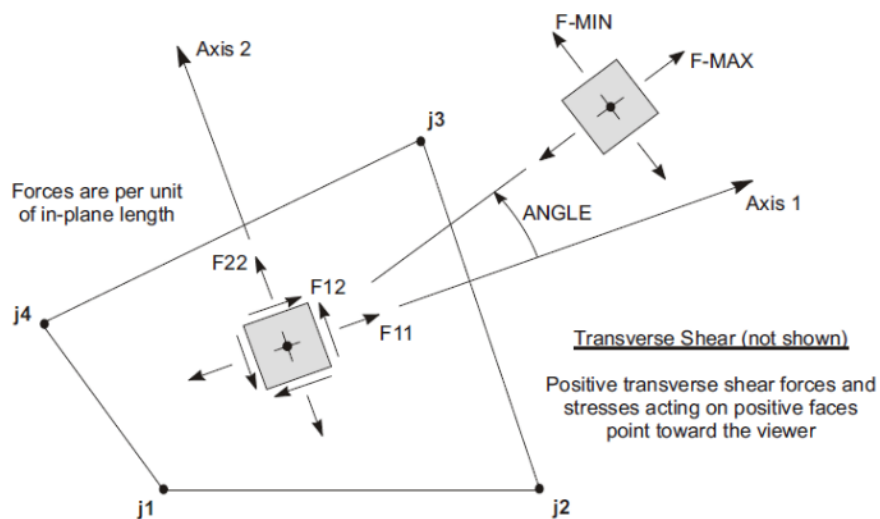


Figura 3-18: Esfuerzos internos presentes en el elemento estudiado. Fuente: Computers and Structures (2018).

3.5.2 Cargas

En ingeniería estructural las cargas gravitacionales son de dos tipos, muertas y vivas. Las primeras provienen del peso propio de los elementos del sistema estructural y cargas sobre impuestas, tales como acabados (100 kg/m²), u otras cuya permanencia esté garantizada. En el caso de cargas vivas, estas representan generalmente el peso de los ocupantes u otras cargas que no necesariamente tengan permanencia el tiempo. Usualmente estas cargas vienen reglamentadas como es el caso peruano, con la norma de cargas E020.

En el presente trabajo de investigación, las cargas muertas sobre impuestas fueron de 100 kg por metro cuadrado y representan a las cargas de acabados. En el caso de la carga viva, estas se han considerado de 250 kg por metro cuadrado, tal como se puede apreciar en la Figura 3-10. Este valor fue tomado de la norma peruana de cargas y elegido para el uso de actividades de oficinas. Esto último se hizo así debido a que la estructura analizada funge de local municipal, por lo que las actividades desarrolladas en este lugar serán compatibles con las de oficinas. Además, la mencionada norma también dice que en el caso de que la actividad específica no este detallada dentro de la citada tabla, el profesional responsable elija, de acuerdo con su experiencia el valor más adecuado.

| Story | Label | Unique Name | Load Pattern | Direction | Load kg/m ² |
|--------|-------|-------------|--------------|-----------|------------------------|
| Story1 | F5 | 4 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F6 | 5 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F7 | 6 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F8 | 7 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F9 | 8 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F10 | 9 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F11 | 11 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F12 | 10 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F13 | 12 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F14 | 1 | Dead | Gravity | 100 |
| Story1 | F3 | 2 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F4 | 3 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F5 | 4 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F6 | 5 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F7 | 6 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F8 | 7 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F9 | 8 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F10 | 9 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F11 | 11 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F12 | 10 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F13 | 12 | Live | Gravity | 250 |
| Story1 | F14 | 1 | Live | Gravity | 250 |

Figura 3-19: Captura de pantalla de las cargas aplicadas en la estructura. Fuente:

Elaboración propia.

Un punto adicional y de gran importancia es el metrado de cargas. Sobre esto se debe comentar que el software de análisis elegido, en este caso ETABS V16, es capaz de calcular el peso de los materiales y elementos involucrados en el sistema estructural, por lo que el

cálculo del peso de cada elemento no es necesario, en otras palabras, el programa usado realiza el cálculo de los pesos propios, de acuerdo con las características presentes en la estructura.

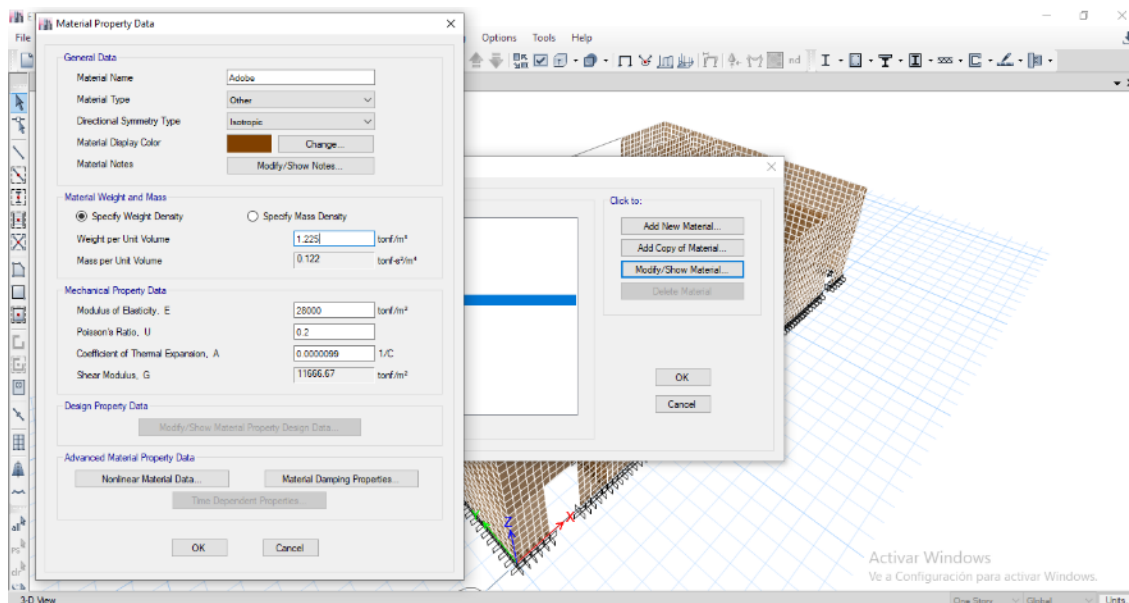


Figura 3-20: Captura de pantalla de la definición de las propiedades de la estructura.

Fuente: Elaboración propia.

Solo es necesario indicarle al software las cargas sobreimpuestas, es decir aquellas que provienen del equipamiento o el uso, tales como las cargas de los cavados y las cargas vivas, las que usualmente se ingresan como cargas por metro cuadrado, tal como es aprecian en las Figura 3-17 y Figura 3-18.

Como se mencionó, las cargas sobreimpuestas si deben ser agregadas de forma manual. Además, en el presente trabajo de investigación se ha podido determinar que tales cargas solo se encuentran aplicadas en el primer entrepiso de la estructura. Esto es así ya que la estructura analizada es de dos niveles, por lo que solo en el primer piso existen cargas de cavados y cargas vivas. Este hecho se ha visto reflejado en la Figura 3-21 y Figura 3-22.

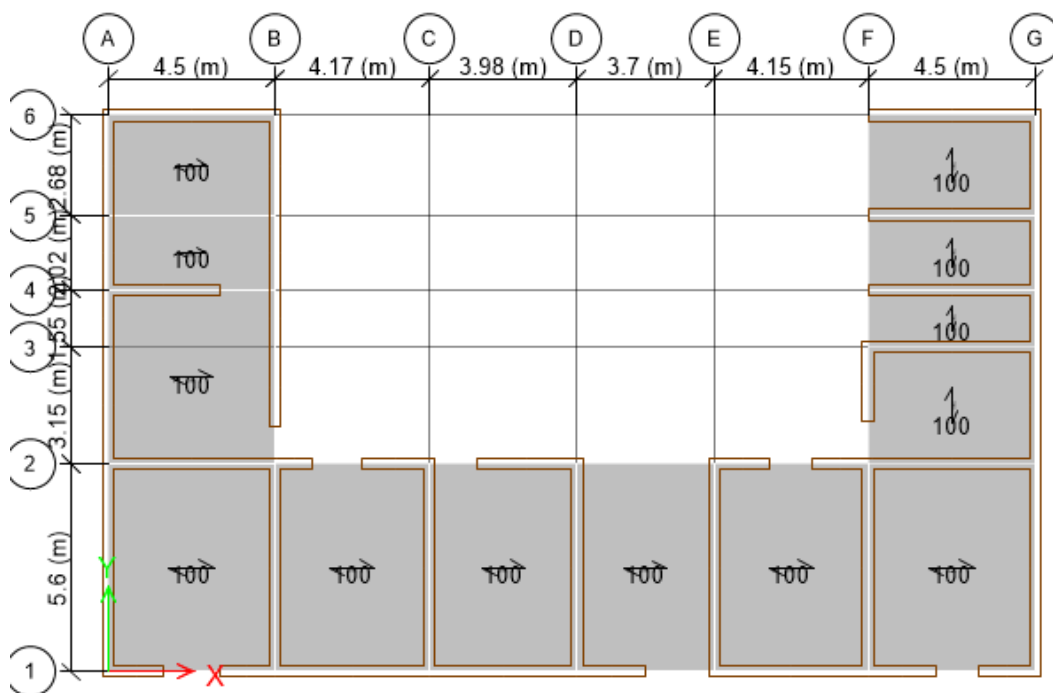


Figura 3-21: Aplicación de cargas muertas al sistema de piso del local municipal de Acraquia. Fuente: Elaboración propia.

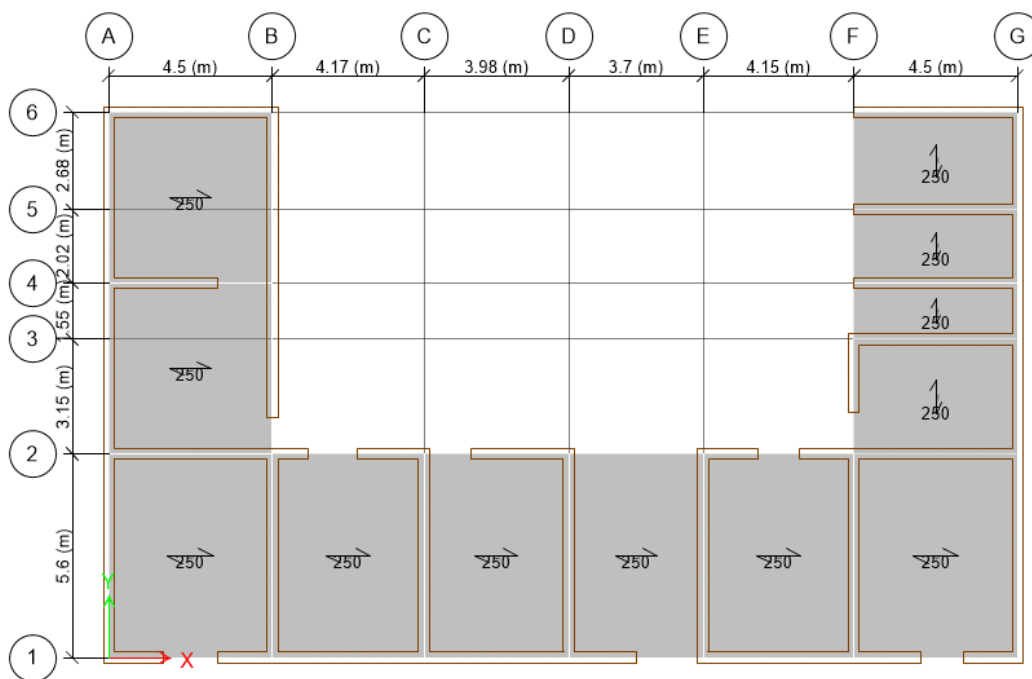


Figura 3-22: Aplicación de cargas vivas al sistema de piso del local municipal de Acraquia. Fuente: Elaboración propia.

| | | |
|---|---|----------------------|
| Mass Source Name | MsSrc1 | |
| Mass Source | | |
| <input type="checkbox"/> | Element Self Mass | |
| <input type="checkbox"/> | Additional Mass | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Specified Load Patterns | |
| <input type="checkbox"/> | Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by: | |
| | This Ratio of Diaphragm Width in X Direction | <input type="text"/> |
| | This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction | <input type="text"/> |
| Mass Multipliers for Load Patterns | | |
| | Load Pattern | Multiplier |
| | Dead | 1 |
| | Dead | 1 |
| | Live | 0.5 |
| Mass Options | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Include Lateral Mass | |
| <input type="checkbox"/> | Include Vertical Mass | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Lump Lateral Mass at Story Levels | |

Figura 3-23: Definición de la masa sísmica a partir de los casos de carga considerados.

Fuente: Elaboración propia.

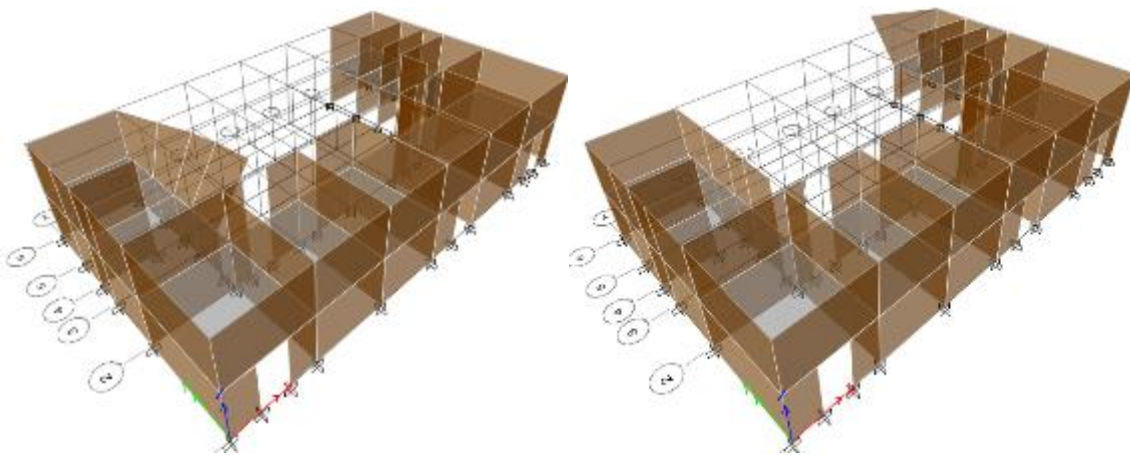


Figura 3-24: Formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel

$T_1=0.64$ s, $T_2=0.48$ s. Fuente: Elaboración propia.

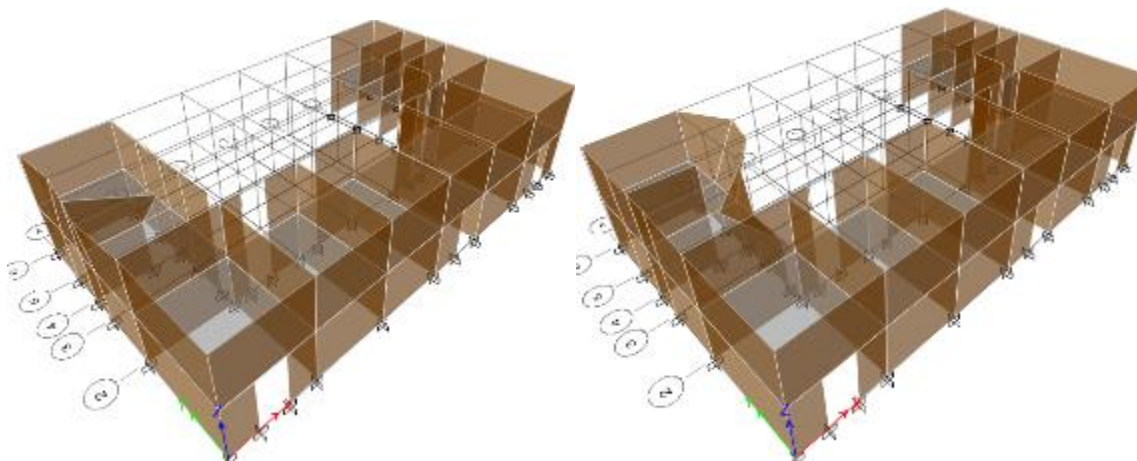


Figura 3-25: Tercera y cuarta formas de modo de la estructura analizada $T_3=0.45$ s, y

$T_4=0.45$ s. Fuente: Elaboración propia.

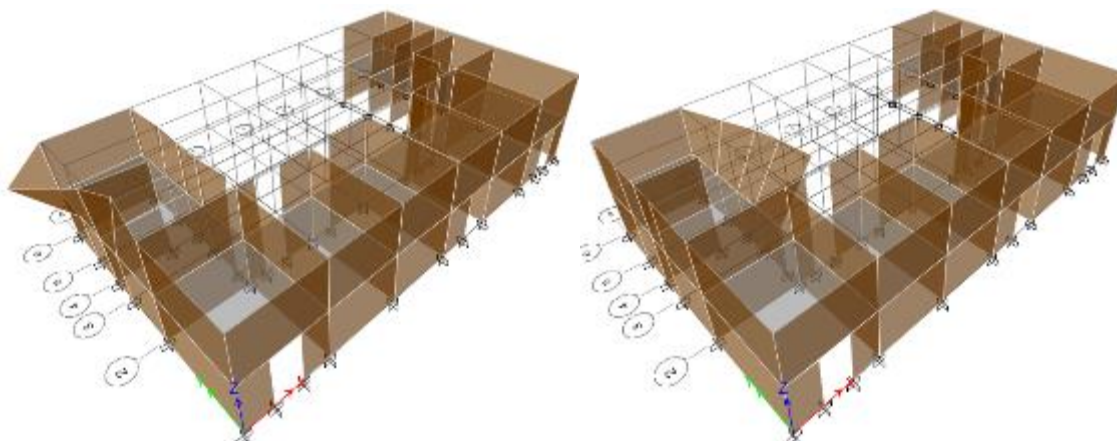


Figura 3-26: Quinta y sexta formas de modo de la estructura analizada $T_5=0.36$ s y $T_6=0.34$ s. Fuente: Elaboración propia.

3.5.3 Determinación del peligro sísmico

La demanda sísmica se calculó considerando los parámetros de zona (Z), de acuerdo a la ubicación de la estructura, el factor de suelo (S, T_p, T_l), el uso y el tipo de sistema estructural.

Tabla 3-12: Parámetros sísmicos de la estructura analizada

| | | |
|-------|------|---|
| Z | 0.35 | Factor de zona |
| S | 1.15 | Factor de suelo |
| T_p | 0.60 | Periodo corto |
| T_l | 2.00 | Periodo largo |
| U | 1.50 | Factor de uso (Importancia) |
| R_o | 1.00 | Factor de reducción básico |
| I_a | 1.00 | Irregularidad en altura |
| I_p | 1.00 | Irregularidad en planta |
| R | 1.00 | Factor de reducción $R=R_o \cdot I_a \cdot I_b$ |

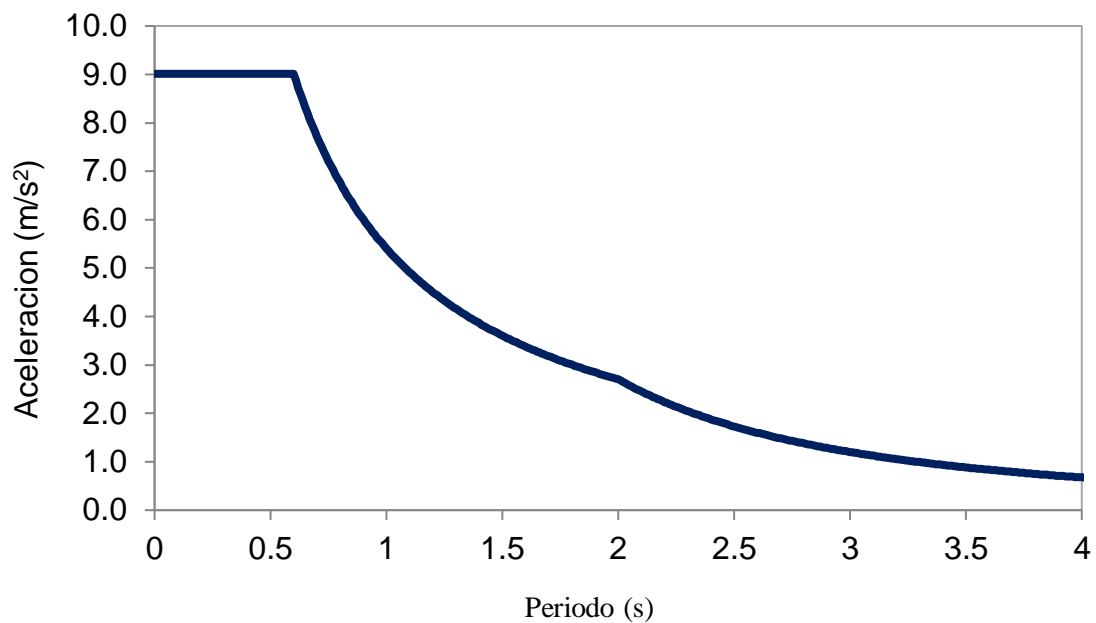


Figura 3-27: Espectro de aceleraciones asociado a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

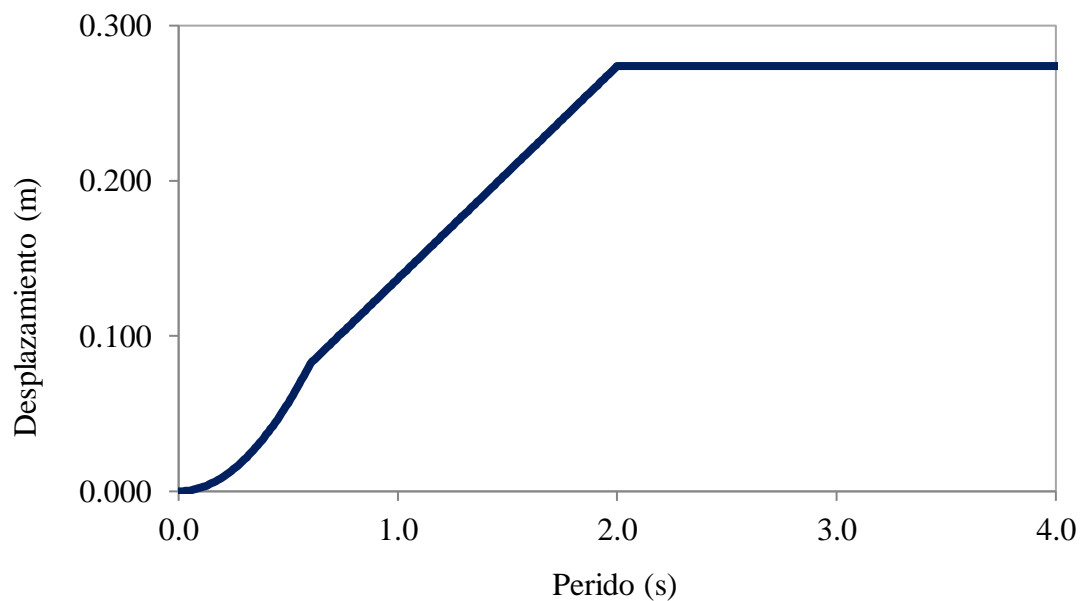


Figura 3-28: Espectro de desplazamientos asociados a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

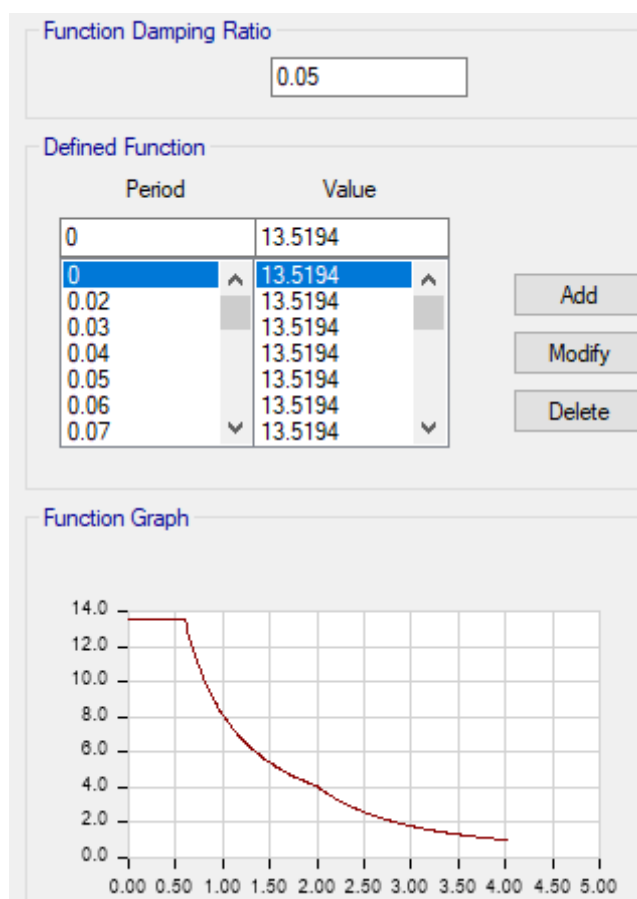


Figura 3-29: Definición del espectro de diseño correspondiente a las características de la edificación. Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 Respuesta sísmica del local sin reforzar

De los análisis efectuados se ha obtenido los resultados mostrados en la Tabla 3-13 y Tabla 3-14. De estos resultados se puede apreciar que el máximo desplazamiento en la estructura en dirección x, y debido al sismo en X, fue de 21 cm, mientras que el máximo desplazamiento debido a este mismo sismo fue de 6.85 cm. Como se puede apreciar de estos resultados el máximo desplazamiento encontrado indica que los muros del segundo nivel colapsarían debido a la acción del sismo considerado.

Tabla 3-13: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debido al sismo en x. Fuente: Elaboración propia.

| Nivel | h(m) | Dx(cm) | Dy(cm) |
|-------|------|--------|--------|
| 2 | 5.5 | 21 | 6.85 |
| 1 | 2.5 | 1.23 | 0.4 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

En el caso de ocurrir un sismo en dirección y, los máximos desplazamientos en direcciones x e y, fueron 1.93cm y 15 cm, respectivamente. Como en el caso anterior estos grandes desplazamientos indican que el muro analizado colapsaría, por lo que salta a la vista que una tenía de reforzamiento es urgente.

Tabla 3-14: Desplazamientos máximos en x e y, debido al sismo en y. Fuente: Elaboración propia.

| Nivel | h(m) | Dx(cm) | Dy(cm) |
|-------|------|--------|--------|
| 2 | 5.5 | 1.93 | 15 |
| 1 | 2.5 | 0.21 | 0.86 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

Conviene tener claro que nivel desplazamiento lateral puede ser aceptado en muros de adobe, sin que se presente la falla del este. Para esto se usará el criterio del centro de gravedad. Este criterio nos indica que el desplazamiento máximo del muro no debe superar aquel que provoque que el centro de gravedad del muro salga de la base del muro. De acuerdo con esto, el máximo desplazamiento creíble para que el muro no se vuelque deberá ser inferior a la mita del ancho del muro, en este caso 15cm. Por tanto, si un muro tiene desplazamiento lateral de 15 cm o más, se puede afirmar que ha colapsado. De los resultados obtenidos se puede apreciar que los muros del segundo nivel han superado este número con bastante amplitud, tal como se muestra en la Tabla 3-28.

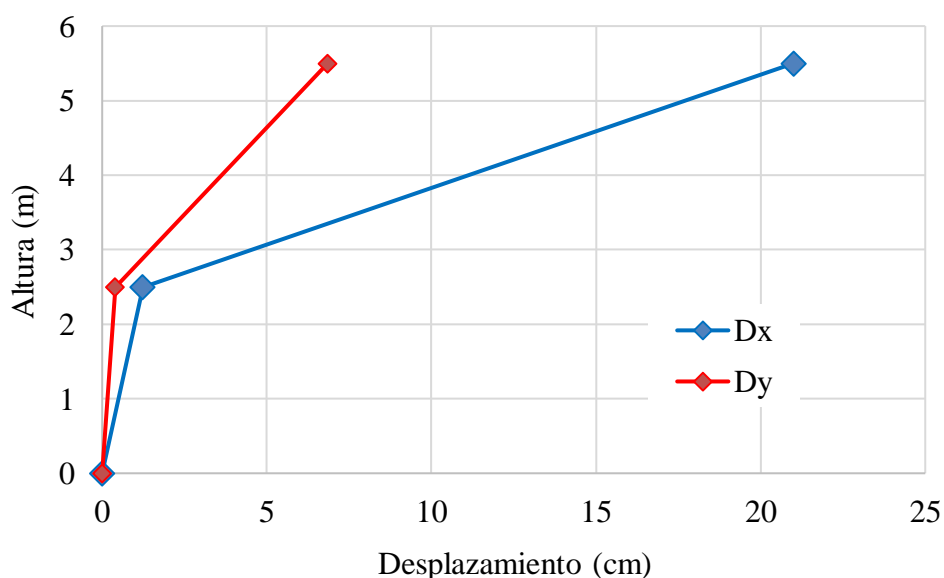


Figura 3-30: Máximos desplazamientos encontrados en la estructura debido al sismo en dirección x. Fuente: Elaboración propia.

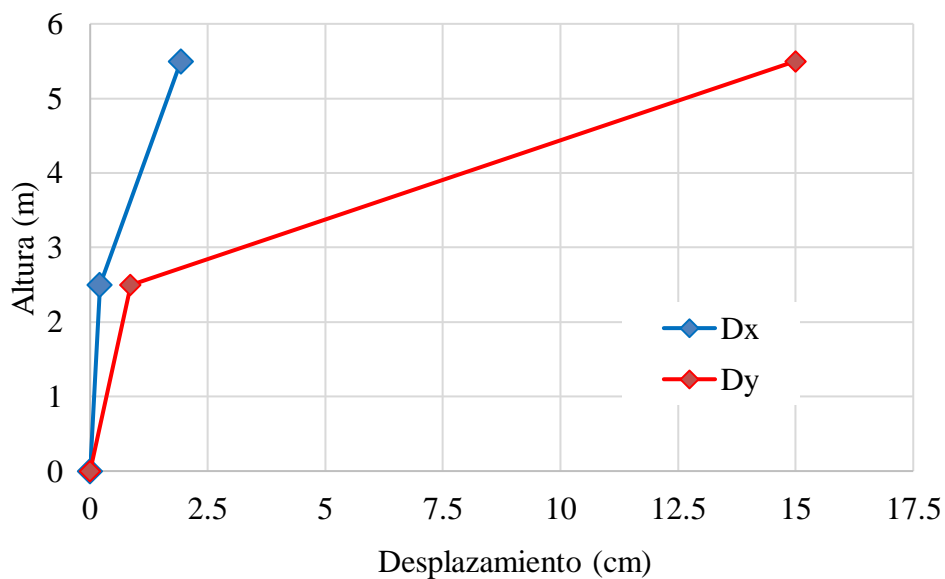


Figura 3-31: Máximos desplazamientos encontrados en la estructura debido al sismo en direcci3n y. Fuente: Elaboraci3n propia.

Tabla 3-15: Máximas distorsiones laterales encontradas debido al sismo en x.

| h(m) | $\Delta r_x(\text{cm})$ | $\Delta r_y(\text{cm})$ | $\delta_x(/1000)$ | $\delta_y(/1000)$ |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 2.5 | 19.77 | 6.45 | 79.08 | 25.8 |
| 3 | 1.23 | 0.4 | 4.1 | 1.3 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 3-16: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debido al sismo en y. Fuente: Elaboraci3n propia

| h(m) | $\Delta r_x(\text{cm})$ | $\Delta r_y(\text{cm})$ | $\delta_x(/1000)$ | $\delta_y(/1000)$ |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 2.5 | 1.72 | 14.14 | 6.88 | 56.56 |
| 3 | 0.21 | 0.86 | 1 | 3 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

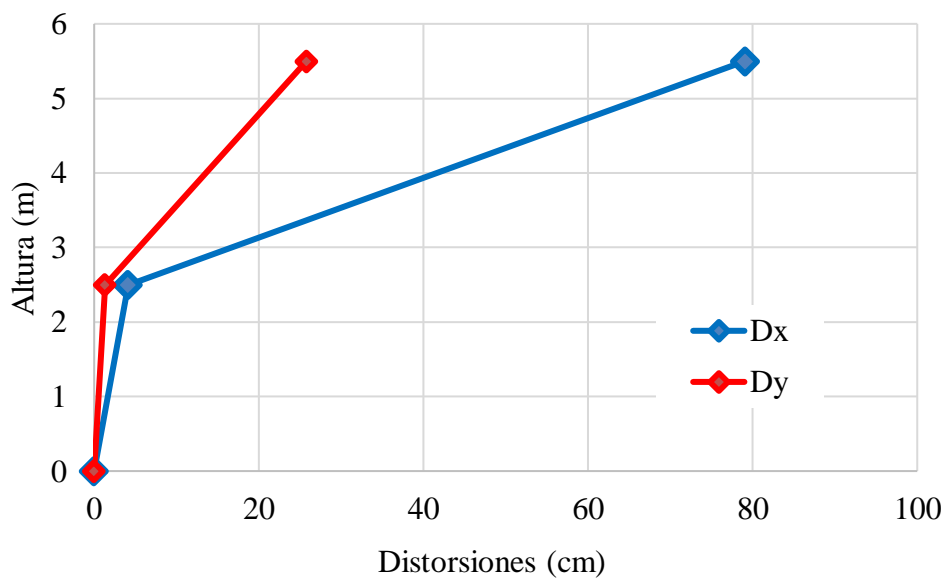


Figura 3-32: Máximas distorsiones laterales en x e y, debido al sismo en x. Fuente:
Elaboración propia.

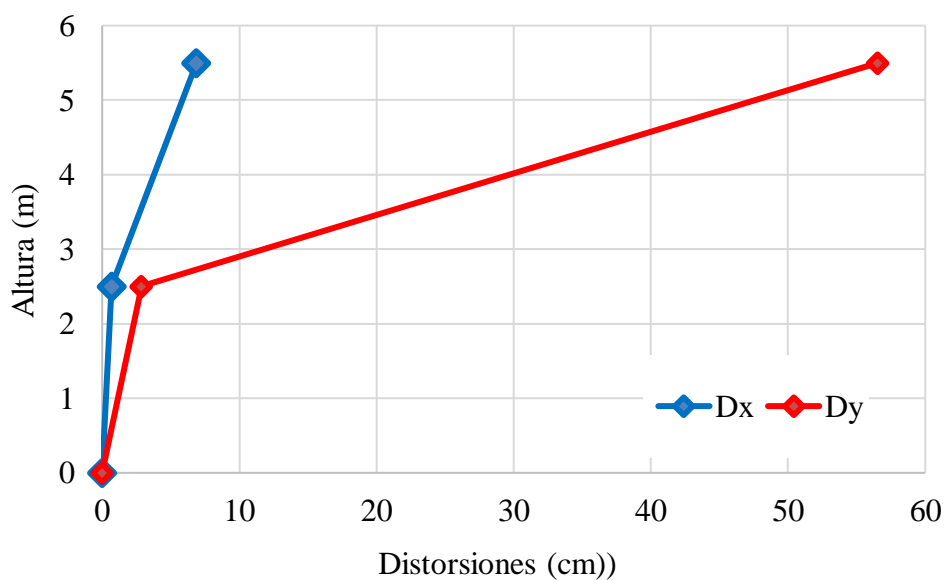


Figura 3-33: Máximas distorsiones laterales encontradas debido al sismo en y. Fuente:
Elaboración propia.

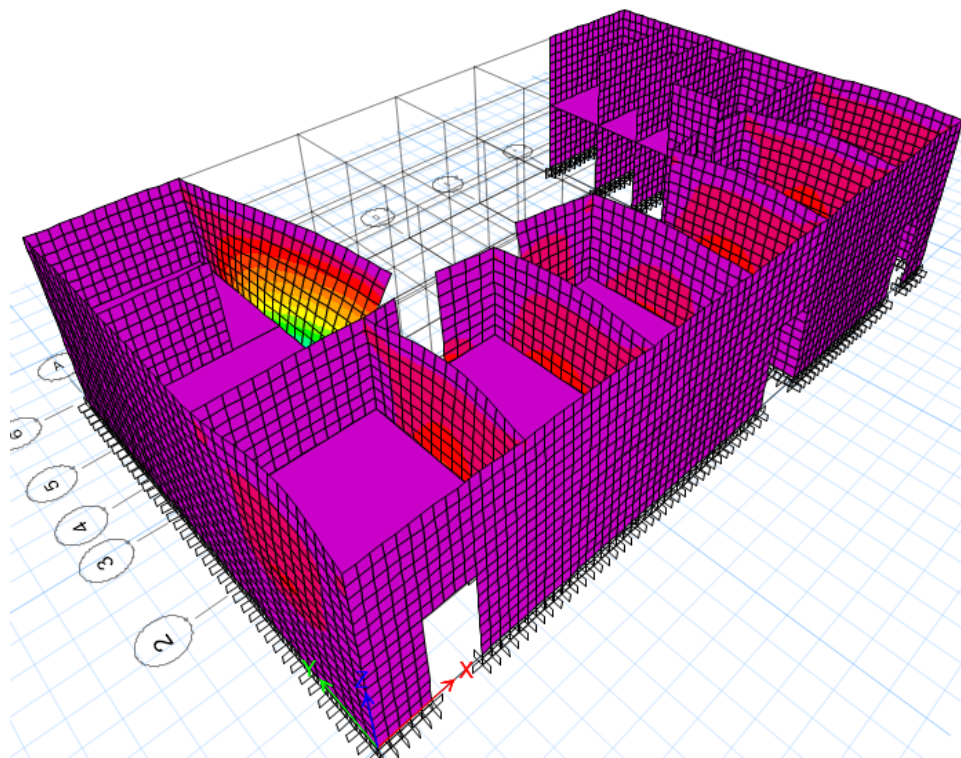


Figura 3-34: Máximos niveles de momentos flectores existentes en la estructura debido al sismo en el eje X. Fuente: Elaboración propia.

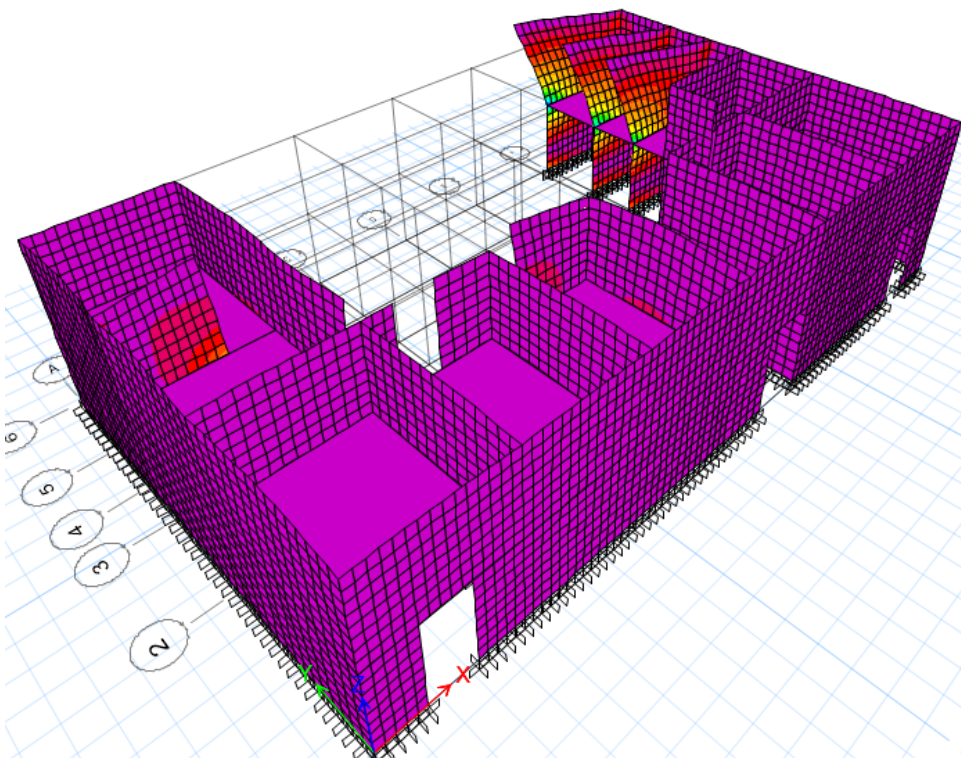


Figura 3-35: Máximos niveles de momentos flectores existentes en la estructura debido al sismo en el eje Y. Fuente: Elaboración propia.

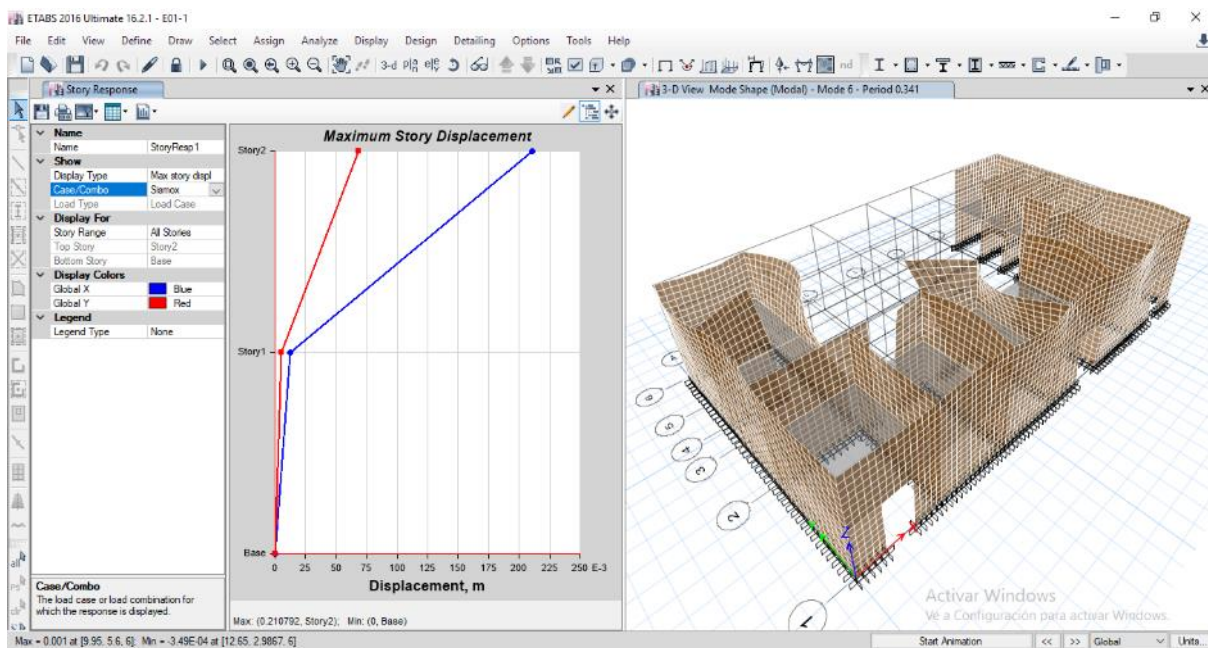


Figura 3-36: Desplazamientos laterales máximos debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

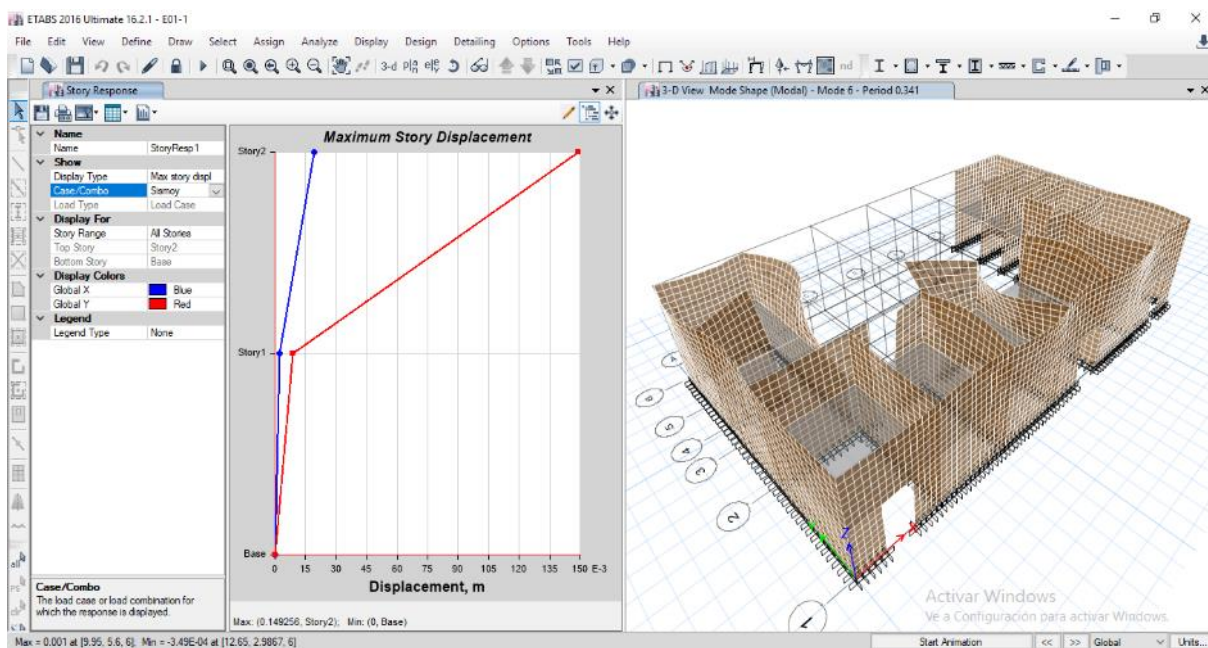


Figura 3-37: Desplazamientos laterales máximos debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

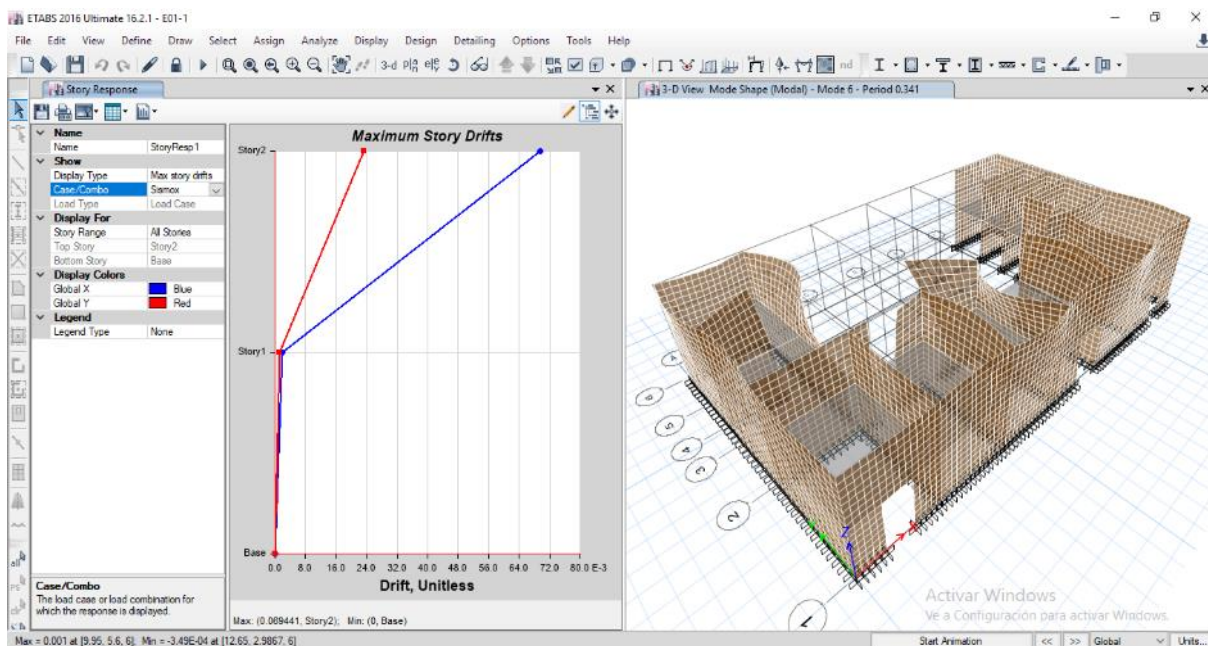


Figura 3-38: Máximas distorsiones laterales debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

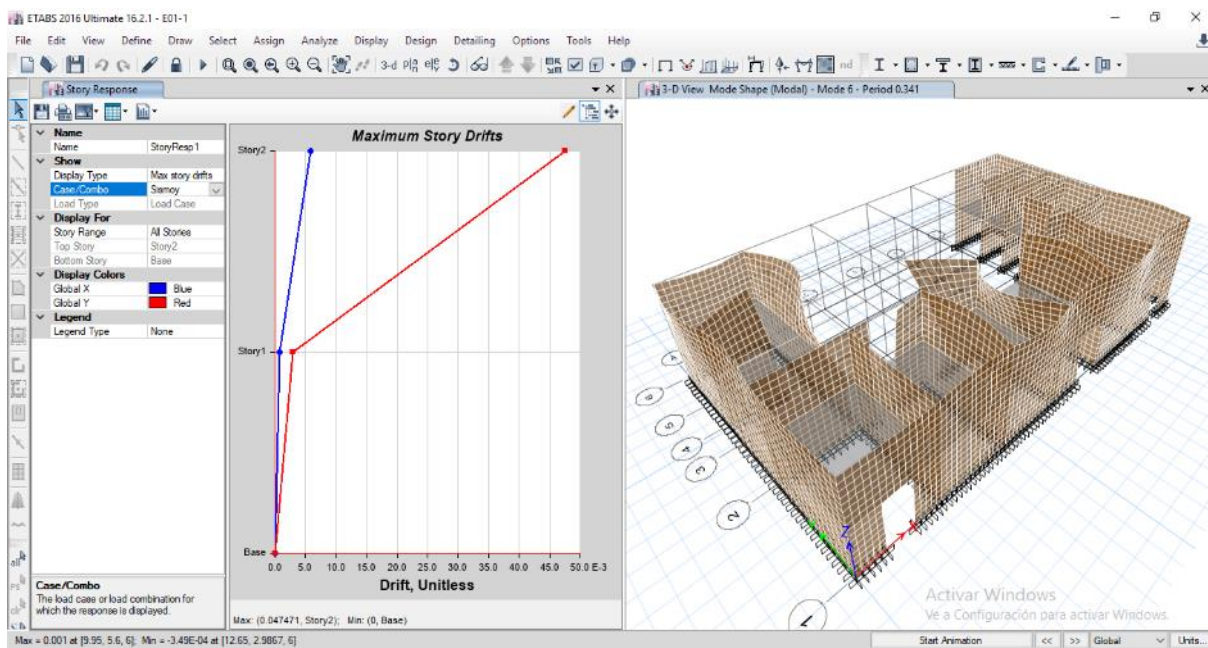


Figura 3-39: Desplazamientos laterales máximos debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia.

3.6 Modelamiento de la estructura reforzada con viga collar

Una de las técnicas de reforzamiento estudiadas en este trabajo de investigación es la viga collar. Esta técnica consiste en integrar los elementos verticales de la estructura estudiada mediante el uso de vigas madera conectada a los elementos verticales y entre ellas, de tal forma que generen un diafragma semirrígido. En

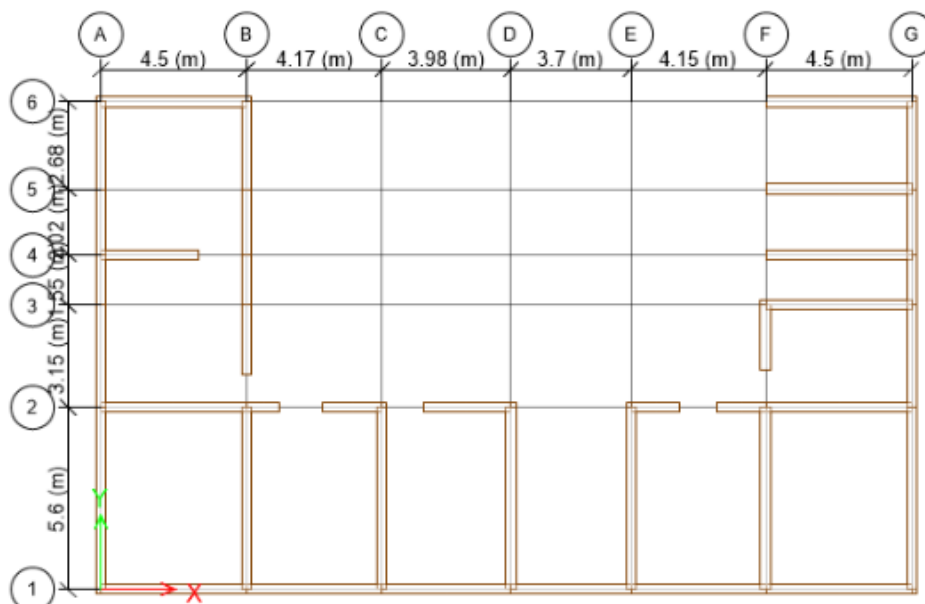


Figura 3-40: Planta del segundo nivel del local municipal de Acaquia. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-17: Modelo de elasticidad característico de la madera en función de la variedad de estas. Fuente: ATCP Ingeniería.

| Material | Módulo de elasticidad | |
|--|-----------------------|---------------------|
| | GPa | 10 ⁶ psi |
| Especies de madera | | |
| Angelim pedra (<i>Hymenolobium petraeum</i>): | 12,9 | 1,87 |
| Casca grossa (<i>Vochysia spp</i>): | 16,2 | 2,35 |
| Cupiúba (<i>Goupia glabra</i>): | 13,6 | 1,98 |
| Eucalipto Citriodora (<i>Eucalyptus citriodora</i>): | 18,4 | 2,67 |
| Eucalipto Grandis (<i>Eucalyptus grandis</i>): | 12,8 | 1,85 |
| Eucalipto Maculata (<i>Eucalyptus maculata</i>): | 18,1 | 2,62 |
| Eucalipto Urophylla (<i>Eucalyptus urophylla</i>): | 13,2 | 1,91 |
| Ipê (<i>Tabebuia serratifolia</i>): | 18,0 | 2,61 |
| Jatobá (<i>Hymenaea spp</i>): | 23,6 | 3,42 |
| Cedro doce (<i>Cedrella spp</i>): | 8,06 | 1,17 |

El modelamiento del efecto de la viga collar en la estructura, se realizará en el software de análisis no lineal ETABS v16. El modelamiento de la madera requiere que se definan con anterioridad las propiedades mecánicas de este material. Con la finalidad de que las técnicas y los materiales propuesto estén más al alcance de los pobladores del distrito de Acraquia, se ha optado por el uso del Eucalipto. Las propiedades de la madera considerada en este trabajo de investigación se muestran en la Tabla 3-17 y Tabla 3-18.

Tabla 3-18: Modulo de Poisson de la madera. Fuente: ATCP Ingeniería.

| Maderas | | | |
|----------------------------------|--|---|---|
| Orientación de la muestra | Coefficiente de Poisson implicado | Coefficiente de Poisson para la maderas de baja densidad | Coefficiente de Poisson para la maderas de alta densidad |
| Longitudinal: | v_LT e v_LR | 0,40 ± 0,05 | 0,43 ± 0,07 |
| Radial: | v_RT e v_RL | 0,25 ± 0,25 | 0,35 ± 0,30 |
| Tangencial: | v_TR e v_TL | 0,20 ± 0,15 | 0,18 ± 0,15 |

Tabla 3-19: Peso específico característico de la madera según variedad. Fuente: Instituto Nacional para la normalización INTI.

| | | |
|-------------------------|--------------------------------|-----|
| Eucalipto camaldulensis | Eucalyptus camaldulensis | 830 |
| Eucalipto globulus | Eucalyptus globulus | 780 |
| Eucalipto saligna | Eucalyptus saligna, E. Grandis | 560 |
| Eucalipto viminalis | Eucalyptus viminalis | 700 |
| Faia | Emmotum nitens | 930 |
| Fava bolota | Pakia pendula | 570 |
| Francisco Alvarez | <i>Ver zapallo caspi</i> | --- |
| Freijó | Cordia goeldiana | 590 |

Una de las propiedades más importantes a tener en consideración, en el caso de la madera, es el peso específico de la madera. El peso específico es un parámetro que indica el peso que tiene un material por cada unidad de volumen. Es usual que este parámetro se de en unidades de peso específico por metros cúbicos. En el caso de la madera y más específicamente el eucalipto, el peso unitario fue de 700 kg/m³.

La forma de ingreso de los parámetros relativos a las propiedades mecánicas de los materiales, en específico la madera, se muestra en las Figura 3-41 y Figura 3-42.

El esquema de reforzamiento propuesto, con base a las propiedades del material consideradas se muestra en la Figura 3-43 y Figura 3-44. Como se puede observar de estos gráficos, las vigas collar han sido colocadas de tal forma que los elementos de madera sostienen a cada uno de los elementos verticales.


| General Data | |
|---|---|
| Material Name | Madera |
| Material Type | Other |
| Directional Symmetry Type | Isotropic |
| Material Display Color |  Change... |
| Material Notes | Modify/Show Notes... |
| Material Weight and Mass | |
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density |
| Weight per Unit Volume | 0.71 tonf/m ³ |
| Mass per Unit Volume | 0.072 tonf-s ² /m ⁴ |
| Mechanical Property Data | |
| Modulus of Elasticity, E | 1600000 tonf/m ² |
| Poisson's Ratio, U | 0.3 |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 0.0000099 1/C |
| Shear Modulus, G | 615384.62 tonf/m ² |

Figura 3-41: Modelamiento de las características mecánicas del adobe presentes en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia.


| General Data | |
|---|---|
| Material Name | Madera |
| Material Type | Other |
| Directional Symmetry Type | Isotropic |
| Material Display Color |  Change... |
| Material Notes | Modify/Show Notes... |
| Material Weight and Mass | |
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density |
| Weight per Unit Volume | 0.71 tonf/m ³ |
| Mass per Unit Volume | 0.072 tonf-s ² /m ⁴ |
| Mechanical Property Data | |
| Modulus of Elasticity, E | 1600000 tonf/m ² |
| Poisson's Ratio, U | 0.3 |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 0.0000099 1/C |
| Shear Modulus, G | 615384.62 tonf/m ² |

Figura 3-42: Modelamiento de la viga collar de madera. Fuente: Elaboración propia.

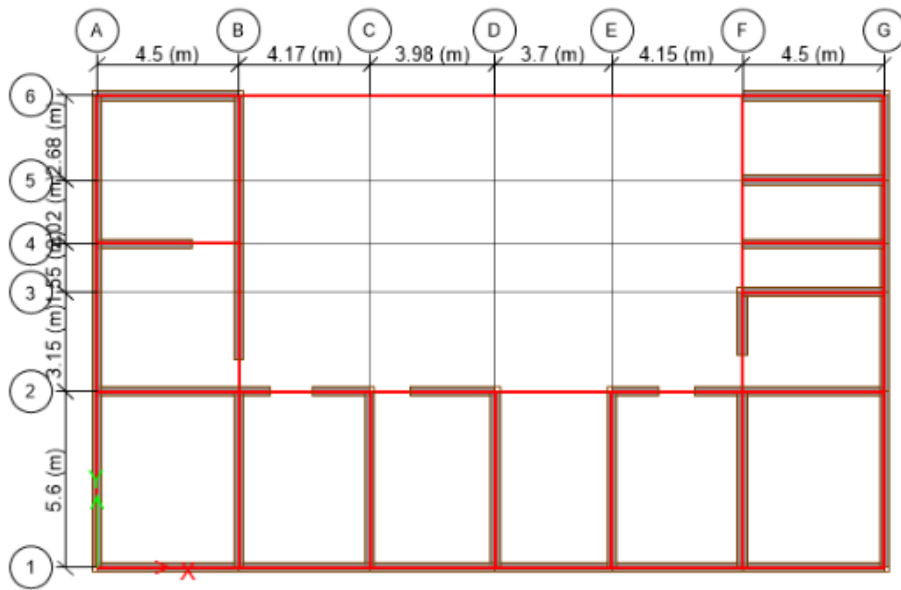


Figura 3-43: Colocación de la viga collar en la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

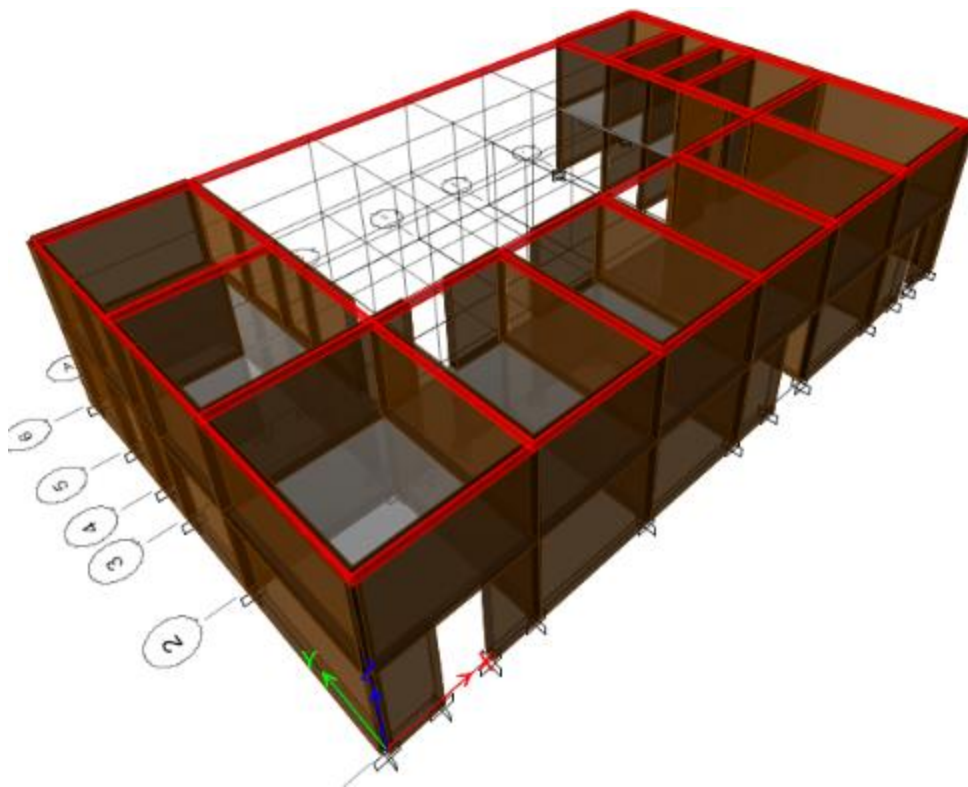


Figura 3-44: Vista tridimensional del local municipal de Acraquia reforzada con madera. Fuente: Elaboración propia.

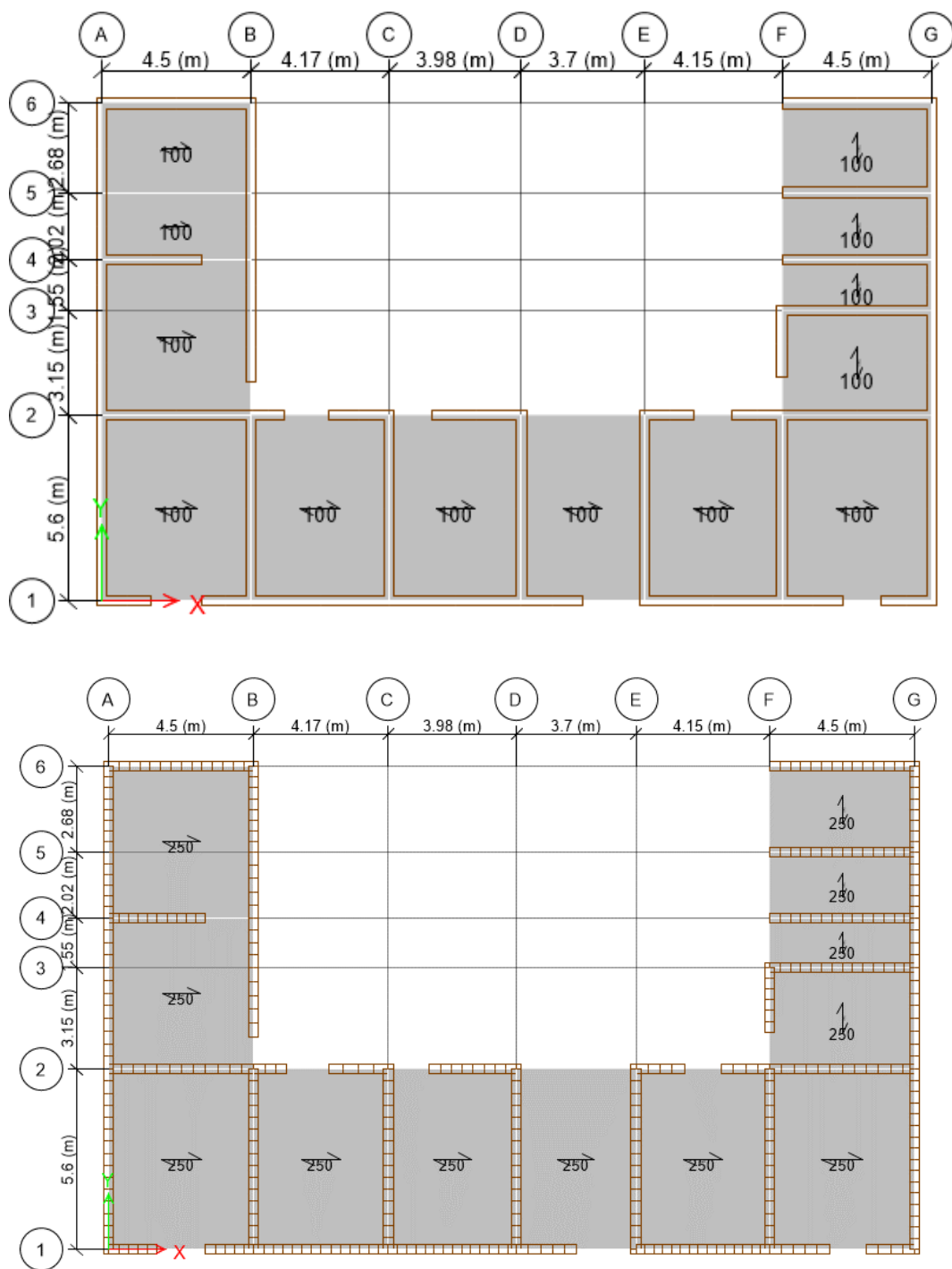


Figura 3-45: Aplicación de cargas muertas y cargas vivas en el sistema de pisos. Fuente:
Elaboración propia.

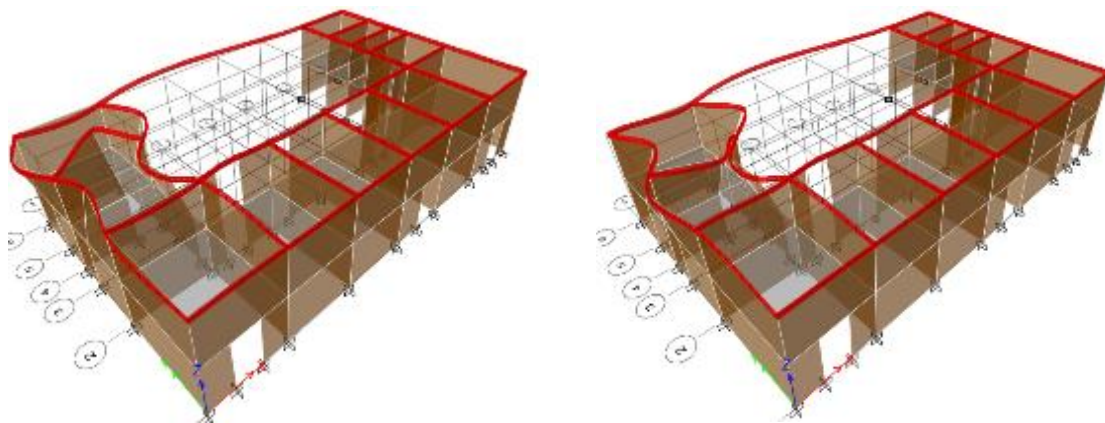


Figura 3-46: Formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel
 $T_1=0.27$ s, $T_2=0.25$ s. Fuente: Elaboración propia.

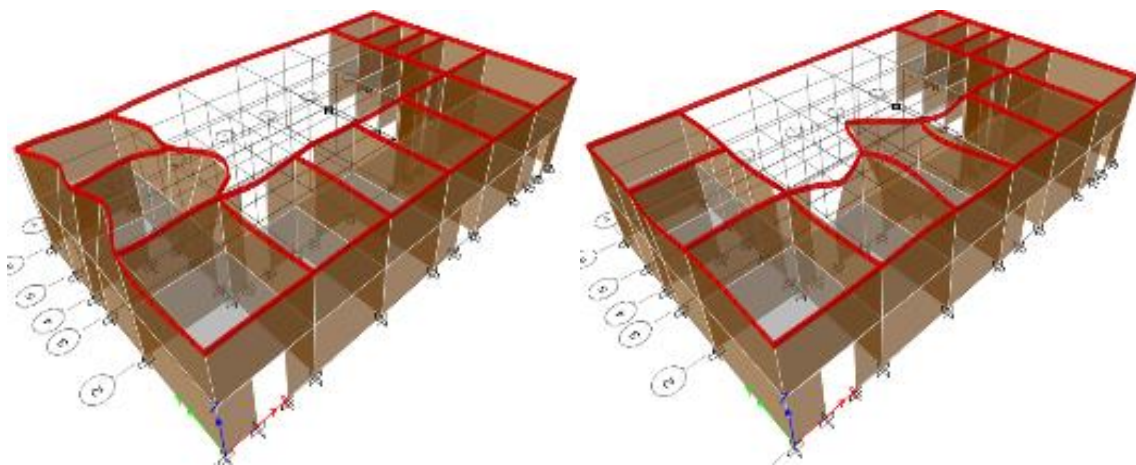


Figura 3-47: Formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel
 $T_3=0.25$ s y $T_4=0.23$ s. Fuente: Elaboración propia.

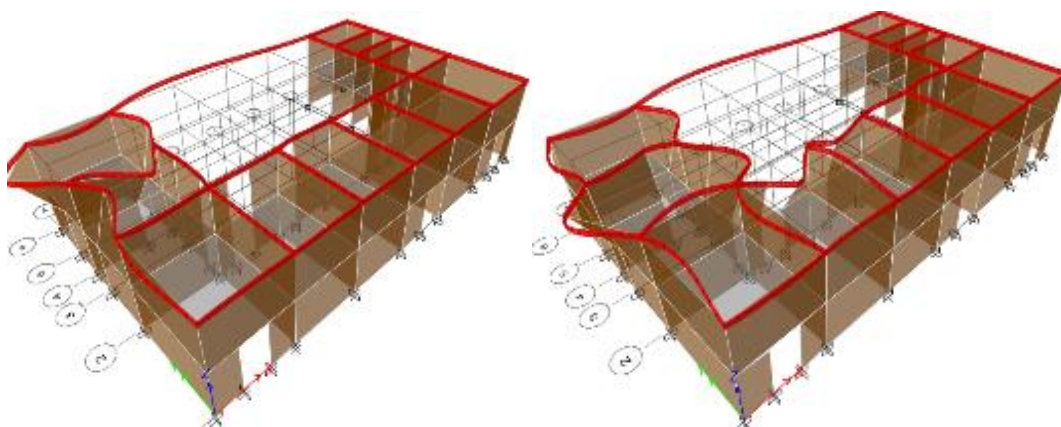


Figura 3-48: Formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel,
 $T_5=0.23$ s y $T_6=0.22$ s. Fuente: Elaboración propia.

3.6.1 Determinación del peligro sísmico

| | | |
|-----------|-------------|----------------------------------|
| Z | 0.35 | Factor de zona |
| S | 1.15 | Factor de suelo |
| Tp | 0.60 | Periodo corto |
| Tl | 2.00 | Periodo largo |
| U | 1.50 | Factor de uso (Importancia) |
| Ro | 1.00 | Factor de reducción básico |
| Ia | 1.00 | Irregularidad en altura |
| Ip | 1.00 | Irregularidad en planta |
| R | 1.00 | Factor de reducción $R=Ro.Ia.Ib$ |

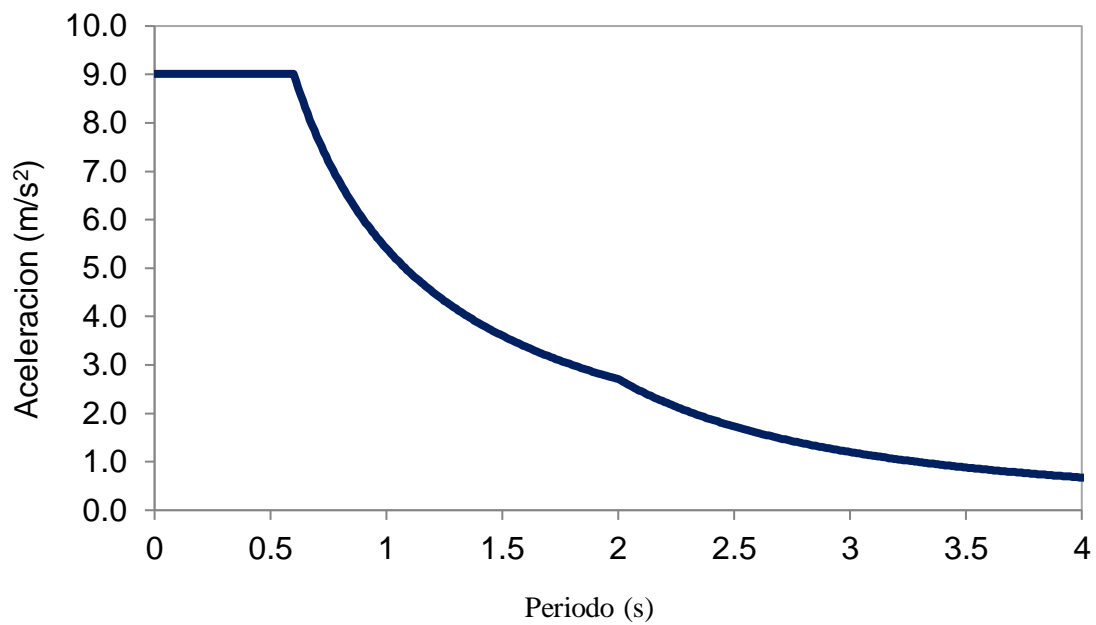


Figura 3-49: Espectro de aceleraciones asociado a la estructura analizada. Fuente:
Elaboración propia.

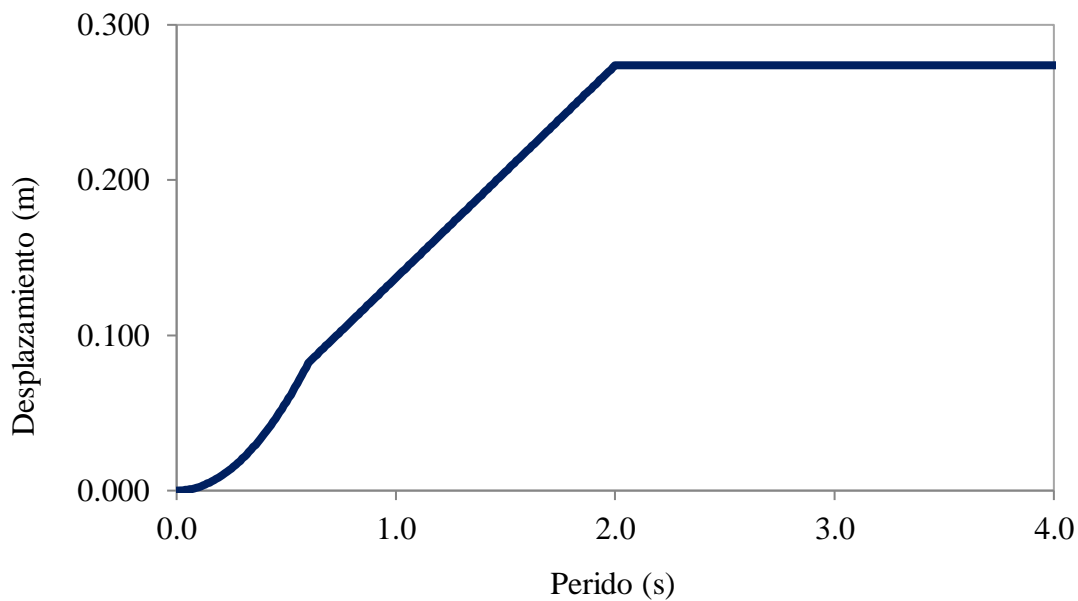


Figura 3-50: Espectro de desplazamientos asociados a la estructura analizada. Fuente: Elaboración propia.

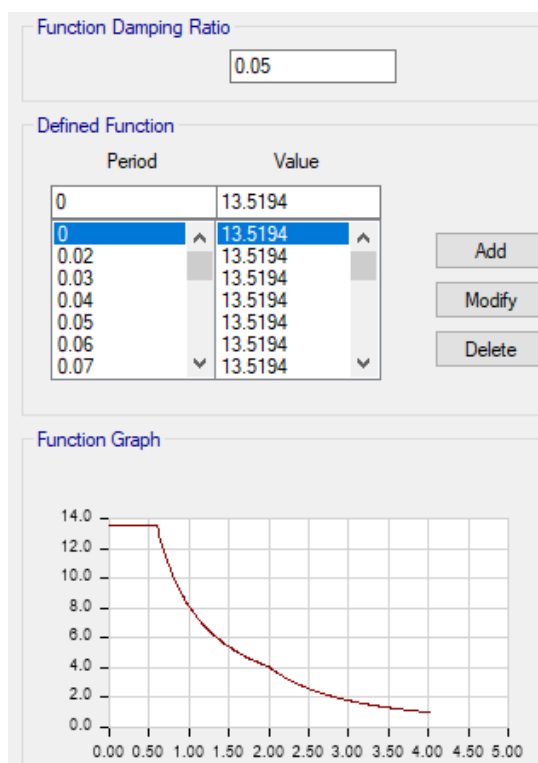


Figura 3-51: Definición del espectro de diseño correspondiente a las características de la edificación. Fuente: Elaboración propia.

3.6.2 Resultados obtenidos

Los resultados del análisis desarrollado se muestran a continuación, tanto en términos de desplazamientos como en términos de deformaciones. En la Tabla 3-20 se muestra los máximos desplazamientos obtenidos en la estructura debido al sismo en dirección x. De esos resultados vemos que el máximo desplazamiento en el segundo nivel fue de 5.28 cm, en dirección x, mientras que en dirección y fue de 1.22cm.

Tabla 3-20: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debido al sismo en x. Fuente: Elaboración propia.

| Nivel | h(m) | Dx(cm) | Dy(cm) |
|-------|------|--------|--------|
| 2 | 5.5 | 5.28 | 1.22 |
| 1 | 2.5 | 1.2 | 0.3 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

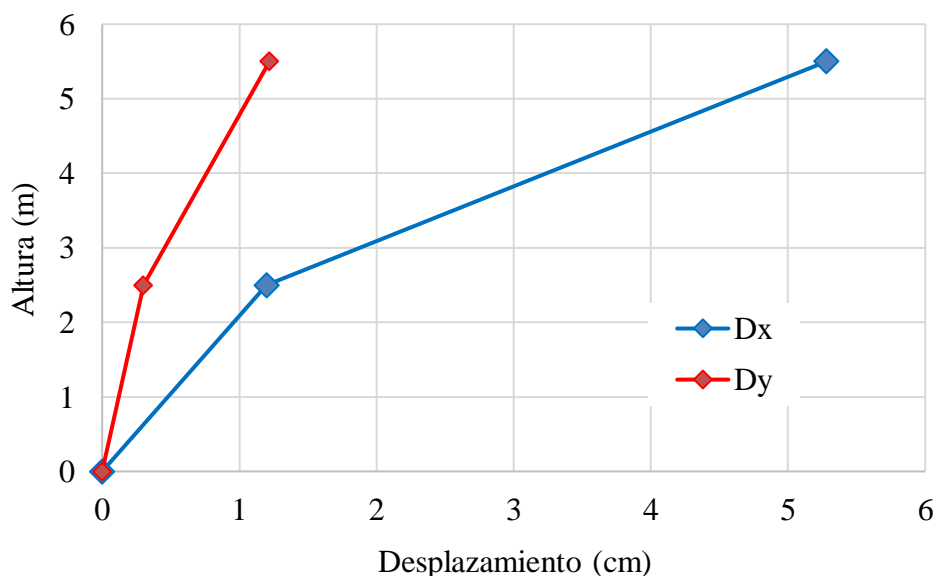


Figura 3-52: Máximos desplazamientos laterales encontradas debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

De estos resultados se puede apreciar que el reforzamiento propuesto ha logrado disminuir notablemente los máximos desplazamientos de la estructura previa al reforzamiento, por lo que se puede decir que el reforzamiento usando viga collar logró mejoras importantes.

Además, en la Tabla 3-21 se muestran los máximos desplazamientos encontrados debidos al sismo en y, tanto en la dirección x como en la dirección y. Es así que los resultados obtenidos se apreciar que el máximo desplazamiento lateral en dirección y fue de 5.9cm. De estos

resultados se puede apreciar que la técnica de reforzamiento aplicada logro disminuir de manera notable los efectos del sismo.

Tabla 3-21: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debido al sismo en Y. Fuente:
Elaboración propia.

| Nivel | h(m) | Dx(cm) | Dy(cm) |
|-------|------|--------|--------|
| 2 | 5.5 | 1.18 | 5.9 |
| 1 | 2.5 | 0.3 | 1.1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

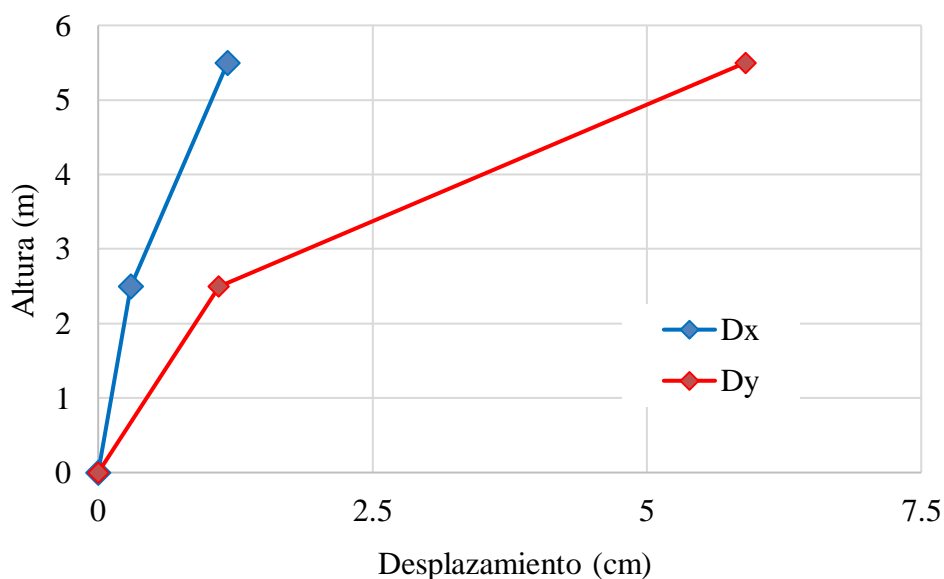


Figura 3-53: Máximas desplazamientos laterales encontradas debido al sismo en Y. Fuente:
Elaboración propia.

Los mismos resultados se muestran en las Figura 3-52 y Figura 3-53, donde se puede observar claramente las reducción logradas por la aplicación de la viga collar. Otro parámetro importante a tener en cuenta es el de las máximas distorsiones laterales en los muros. En ese sentido en este trabajo de investigación no se ha establecido un límite máximo, puesto que ni la norma de diseño sísmico ni la norma de adobe establecen límites máximos de distorsiones. En ese sentido todo el esfuerzo realizado servirá para comparar las mejoras obtenidas de un sistema respecto de otro.

Además, conviene aclarar que las máximas distorsiones laterales son una medida de las deformaciones existentes en una estructura. En la Tabla 3-22 se muestran las máximas distorsiones laterales encontradas en el análisis. De estos se puede ver que las máximas

distorsiones laterales debidas al sismo en x fueron de 16.3/1000 en dirección x y 3.68/1000 en dirección y.

Tabla 3-22: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debido al sismo en X. Fuente:
Elaboración propia.

| h(m) | $\Delta r_x(\text{cm})$ | $\Delta r_y(\text{cm})$ | $\delta_x(/1000)$ | $\delta_y(/1000)$ |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 2.5 | 4.08 | 0.92 | 16.32 | 3.68 |
| 3 | 1.2 | 0.3 | 4.00 | 1.00 |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |

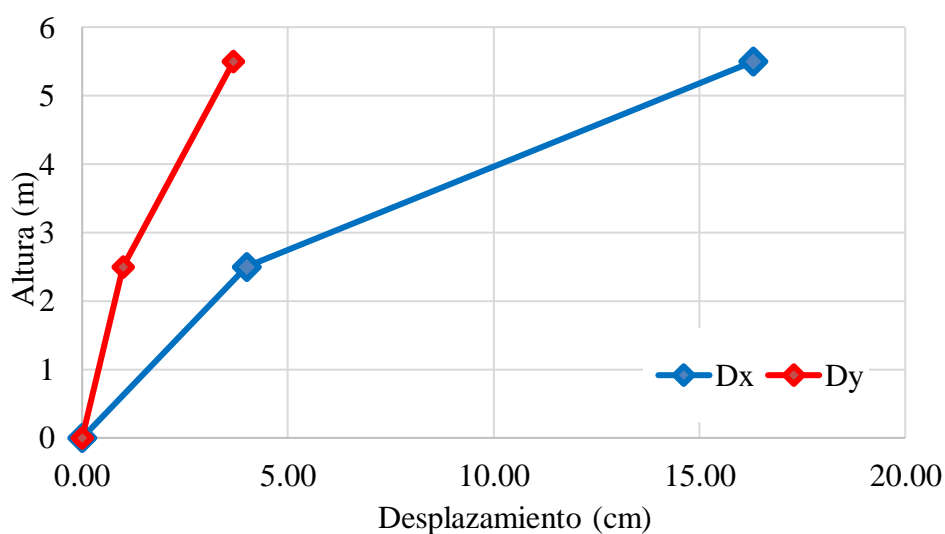


Figura 3-54: Máximas distorsiones laterales encontradas debido al sismo en X. Fuente:
Elaboración propia.

Tabla 3-23: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debido al sismo en Y. Fuente:
Elaboración propia

| h(m) | $\Delta r_x(\text{cm})$ | $\Delta r_y(\text{cm})$ | $\delta_x(/1000)$ | $\delta_y(/1000)$ |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 2.5 | 0.88 | 4.8 | 3.52 | 19.2 |
| 3 | 0.3 | 1.1 | 1 | 4 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

En cuanto a las máximas distorsiones laterales debidas al sismo en Y, los máximos niveles de distorsión lateral se muestran en la Tabla 3-23. De los resultados se puede observar que los máximos niveles de distorsiones laterales fueron de 19/1000 y 3.5/1000, respectivamente.

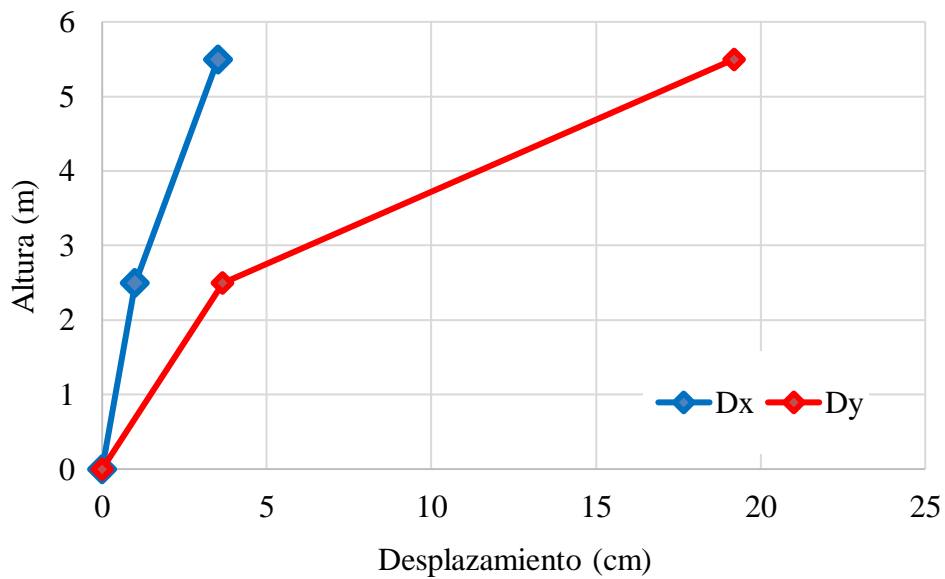


Figura 3-55: Máximas distorsiones laterales encontradas debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia.

3.6.3 Distribución de esfuerzos internos

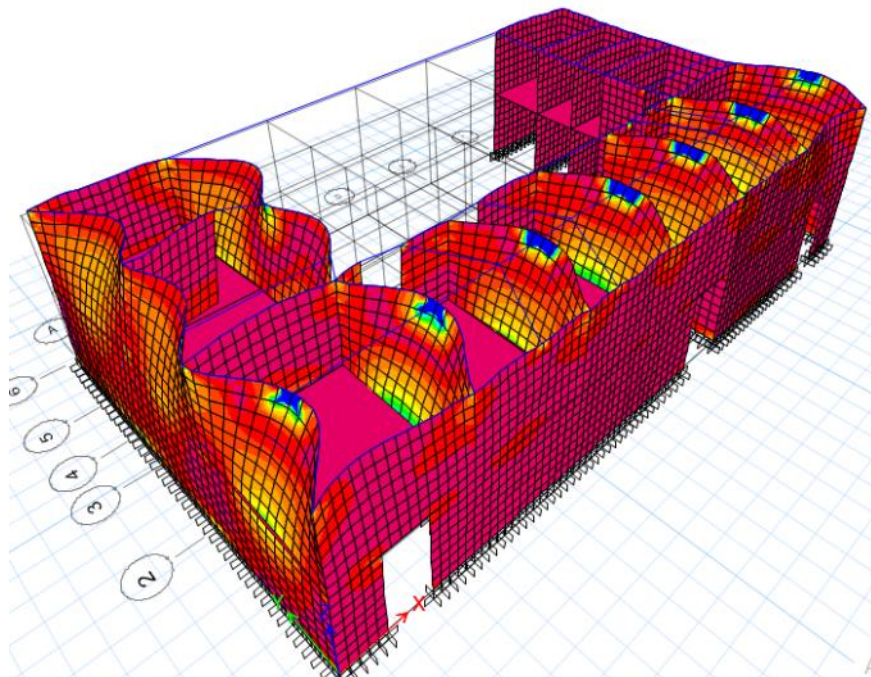


Figura 3-56: Distribución de momentos M_{22} existente en la estructural debido a la acción del sismo en dirección x. Fuente: Elaboración propia.

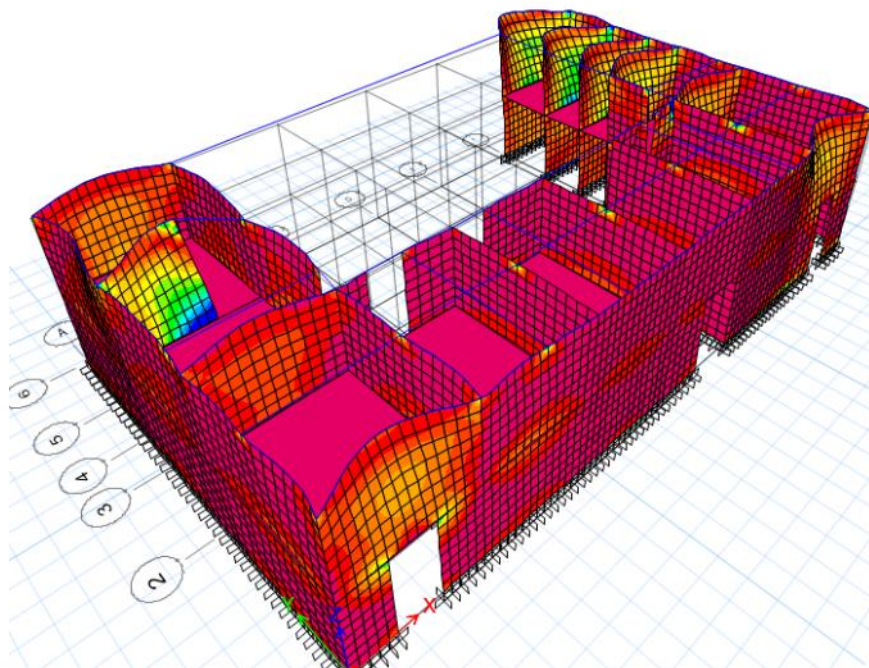


Figura 3-57: Distribución de momentos M22 existente en la estructural debido a la acción del sismo en dirección x. Fuente: Elaboración propia.

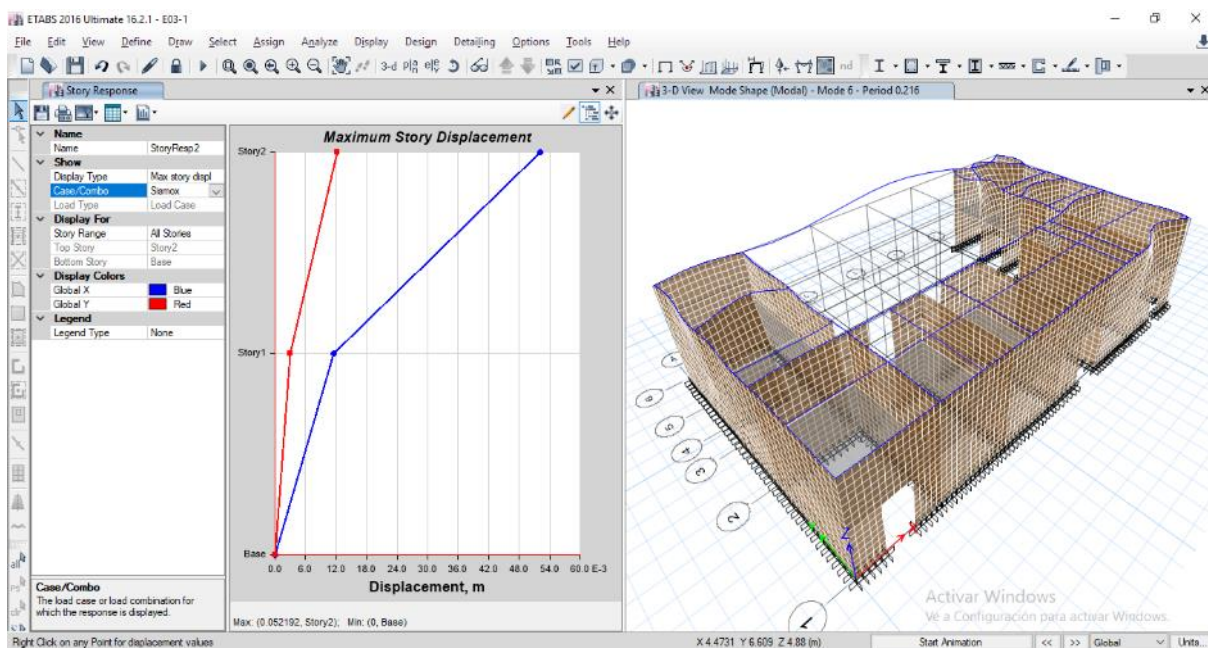


Figura 3-58: Máximos desplazamientos debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

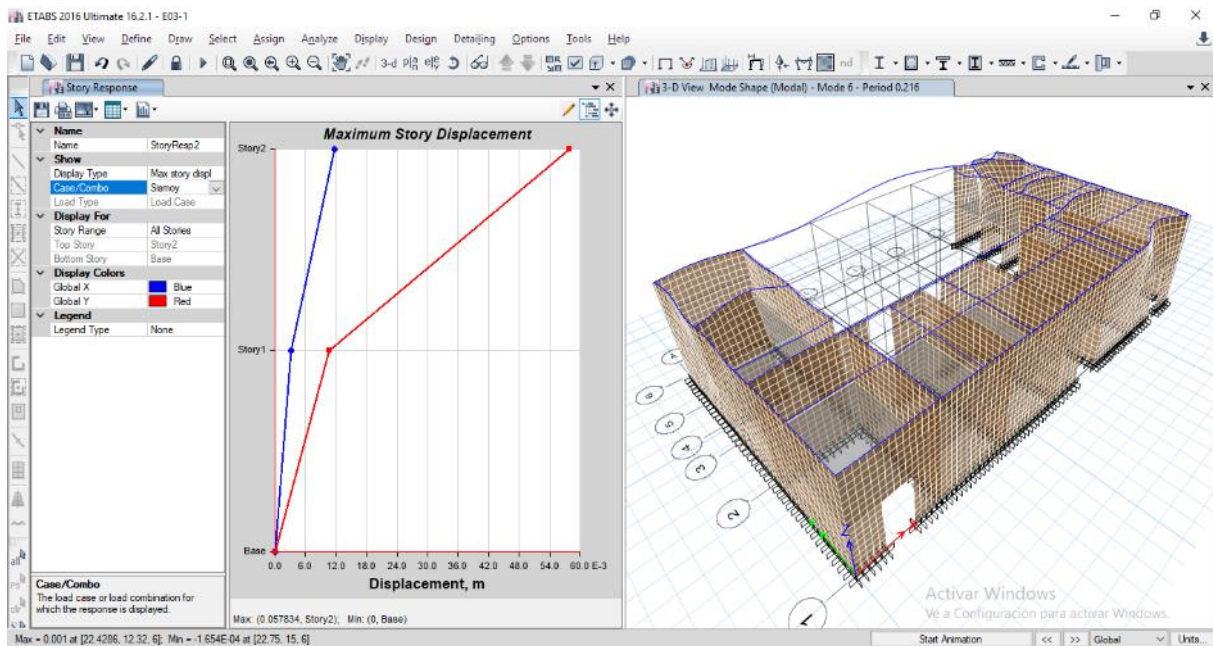


Figura 3-59: Máximos desplazamientos debido a Y. Fuente: Elaboración propia.

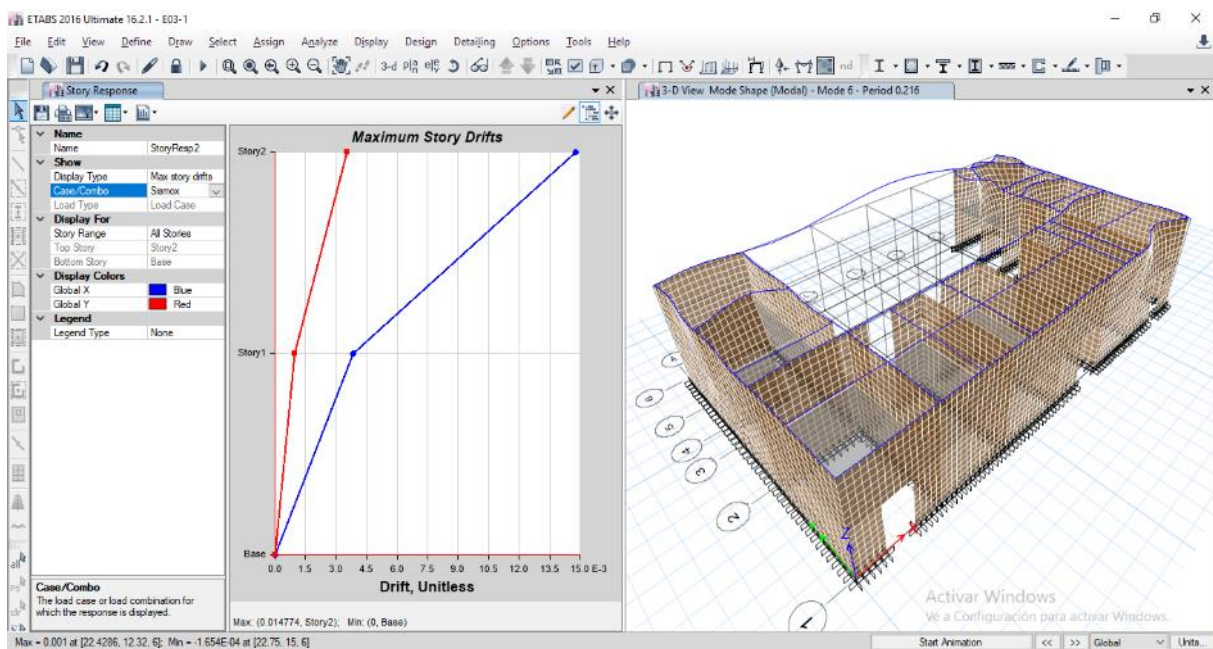


Figura 3-60: Máximos niveles de distorsiones laterales debidas al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

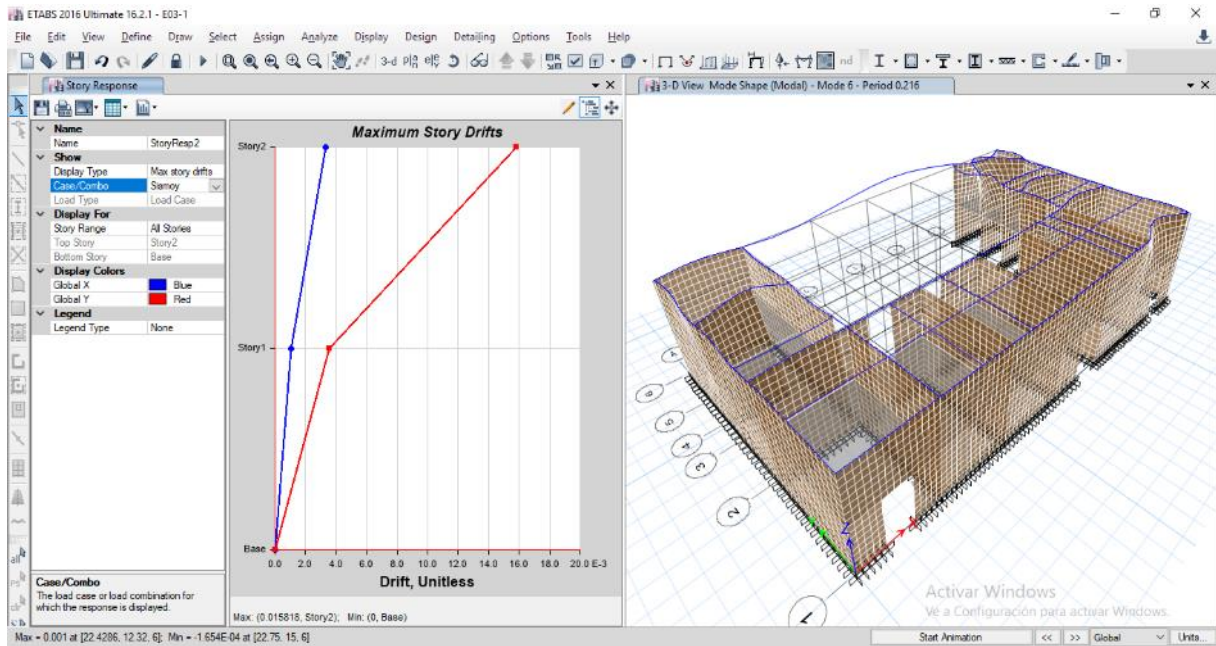


Figura 3-61: Máximos niveles de distorsiones laterales debidas al sismo en Y. Fuente:
Elaboración propia.

3.7 Modelamiento de la estructura con malla metálica

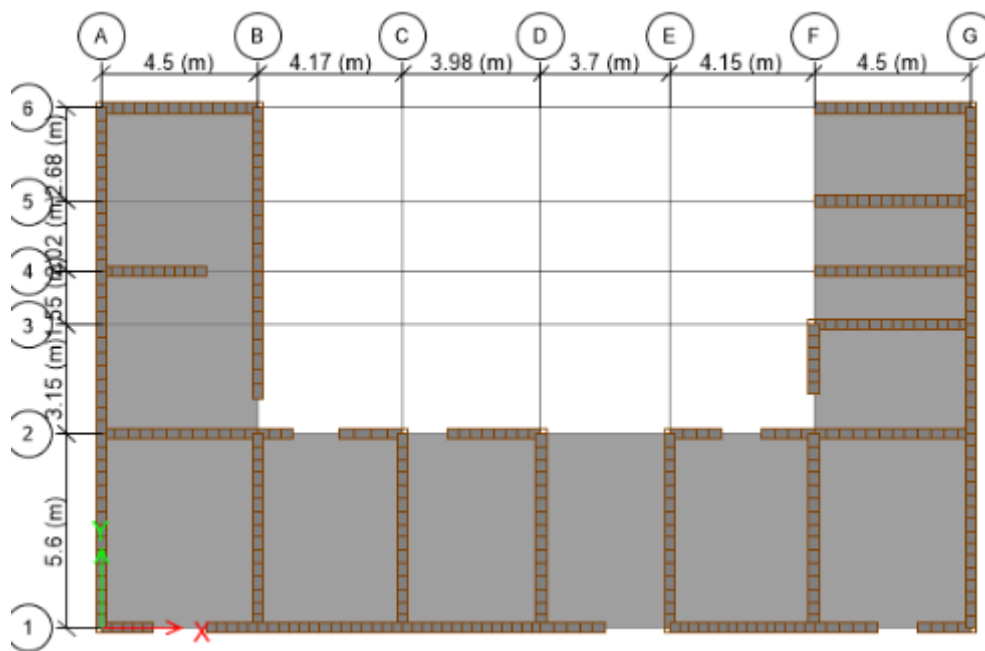


Figura 3-62: Planta del primer nivel del local municipal del distrito de Acraquia. Fuente:
Elaboración propia.

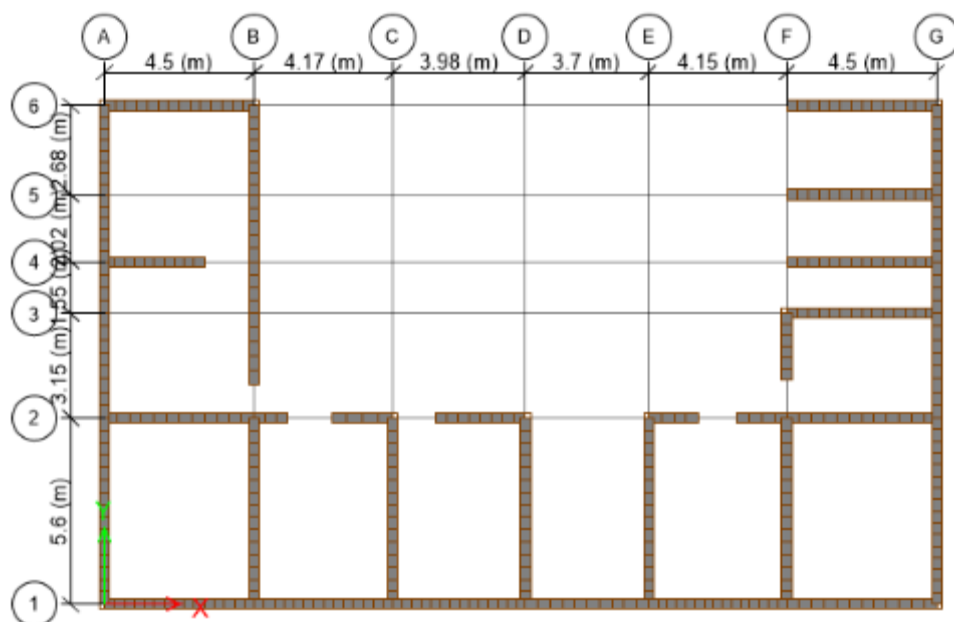


Figura 3-63: Planta del segundo nivel del local municipal del distrito de Acraquia. Fuente:
Elaboración propia.

3.7.1 Modelamiento de la malla

En esta sección se muestran el procedimiento seguido para el modelado de la malla electrosoldada. En primer lugar se ingresan las propiedades del material base, en este caso el acero de construcción. En la Tabla 3-24 se muestran las propiedades más relevantes del acero de construcción y en la Figura 3-64 se muestra el ingreso de estas propiedades al programa.

Tabla 3-24: Propiedades mecánicas características del acero de refuerzo. Fuente:
Elaboración propia.

| Propiedades mecánicas del acero | Valores |
|---|----------|
| Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | 2.10E+06 |
| Esfuerzo de fluencia (kgf/cm ²) | 4200 |
| Esfuerzo ultimo (kgf/cm ²) | 6500 |
| Deformación de fluencia (mm/mm) | 0.0021 |
| Deformación ultima (mm/mm) | 0.021 |
| Peso específico (tonf/m ³) | 7.85 |

| General Data | |
|---|---|
| Material Name | A615Gr60 |
| Material Type | Rebar |
| Directional Symmetry Type | Uniaxial |
| Material Display Color | Change... |
| Material Notes | Modify/Show Notes... |
| Material Weight and Mass | |
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density |
| Weight per Unit Volume | 7.85 tonf/m ³ |
| Mass per Unit Volume | 0.8 tonf-s ² /m ⁴ |
| Mechanical Property Data | |
| Modulus of Elasticity, E | 20389019.16 tonf/m ² |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 0.0000117 1/C |

Figura 3-64: Propiedades mecánicas del acero estructural. Fuente: Elaboración propia. Es importante aclarar que el modelado de la malla se hará por cada varilla de acero que compone la malla, por lo que en la Figura 3-66 se muestra la sección de una de las fibras de la malla considerado.

| General Data | |
|---|---|
| Material Name | A615Gr60 |
| Material Type | Rebar |
| Directional Symmetry Type | Uniaxial |
| Material Display Color | Change... |
| Material Notes | Modify/Show Notes... |
| Material Weight and Mass | |
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density |
| Weight per Unit Volume | 7.85 tonf/m ³ |
| Mass per Unit Volume | 0.8 tonf-s ² /m ⁴ |
| Mechanical Property Data | |
| Modulus of Elasticity, E | 20389019.16 tonf/m ² |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 0.0000117 1/C |

Figura 3-65: Modelamiento de las características mecánicas del acero. Fuente: Elaboración propia.

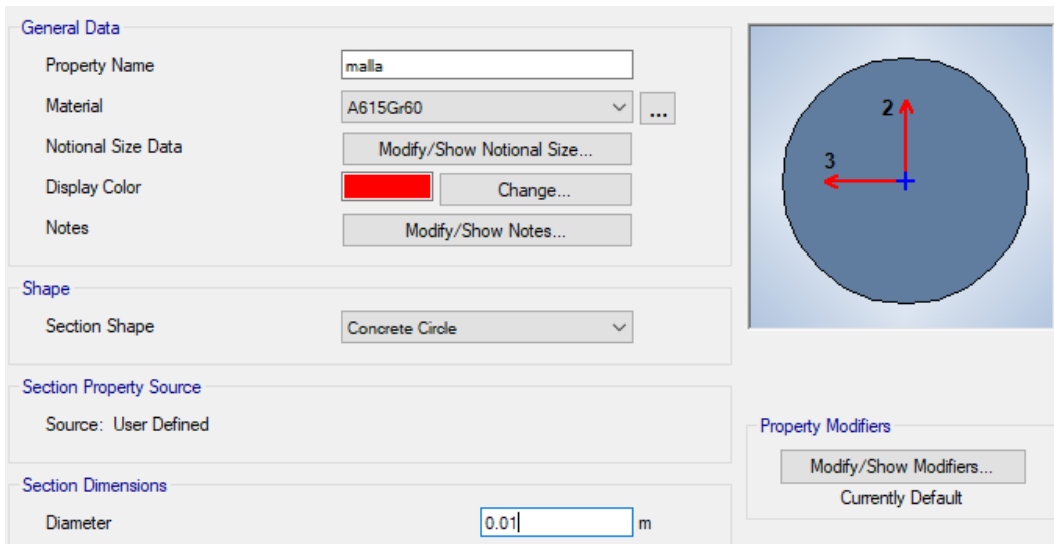


Figura 3-66: Sección transversal de una hebra típica de la malla metálica. Fuente.

Elaboración propia.

Es importante mencionar que para el modelado de la malla de refuerzo se han usado elementos frame de seis grados de libertad por nodo. Estos elementos frame deberán coincidir con el mallado usado para el modelamiento del adobe, es decir, los nodos de los muros deberán coincidir con los nodos de los elementos frame.

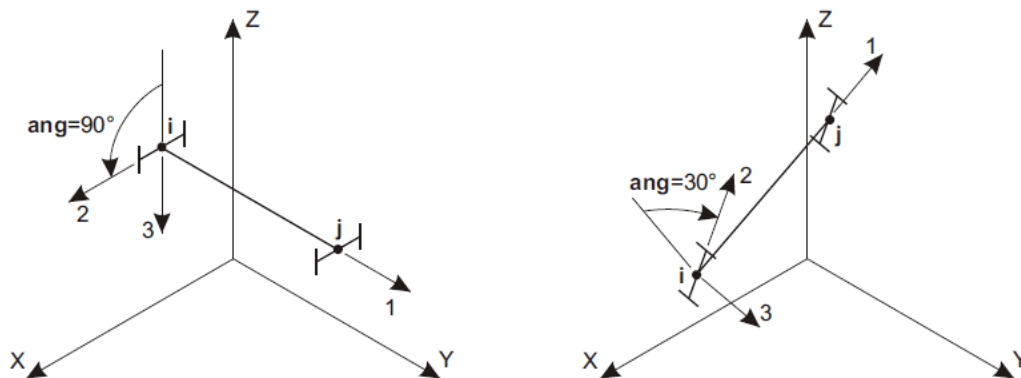


Figura 3-67: Elemento frame usado para el modelamiento de las mallas electrosoldadas.

Fuente: Elaboración propia.

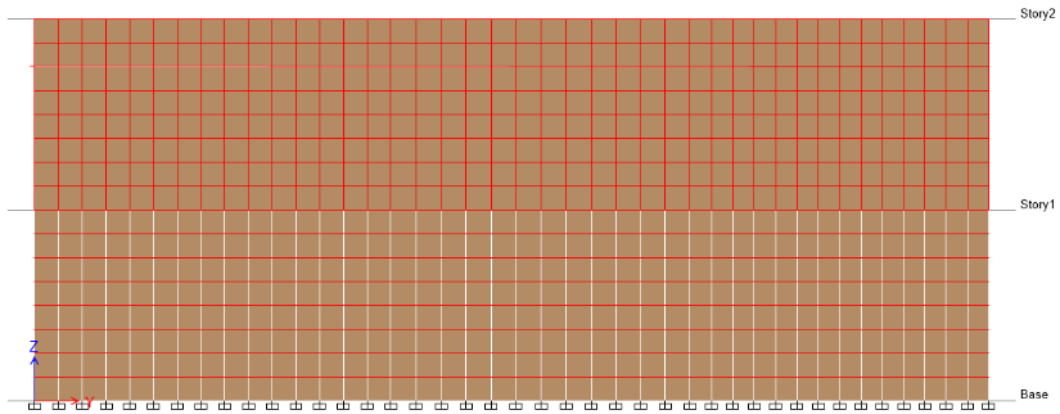


Figura 3-68: Coincidencia entre los elementos frame (malla electrosoldadas) y los muros de adobe, modeladas como elementos shell. Fuente: Elaboración propia.

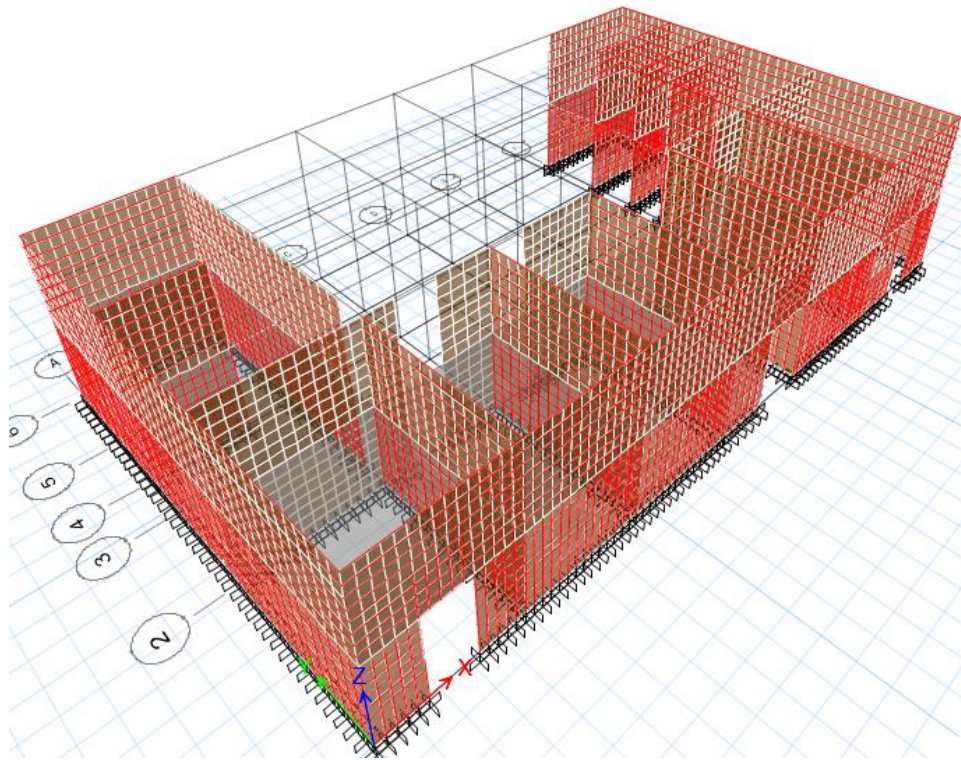


Figura 3-69: Modelo tridimensional del local municipal de Aacraquia reforzada con malla metálica. Fuente: Elaboración propia.

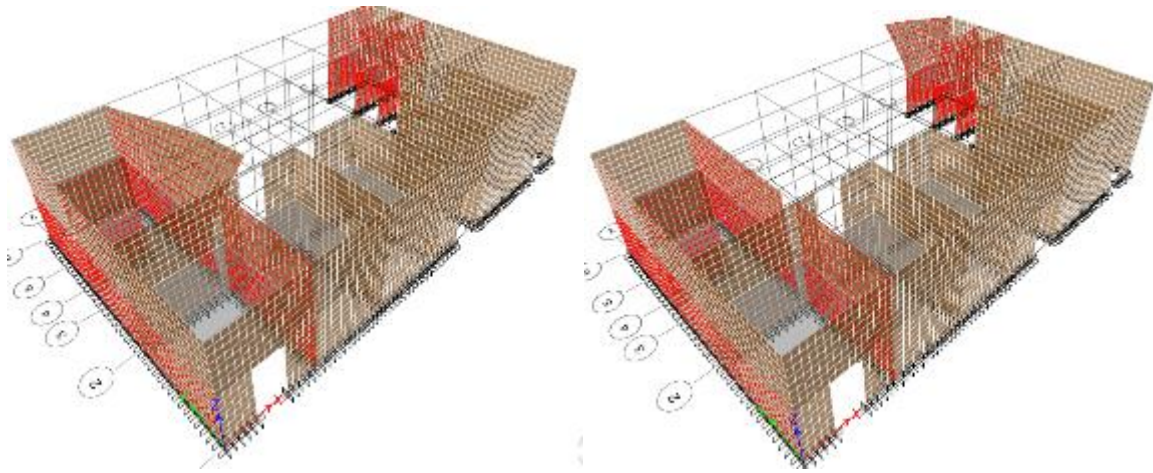


Figura 3-70: Primera y segundas formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel $T_1=0.65$ s, $T_2=0.48$ s. Fuente: Elaboración propia.

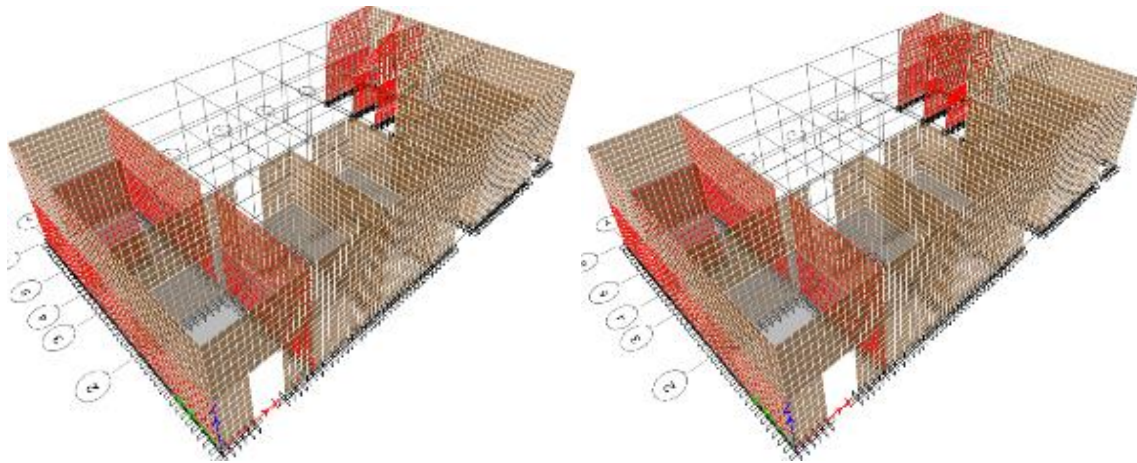


Figura 3-71: Tercera y cuarta formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel $T_3=0.46$ s, $T_4=0.45$ s. Fuente: Elaboración propia.

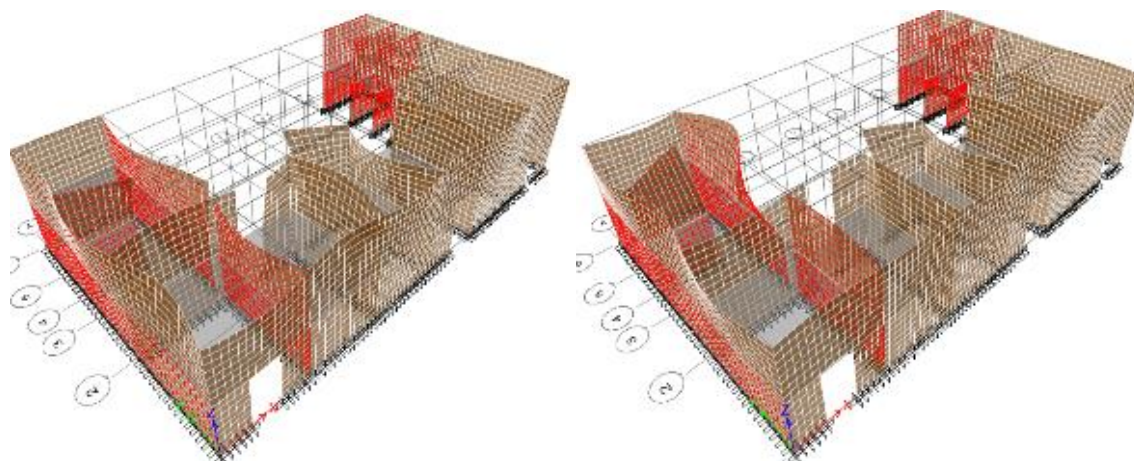


Figura 3-72: Quinta y sexta formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel, $T_5=0.35s$, $T_6=0.34s$. Fuente: Elaboración propia.

3.7.2 Resultado

Los máximos desplazamientos ocurridos en la estructura cuando sobre esta actúa un sismo en dirección x se muestra en la Tabla 3-25. De esos resultados se puede observar que los máximos desplazamientos ocurridos en la estructura fueron de 9.5 cm y 1cm en las dirección x e y , respectivamente.

Tabla 3-25: Desplazamientos máximos en dirección x e y , debido al sismo en x . Fuente: Elaboración propia.

| Nivel | $h(m)$ | $D_x(cm)$ | $D_y(cm)$ |
|-------|--------|-----------|-----------|
| 2 | 5.5 | 9.5 | 1 |
| 1 | 2.5 | 5.6 | 1.1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

Los resultados mencionados líneas arriba también pueden ser prestados de manera gráfica, tal como se aprecia en la Figura 3-73.

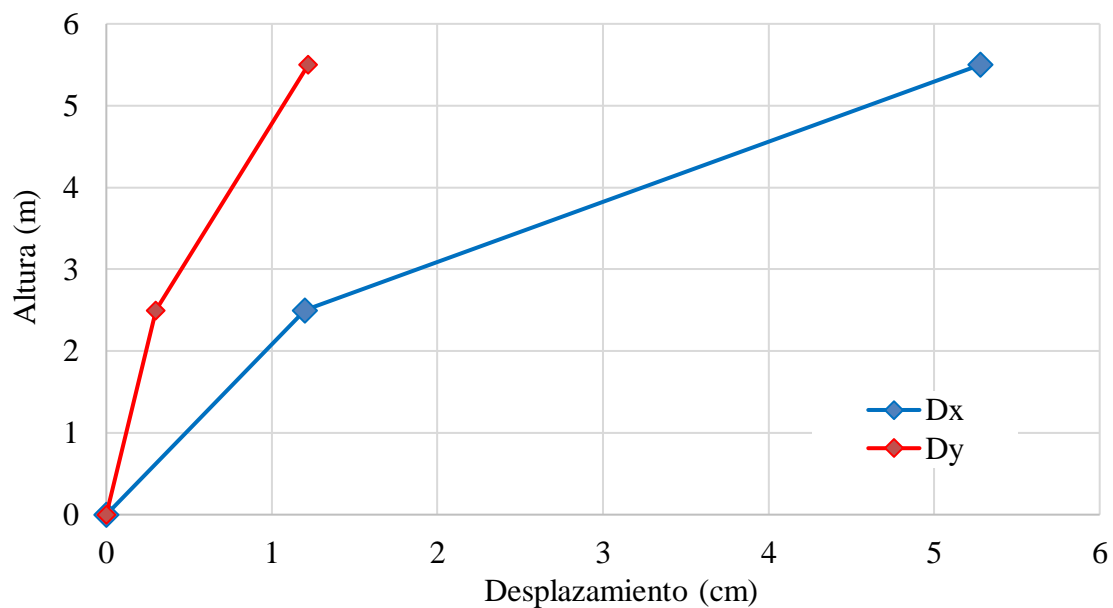


Figura 3-73: Máximos desplazamientos en direcciones x e y, debidas al sismo en X.

Fuente: Elaboración propia.

Las máximas distorsiones laterales se muestran en la Tabla 3-26. De estos resultados se puede apreciar que el máximo nivel de distorsión lateral fue de 15.6/100 y 3.67/1000.

Tabla 3-26: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia

| h(m) | $\Delta r_x(\text{cm})$ | $\Delta r_y(\text{cm})$ | $\delta_x(/1000)$ | $\delta_y(/1000)$ |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 2.5 | 3.9 | 0.1 | 15.60 | 3.67 |
| 3 | 5.6 | 1.1 | 18.67 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |

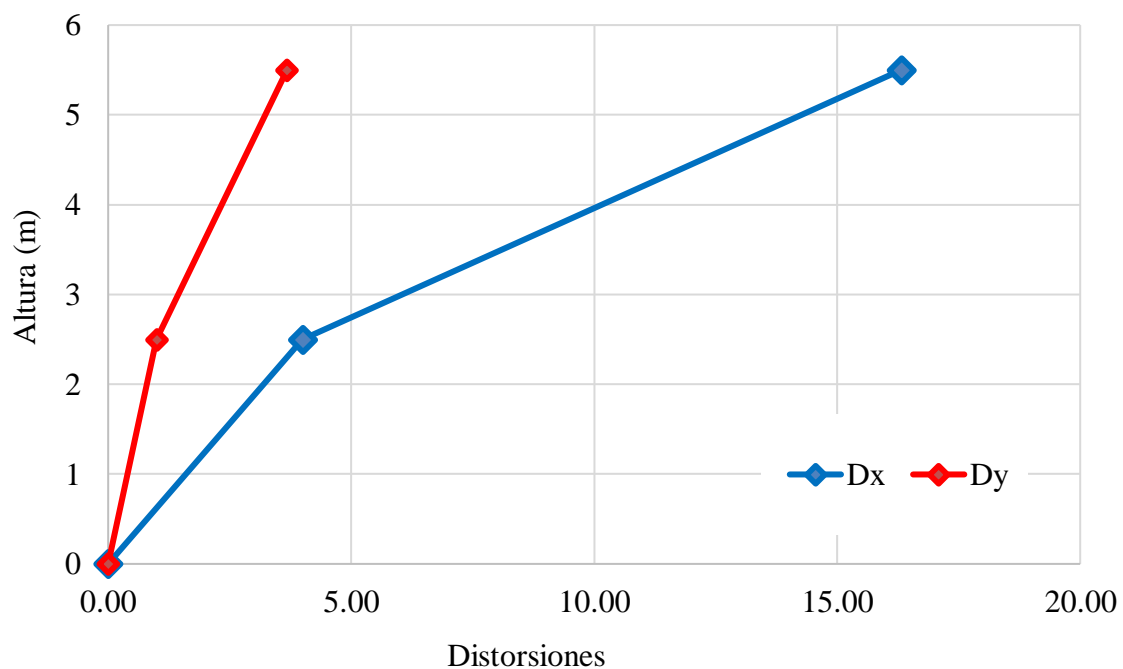


Figura 3-74: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debidas al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

Los máximos desplazamientos laterales encontrados en la estructura debidos al sismo en dirección y se muestran en la Tabla 3-27.

Tabla 3-27: Desplazamientos máximos en dirección x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia.

| Nivel | h(m) | Dx(cm) | Dy(cm) |
|-------|------|--------|--------|
| 2 | 5.5 | 1.2 | 5.9 |
| 1 | 2.5 | 0.3 | 1.1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

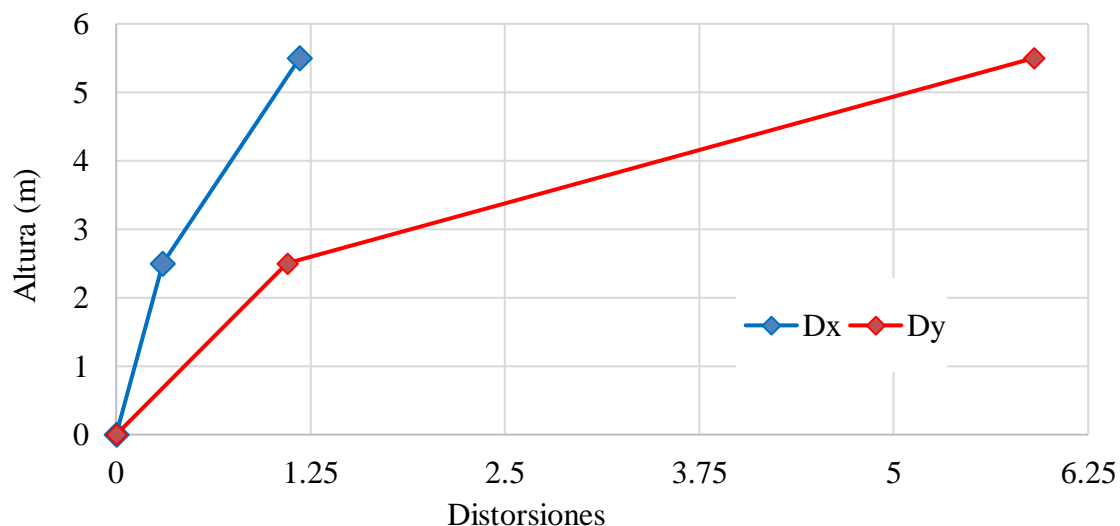


Figura 3-75: Máximos desplazamientos en direcciones x e y, debidas al sismo en Y.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las máximas distorsiones laterales se muestran en la Tabla 3-28. De estos datos se puede apreciar que la máxima distorsión lateral den la dirección x fue de 3.5/1000, y de 19/1000 en dirección y.

Tabla 3-28: Distorsiones máximos en dirección x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia.

| h(m) | $\Delta r_x(\text{cm})$ | $\Delta r_y(\text{cm})$ | $\delta_x(/1000)$ | $\delta_y(/1000)$ |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 2.5 | 1.3 | 7 | 3.5 | 19 |
| 3 | 1.5 | 4 | 2.5 | 3.7 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

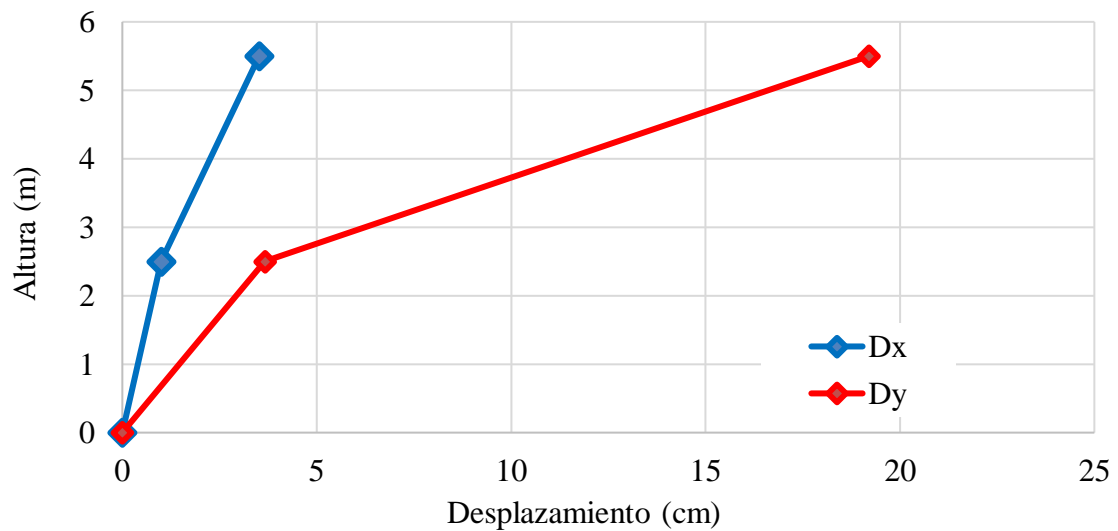


Figura 3-76: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debidas al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia.

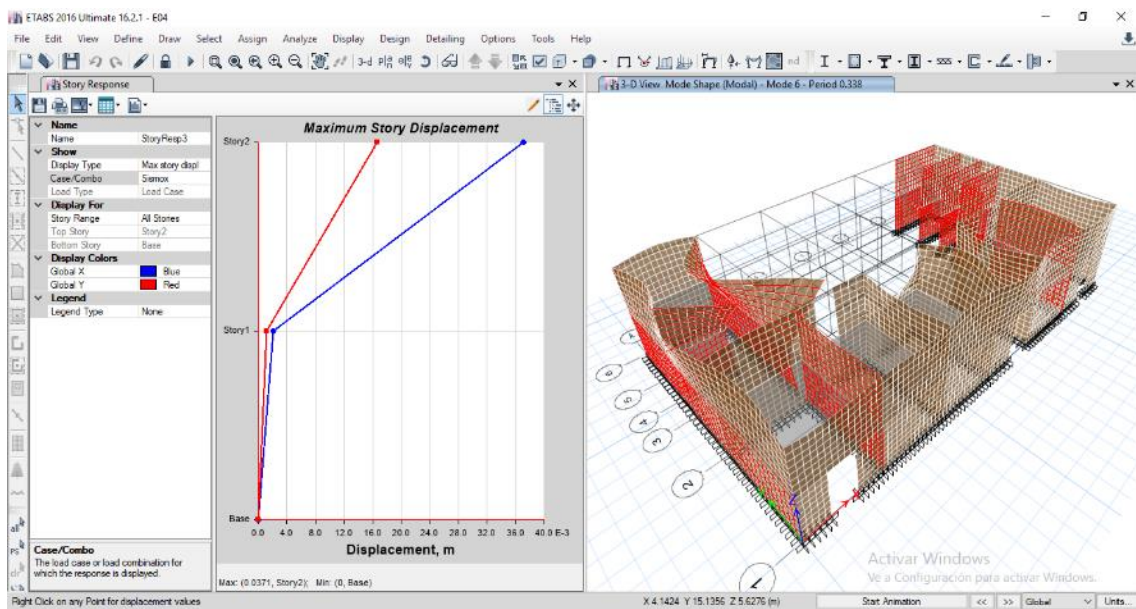


Figura 3-77: Máximos desplazamientos en direcciones x e y, debidas al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

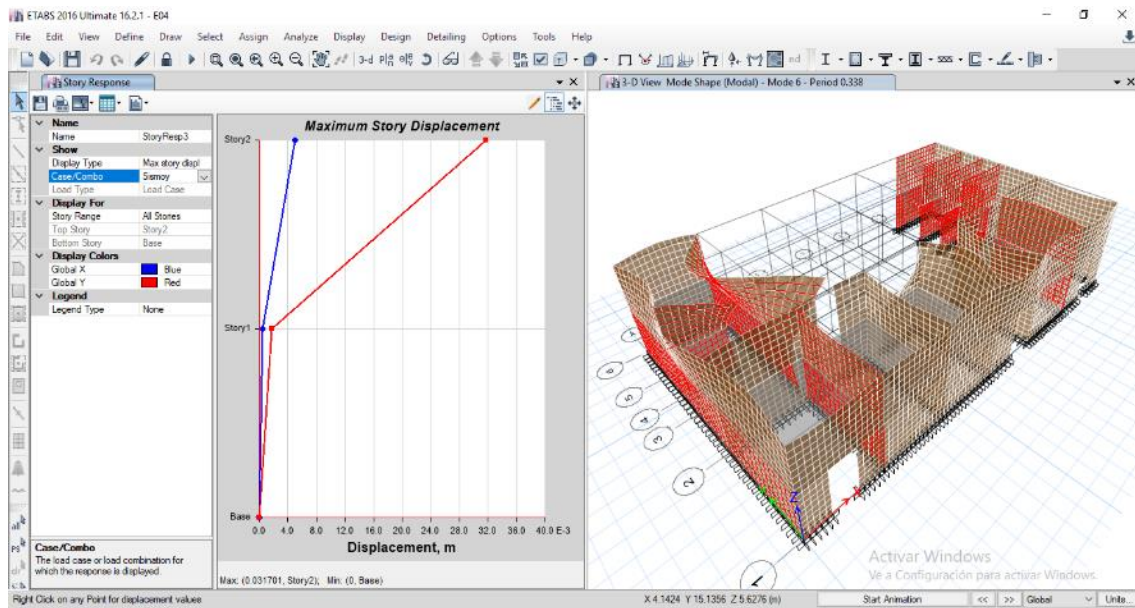


Figura 3-78: Máximos desplazamientos en direcciones x e y, debidas al sismo en Y.

Fuente: Elaboración propia.

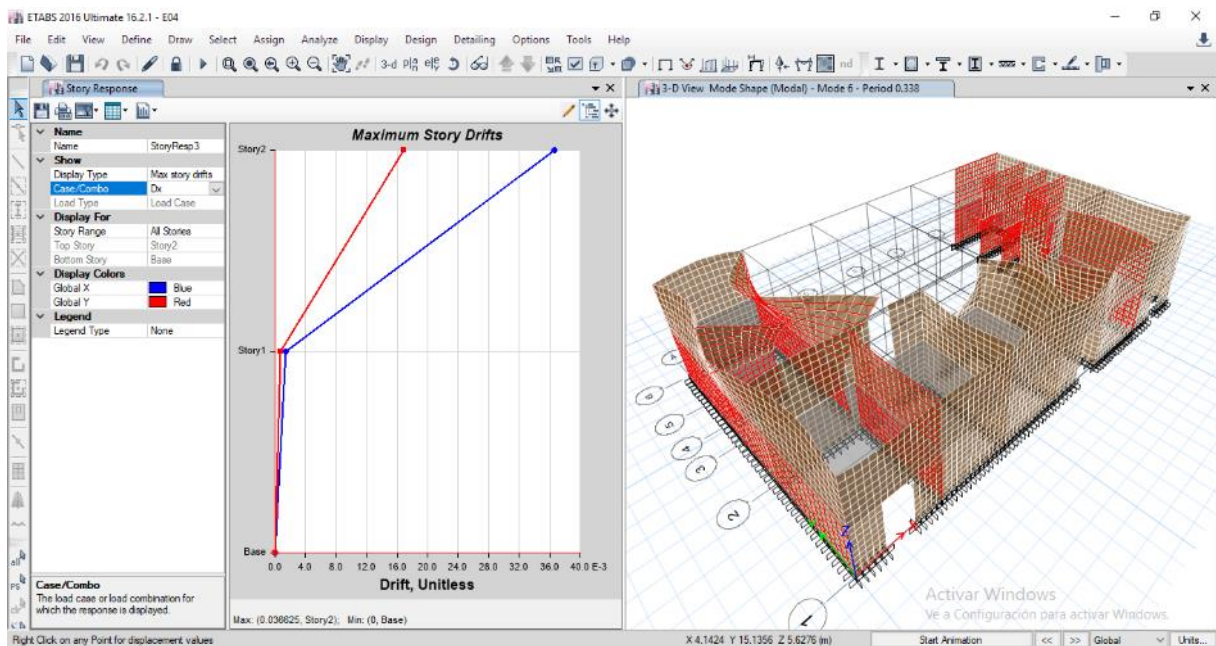


Figura 3-79: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debidas al sismo en X. Fuente:

Elaboración propia.

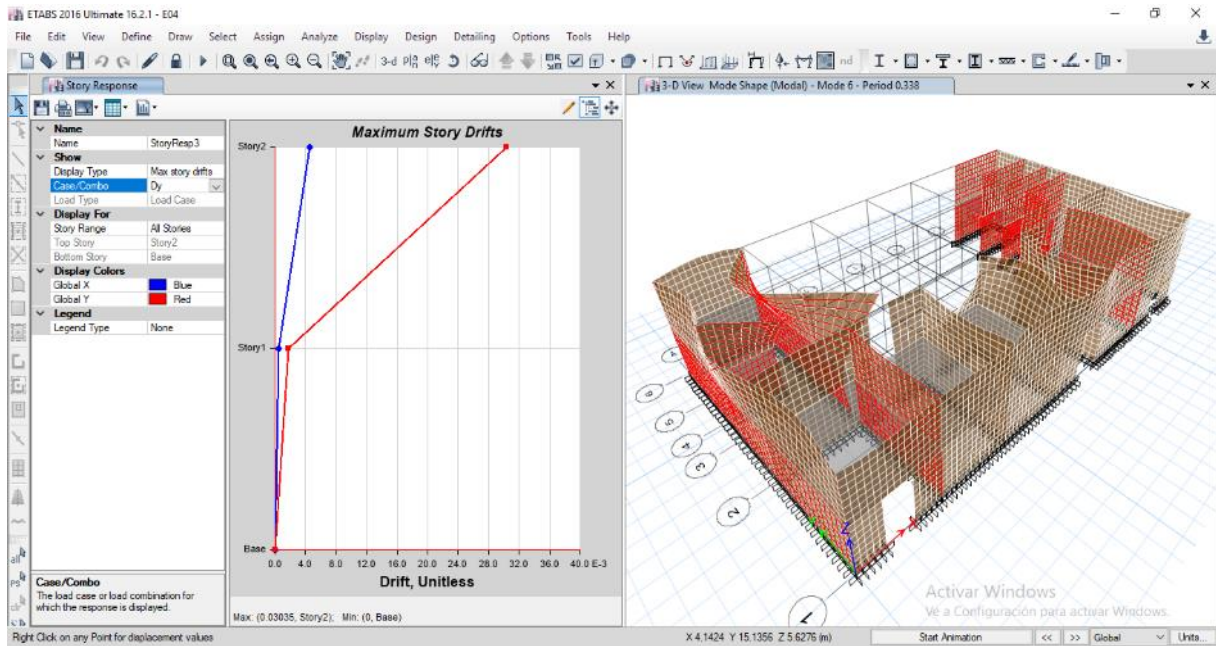


Figura 3-80: Máximas distorsiones en direcciones x e y, debidas al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia.

3.8 Modelamiento de la estructura con geomallas

Para realizar el modelamiento de la estructura reforzada con geomalla requiere de la adición de un conjunto de elementos frame. Estos elementos finitos se desarrollan asumiendo seis grados de libertad por nodo, de manera similar al caso de la malla electrosoldada.

Debido a que nos interesan las propiedades de la geomalla y su interacción con la estructura de adobe, es necesario poder determinar las propiedades mecánicas de la geomalla.

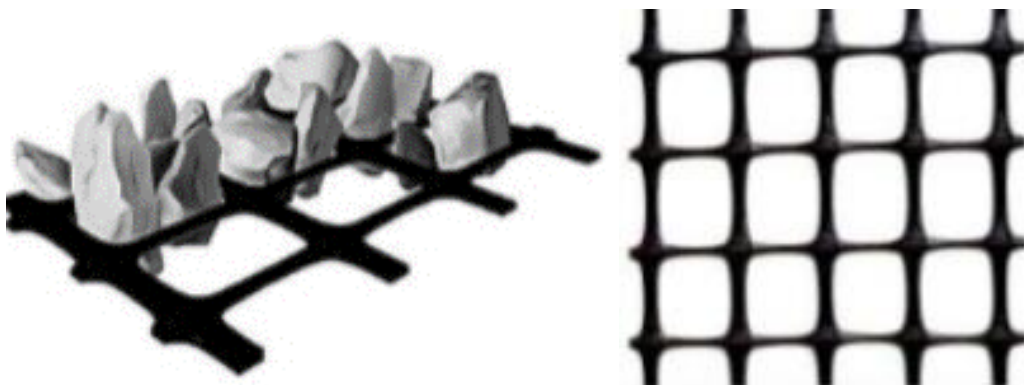


Figura 3-81: Geomallas de polímeros de alta densidad, usados en la construcción de pavimentos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-29: Propiedades mecánicas típicas de la geomalla PAVCO. Fuente: Sistemas Pavco.

| PROPIEDADES MECÁNICAS | NORMA | P-BX11 ¹ | P-BX12 ¹ |
|--|-------------|----------------------|----------------------|
| Resistencia a la tensión 2% deformación (SL / ST) ² | ASTM D 6637 | (4.1 / 6.6) kN/m | (6.0 / 9.0) kN /m |
| Resistencia a la tensión 5% deformación (SL / ST) ² | ASTM D 6637 | (8.5 / 13.4) kN/m | (11.8 / 19.6) kN /m |
| Resistencia a la tensión pico (SL / ST) ² | ASTM D 6637 | (12.4 / 19.0) kN/m | (19.2 / 28.8) kN /m |
| Eficiencia en los bordes ³ | GRIGG2 | 93% | 93% |
| Rigidez flexural ⁴ | ASTM D 1388 | 89 MN/m ² | 89 MN/m ² |
| Rigidez torsional (J) ⁵ | US ARMY COE | | |

Tabla 3-30: Propiedades físicas y características de venta de la geomalla PAVCO. Fuente: Sistemas Pavco.

| PROPIEDADES FÍSICAS | NORMA | P-BX11 | P-BX12 |
|---|---------------|-----------------------|-----------------------|
| Tamaño de abertura (SL / ST) ² | Medido | (25 / 33) mm | (25/ 33) mm |
| Espesor de costillas (SL /ST) ² | ASTM D 1777 | (0.76 / 0.76) mm | (1.27/ 1.27) mm |
| Área abierta | CW 02215 | 75% | 80% |
| Resistencia a los daños de instalación ⁶ | ASTM D 6637 | (>90) % SC/ %SW /%GP | (>90) % SC/ %SW /%GP |
| Resistencia a la degradación a largo plazo ⁷ | ASTM D4355-05 | >100% | >100% |
| PRESENTACIÓN | NORMA | P-BX11 | P-BX12 |
| Peso específico | Medido | 0.20 t/m ³ | 0.20 t/m ³ |
| Longitud del rollo | Medido | 75 m | 50 m |
| Área del rollo | Medido | 300m ² | 200 m ² |

Las propiedades mecánicas de la geomalla han sido tomadas de uno de los fabricantes más reconocidos el medio, Pavco. Las propiedades más relevantes de la geomalla, consideradas en este trabajo de investigación con fines de investigación, se muestran en la Figura 3-82 y Figura 3-83.

General Data

Material Name: Polimero

Material Type: Other

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.2 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 100000 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 41666.67 tonf/m²

Figura 3-82: Modelamiento del comportamiento de los polímeros constituyentes de la geomalla. Fuente: Elaboración propia.



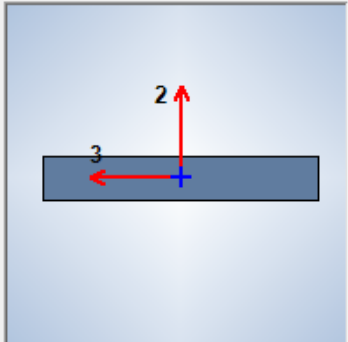
| General Data | |
|---|---|
| Material Name | Madera |
| Material Type | Other |
| Directional Symmetry Type | Isotropic |
| Material Display Color |  Change... |
| Material Notes | Modify/Show Notes... |
| Material Weight and Mass | |
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density |
| Weight per Unit Volume | 0.71 tonf/m ³ |
| Mass per Unit Volume | 0.072 tonf-s ² /m ⁴ |
| Mechanical Property Data | |
| Modulus of Elasticity, E | 1600000 tonf/m ² |
| Poisson's Ratio, U | 0.3 |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 0.0000099 1/C |
| Shear Modulus, G | 615384.62 tonf/m ² |

Figura 3-83: Modelamiento de las características mecánicas del adobe presentes en la edificación analizada. Fuente: Elaboración propia.

| General Data | |
|-------------------------|---|
| Property Name | mallá |
| Material | Polimero |
| Notional Size Data | Modify/Show Notional Size... |
| Display Color |  Change... |
| Notes | Modify/Show Notes... |
| Shape | |
| Section Shape | Concrete Rectangular |
| Section Property Source | |
| Source: | User Defined |
| Section Dimensions | |
| Depth | 0.01 m |
| Width | 0.05 m |



Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

Figura 3-84: Modelamiento de las hebras de una geomalla característica. Fuente: Elaboración propia.

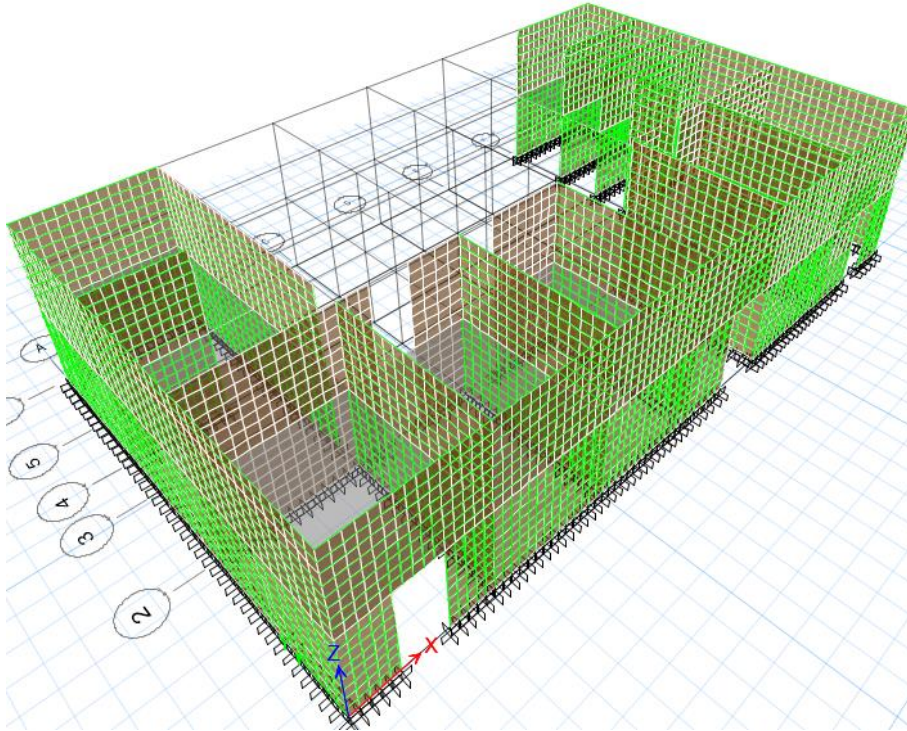


Figura 3-85: Modelamiento del local municipal de Acraquia reforzado con geomallas.

Fuente: Elaboración propia.

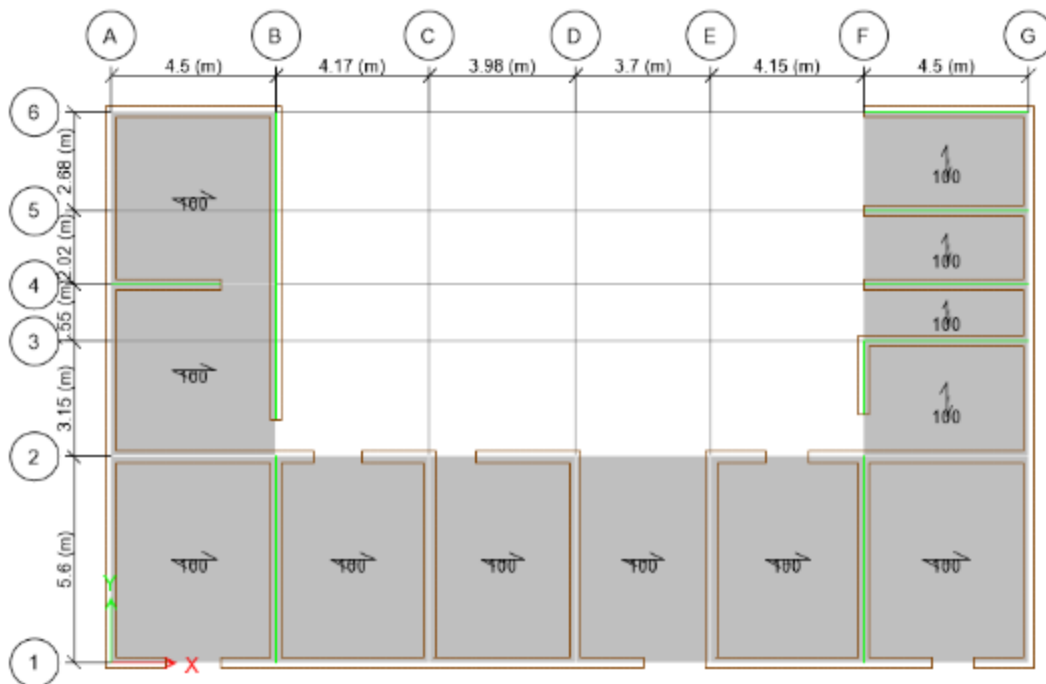


Figura 3-86: Cargas muertas aplicadas al sistema de piso del local de Acraquia. Fuente:

Elaboración propia.

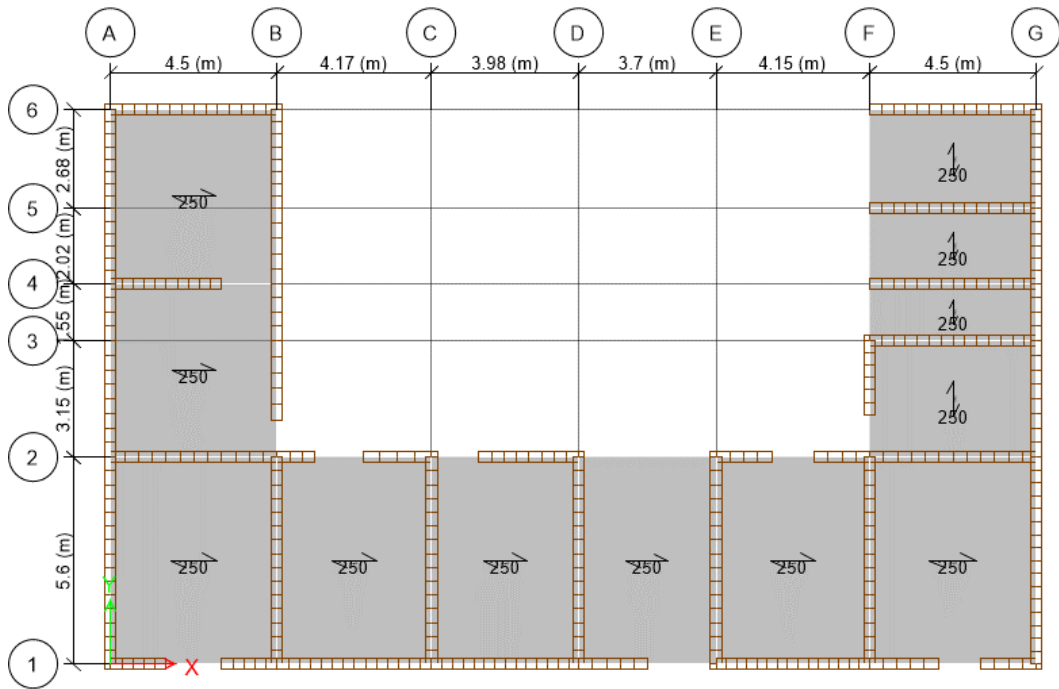


Figura 3-87: Cargas vivas aplicadas al sistema de piso del local de Acraquia. Fuente: Elaboración propia.

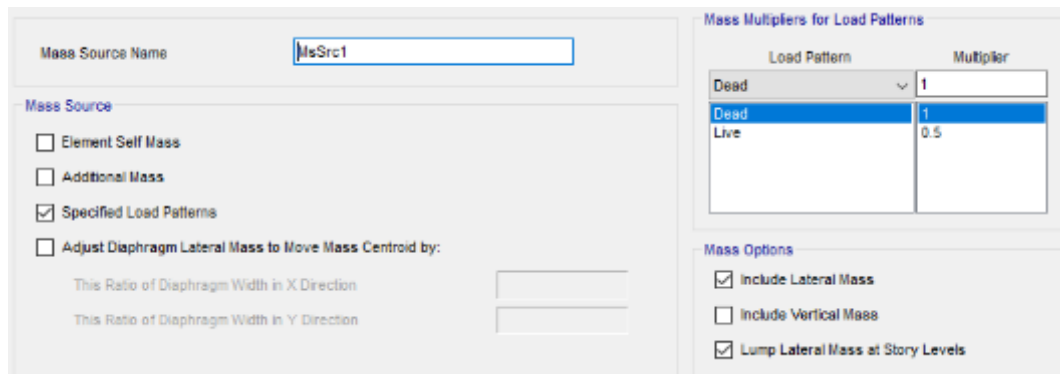


Figura 3-88: Definición del cálculo de la masa sísmica. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-31: Obtención de las masas sísmicas a ser incluidas en el análisis sísmico modal espectral. Fuente: Elaboración propia.

| Story | UX tonf-s ² /m | UY tonf-s ² /m | UZ tonf-s ² /m |
|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Story2 | 7513.57 | 7513.57 | 0 |
| Story1 | 17532.28 | 17532.28 | 0 |
| Base | 7265.78 | 7265.78 | 0 |

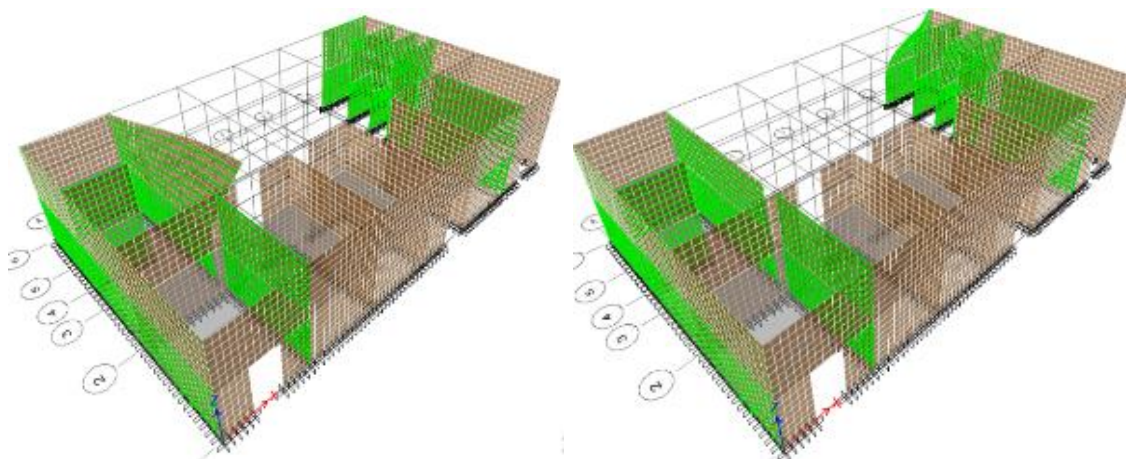


Figura 3-89: Primera y segundas formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel $T_1=0.64s$ y $T_2=0.48s$. Fuente: Elaboración propia.

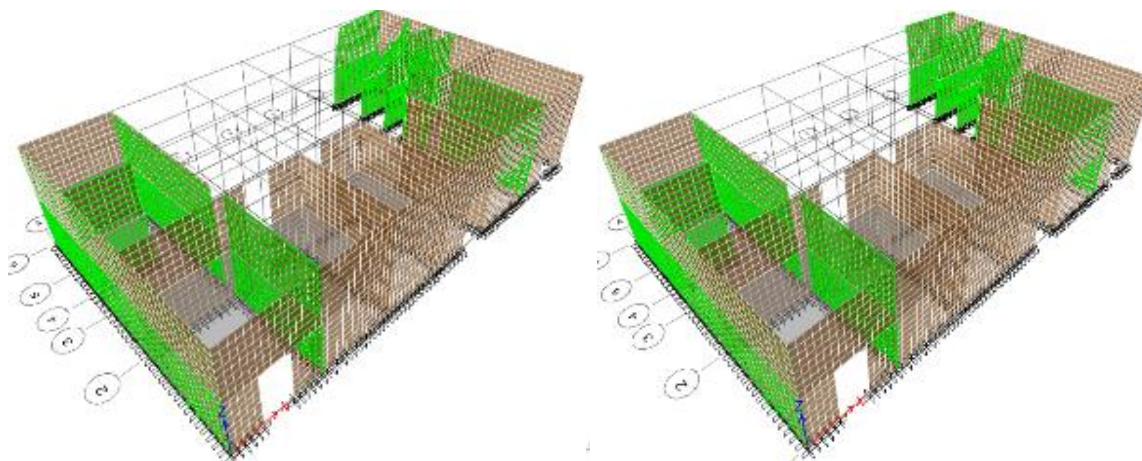


Figura 3-90: Tercera y cuarta formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel, $T_3=0.45s$ y $T_4=0.45s$. Fuente: Elaboración propia.

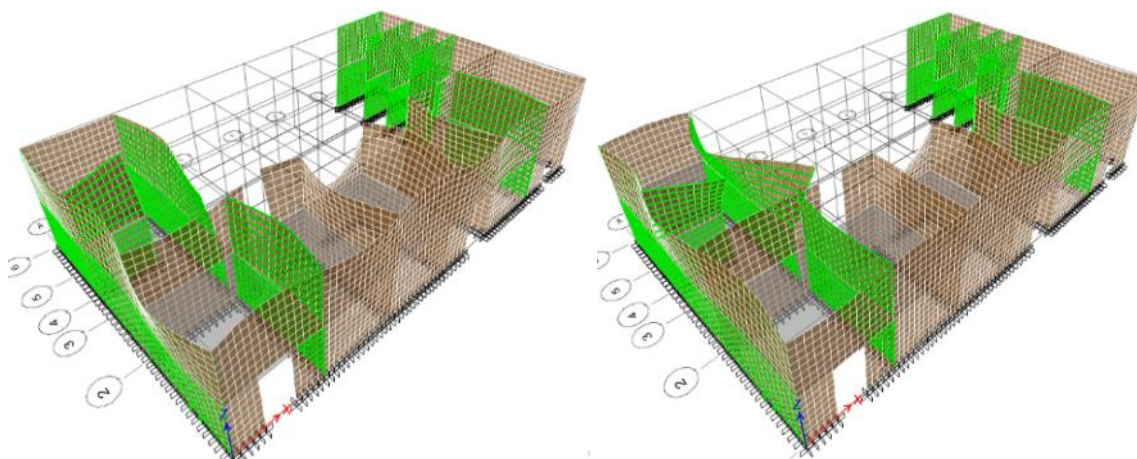


Figura 3-91: Quinta y sexta formas de modo que ocasionarían la falla de los muros del segundo nivel, $T_5=0.36s$ y $T_6=0.34s$. Fuente: Elaboración propia.

3.8.1 Resultados del modelamiento

Los resultados obtenidos del modelamiento considerando la geomalla se muestran en las siguientes figuras.

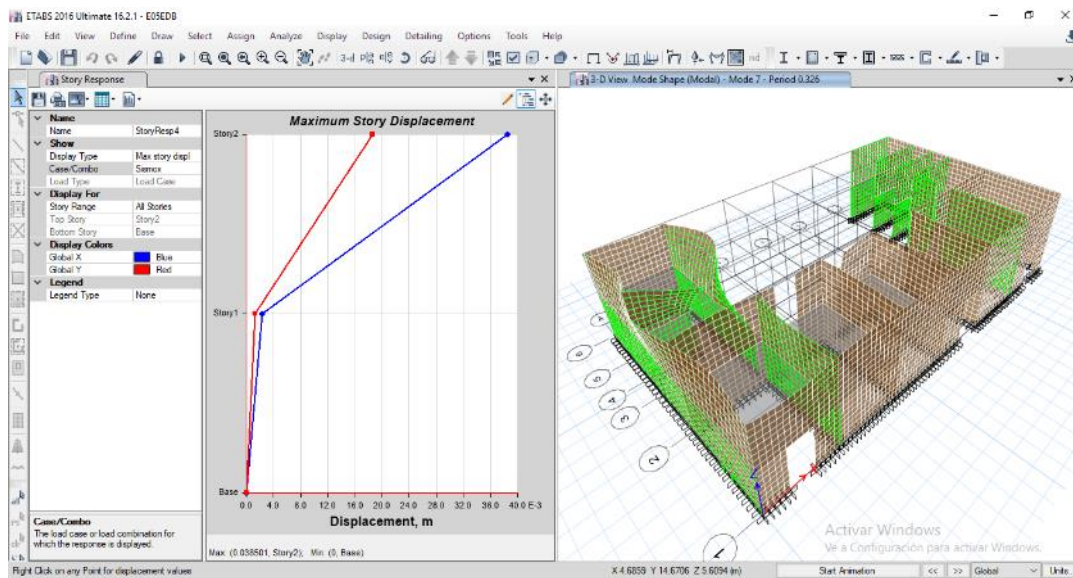


Figura 3-92: Máximos desplazamientos en x e y, debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

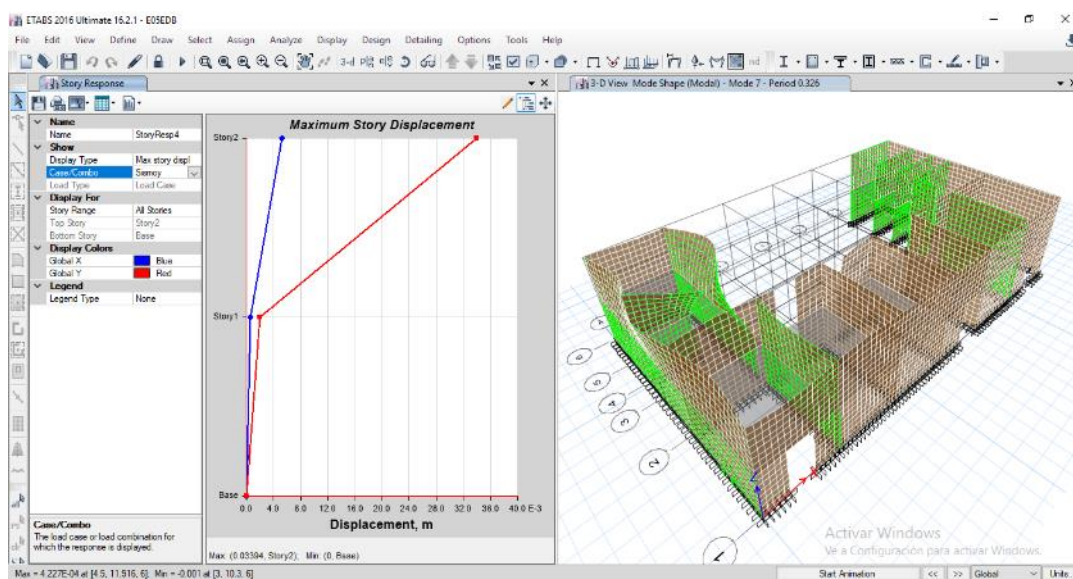


Figura 3-93: Máximos desplazamientos en x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia.

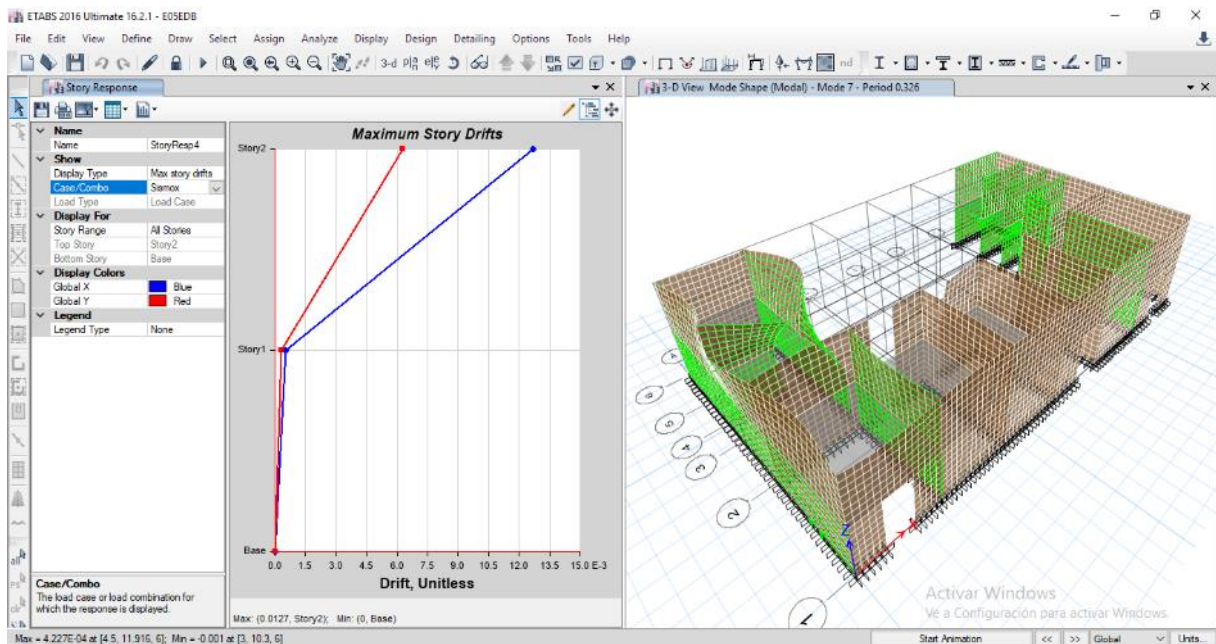


Figura 3-94: Máximas distorsiones en x e y, debido al sismo en X. Fuente: Elaboración propia.

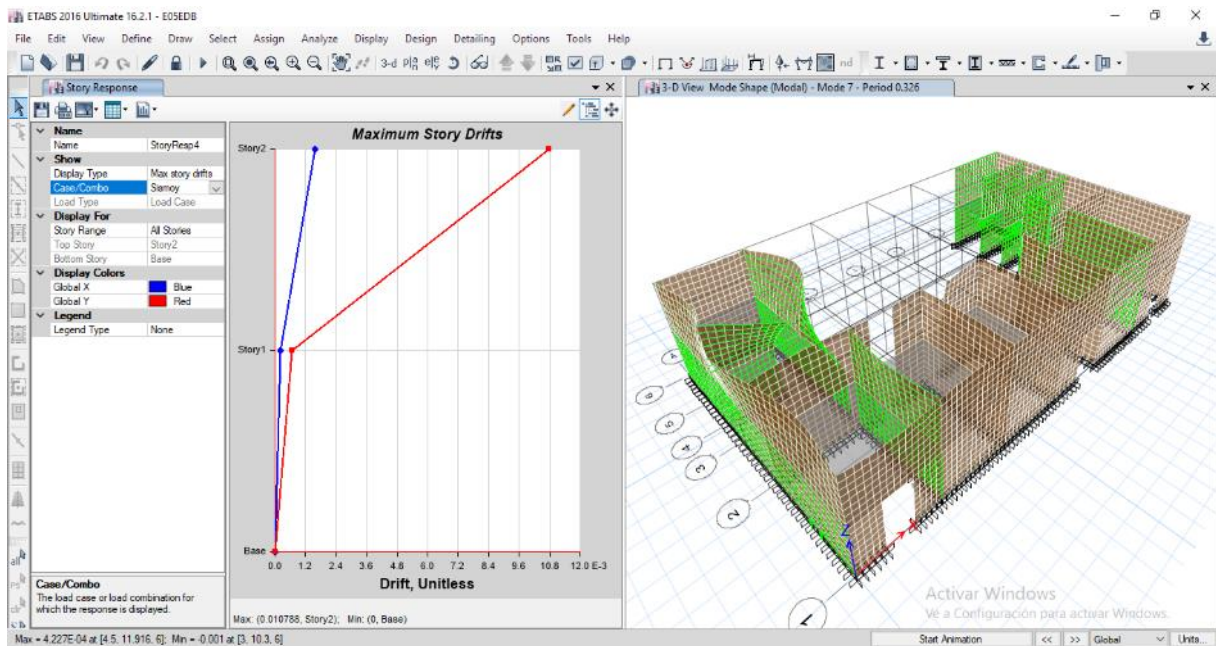


Figura 3-95: Máximas distorsiones en x e y, debido al sismo en Y. Fuente: Elaboración propia.

Además del estudio de los desplazamientos y deformaciones encontradas en la estructura, es importante realizar un estudio de la distribución interna de los esfuerzos presentes en la estructura debida a las acciones sísmicas.

Los resultados, mostrados en las siguientes figuras, indican que los esfuerzos máximos se concentra en los muros transversales a la dirección, especialmente el que se encuentra en el ala este de la estructura, pues como se ve, los efectos del sismo son más marcados en este elemento.

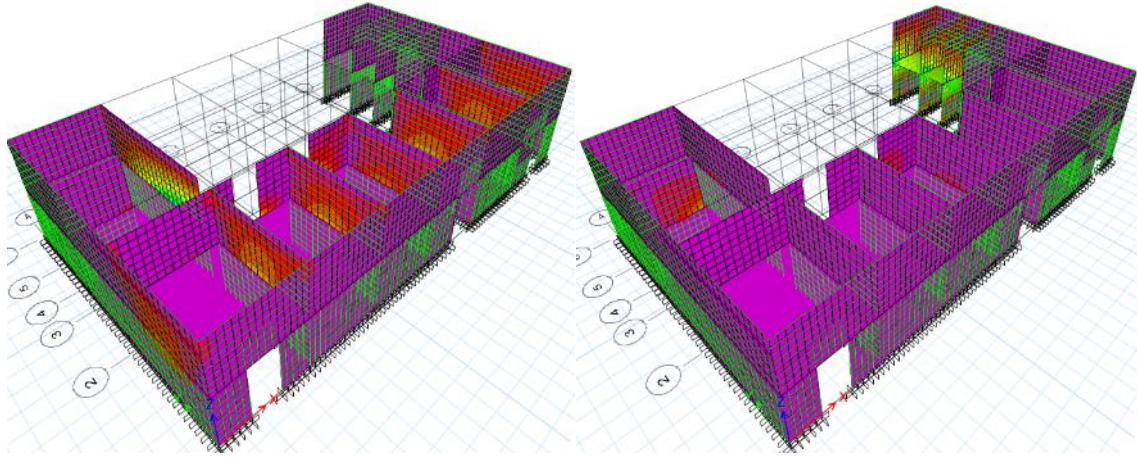


Figura 3-96: Distribución de momentos flectores en los elementos de la estructura analizada, debidos al sismo en x, e y, respectivamente: Fuente: Elaboración propia.

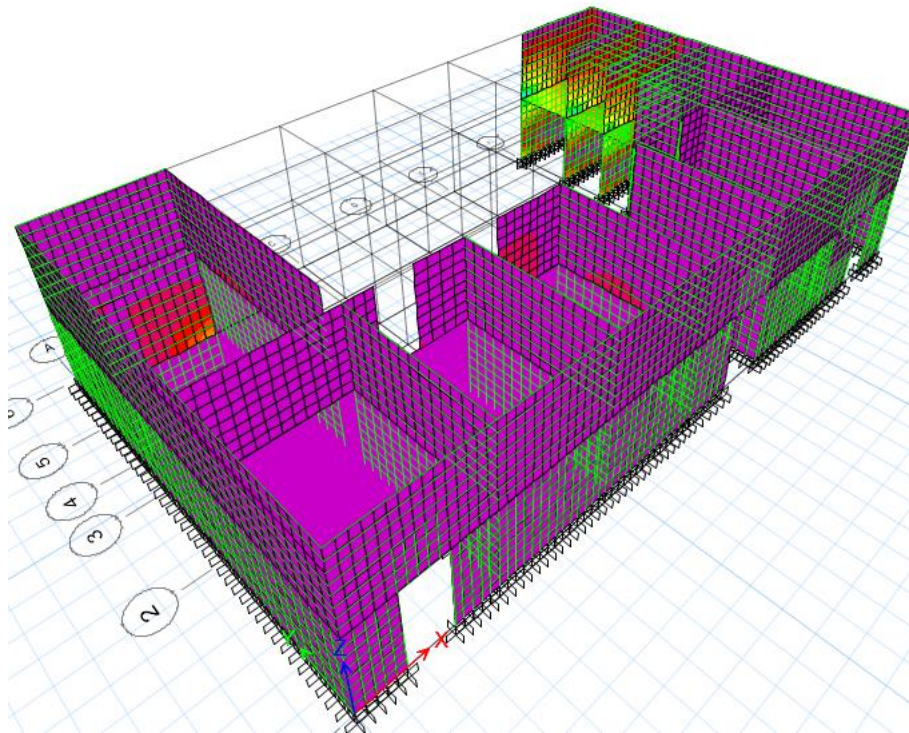


Figura 3-97: Distribución de esfuerzos (S22), encontrados debido al sismo en dirección x.

Fuente: Elaboración propia.

3.9 Resumen de resultados

Los resultados logrados en cada una de las secciones anteriores se han resumido y presentado en esta sección. En la Tabla 3-32 se muestra el resumen de los máximos desplazamientos obtenidos en la estructura para cada uno de los sistemas de reforzamiento propuestos. En este sentido determinaremos que el nivel de vulnerabilidad sísmica está relacionado de manera directa con los máximos desplazamientos de la estructura. Es así que una estructura es más vulnerable si para el mismo nivel de sismo, exhibe mayores desplazamientos laterales (Quin 2015 y Blondet, 2017).

Tabla 3-32: Máximos desplazamientos en dirección x debidas a las técnicas de reforzamiento estudiadas en el presente trabajo. Fuente: Elaboración propia.

| Nivel | h(m) | Sin reforzar | Viga collar | Malla electrosoldada | Geomalla |
|-------|------|--------------|-------------|----------------------|----------|
| | | Dx(cm) | Dx(cm) | Dx(cm) | Dx(cm) |
| 2 | 5.5 | 21 | 5.28 | 3.8 | 3.6 |
| 1 | 2.5 | 1.23 | 1.2 | 0.2 | 0.18 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

De acuerdo con esto se puede apreciar que fueron la malla electrosoldadaa y la geomalla los métodos de reforzamiento más efectivos ya que lograron mejores reducciones en los niveles de desplazamientos laterales.

Tabla 3-33: Máximos desplazamientos en dirección y debidas a las técnicas de reforzamiento estudiadas en el presente trabajo. Fuente: Elaboración propia.

| Nivel | h(m) | Sin reforzar | Viga collar | Malla electrosoldada | Geomalla |
|-------|------|--------------|-------------|----------------------|----------|
| | | Dy(cm) | Dy(cm) | Dy(cm) | Dy(cm) |
| 2 | 5.5 | 15 | 5.9 | 3.31 | 3.4 |
| 1 | 2.5 | 0.86 | 1.1 | 0.18 | 0.1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

De forma análoga, los niveles de desplazamientos laterales debidos al sismo y se muestran en la Tabla 3-33. De estos resultados se puede apreciar que al igual que en los casos anteriores, fueron la malla elctrosoldada y la geomalla las técnicas de reforzamiento que permitieron mayores reducciones en los niveles de desplazamientos laterales.

Los mismos resultados pueden ser vistos de manera gráfica y se presentan en los siguientes gráficos.

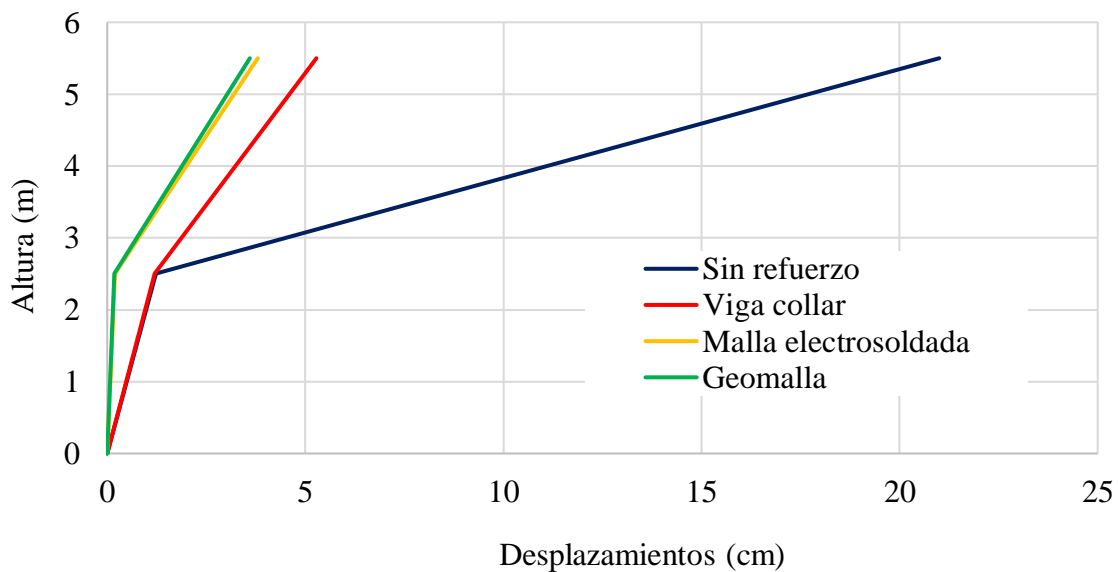


Figura 3-98: Gráfico de las máximos desplazamientos en x debidas a los reforzamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia.

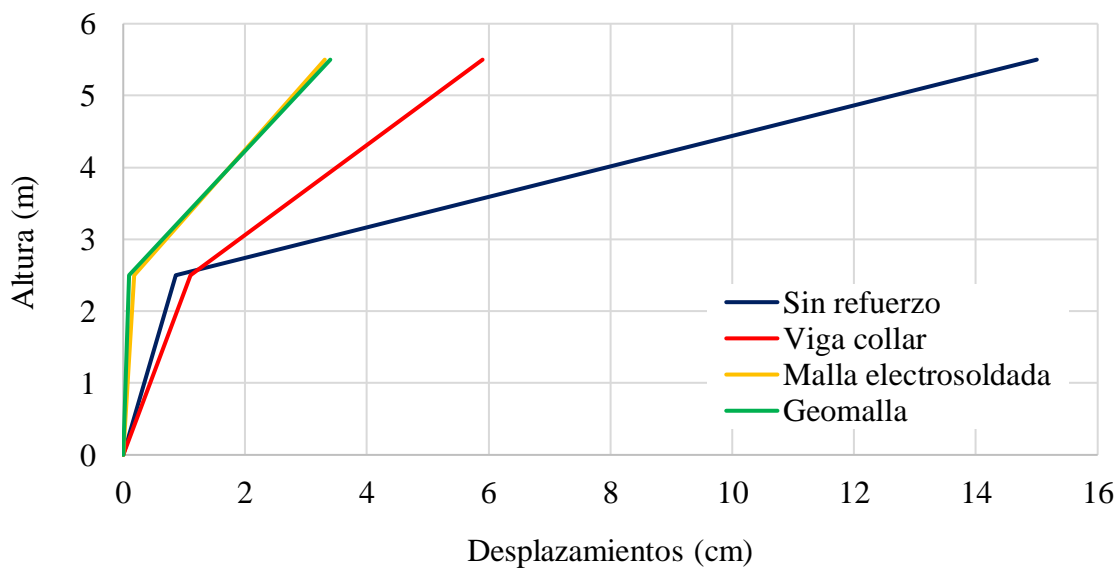


Figura 3-99: Gráfico de máximos desplazamientos en y debidas a los reforzamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia.

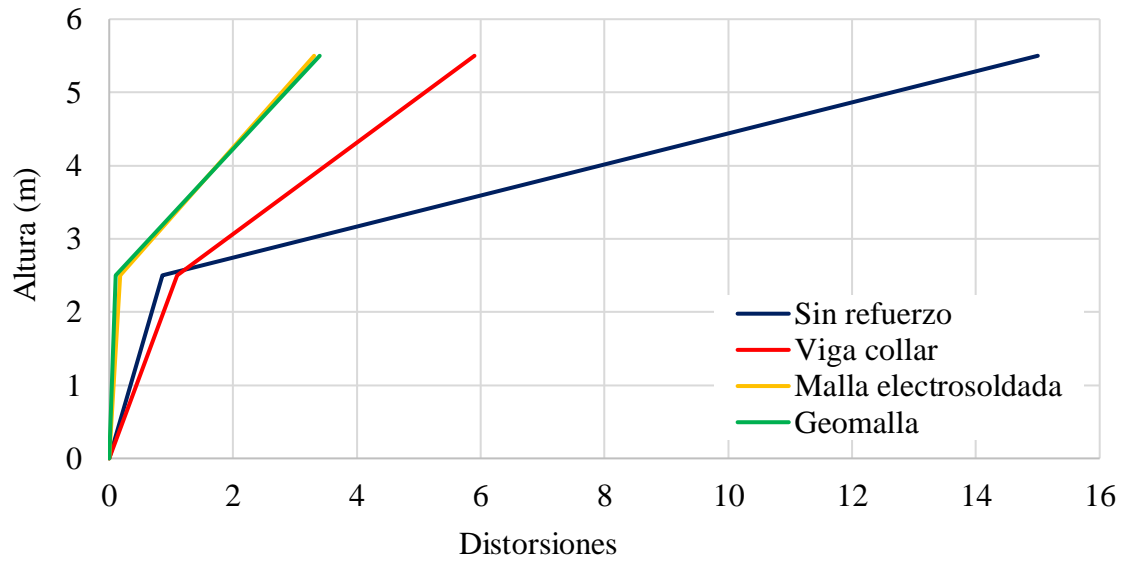


Figura 3-100: Grafico de las máximas distorsiones en x debidas a los reforzamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia.

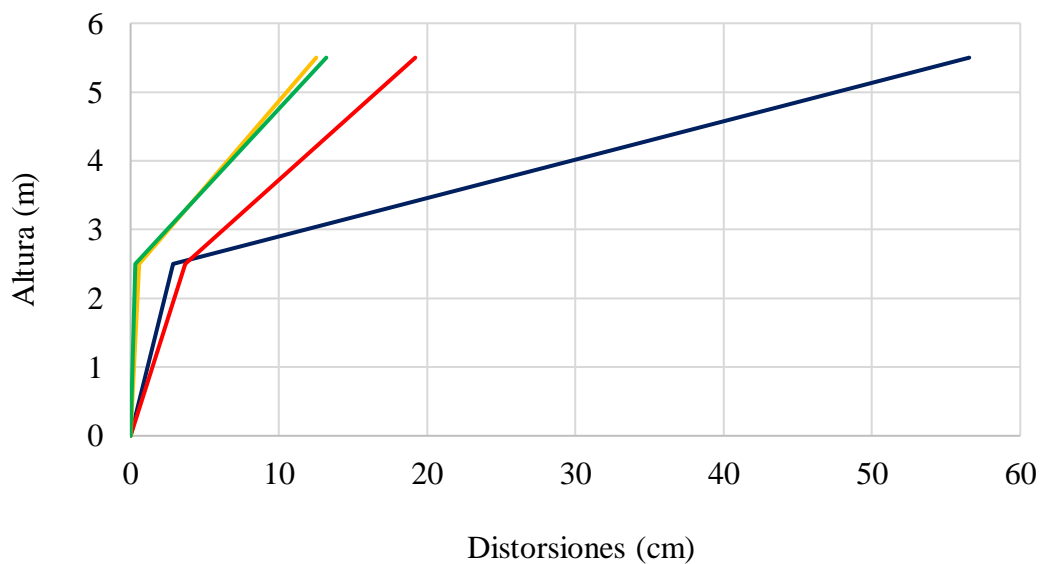


Figura 3-101: Grafico de las máximas distorsiones en y debidas a los reforzamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

En el capítulo anterior la presentación de los resultados dio inicio con la evaluación de la respuesta sísmica de la estructura de adobe estudiada, tal como se encuentra en la actualidad. La demanda sísmica fue obtenida aplicando los criterios y disposiciones dadas en la norma peruana de diseño sismorresistente (E030) y algunos de los criterios y disposiciones establecidos en la norma de diseño de adobe (E080), teniendo en cuenta que esta da esencialmente criterios y disposiciones orientadas al diseño mas no al reforzamiento de estructuras.

Como primer paso al análisis se debieron determinar las propiedades de resistencia del adobe, estas involucran tanto la resistencia a compresión como la resistencia a la tracción. Para esto se procedió a la extracción de un conjunto de testigos provenientes de la estructura, las que fueron almacenadas tratando de preservar las características más importantes y las que podrían tener influencia en la resistencia mecánica de las unidades. Adicionalmente, y con la finalidad de tener más datos para el análisis, se fabricaron tres unidades de adobe usando las técnicas características típicas empleadas en el distrito de Acraquia.

Los especímenes así obtenidos fueron posteriormente ensayados usando dos ensayos estándares en la determinación de la resistencia mecánica a la compresión y la tracción, llamados ensayo de resistencia a compresión y ensayo de resistencia a tracción. El primer ensayo consiste en la aplicación de cargas de compresión aplicadas de forma perpendicular a la cara de asiento del elemento. La carga aplicada debe desarrollarse de manera lenta hasta alcanzar la falla del espécimen estudiado. Finalmente se reportan la carga de falla y el área de aplicación del adobe, datos útiles para obtener el esfuerzo de compresión ultimo del espécimen.

La determinación del esfuerzo de tracción debe hacerse usando un ensayo de flexión. Este tipo de ensayo toma en cuenta que la aplicación de las cargas puntuales en los tercios centrales genera una distribución de esfuerzos uniformes en el tercio central, por lo que es posible determinar el esfuerzo de tracción que genera la falla del elemento, para esto se aplican los resultados obtenidos en la teoría clásica de vigas de Bernoulli.

La determinación de este tipo de esfuerzos es útil para poder determinar las propiedades elásticas del adobe, así como el peso específico de las unidades. El cálculo de las deformaciones unitarias requeridas para el cálculo del módulo de elasticidad debe realizarse de manera experimental, sin embargo por las limitaciones propias del ensayo realizado no fue posible la determinación de las deformaciones unitarias. Para esto se han usado los

reportes dados por Zelaya (2007) y los reportes referidos a las deformaciones unitarias del adobe dadas por Torres Barreda (2015).

Además, para la determinación del peso específico del adobe se pesaron las unidades de adobe fabricadas para el ensayo de la resistencia a compresión y a tracción. El peso específico fue obtenido mediante el cociente obtenido entre el peso y el volumen de las unidades.

Es importante tener en cuenta que los parámetros obtenidos mediante los métodos descritos son estándares en la práctica de la ingeniería, y están en conformidad con los métodos empleados en investigaciones previas, como las de (Quiroz, 2013), quien además de un conjunto de modelos analíticos desarrolló un conjunto de ensayos en mesa vibradora para poder determinar la respuesta sísmica de estas estructuras. Estos ensayos mostraron la utilidad de los modelos numéricos pues se encontraron relaciones razonables entre los modelos numéricos y los resultados experimentales.

La respuesta sísmica de la estructura en su estado actual, local municipal del distrito de Acraquia, se estudió mediante modelos numéricos desarrollados en software especializado. En este trabajo específico se decidió el uso del software ETABS V16 (*Computers and structures, 2018*), ya que sus capacidades para el modelamiento de estructuras son ampliamente reconocidas en el análisis y diseño de estructuras y comúnmente usados para la investigación dentro del campo de la ingeniería estructural.

El modelamiento de la estructura da inicio con la definición de las características de los materiales involucrados en la estructura. Conviene aclarar que el único material presente en la estructura fue el adobe y que la estructura se considera empotrada en el terreno de fundación. Además, de una inspección in situ, se determinó que el espesor de los muros de adobe fue de 40cm, por lo que se debieron definir las características típicas de estos elementos en el software de análisis.

El paso siguiente del modelamiento consiste en la distribución de los elementos verticales en las posiciones más adecuadas. En este paso es importantes determinar en qué lugares existen muros, sus dimensiones tanto en planta como en altura. Además en el caso estudiado se determinó que existe un sistema de entrepiso en el primer nivel, el cual consta de trabes de madera formado un entramado que sostén al piso. Este sistema se modelo como un elemento de membrana, de tal manera que se integran los elementos verticales que concurren en él. A diferencia del primer piso, el segundo piso no tiene un entramado formado un sistema de piso, sino que se encuentra apoyado sobre un sistema de techos a dos aguas, los

que se hallan apoyados directamente sobre los muros de adobe existentes. En este caso, el sistema de techos a dos aguas no es capaz de integrar los elementos verticales (muros de adobe), ya que a diferencia del primer piso, no cuentan con una rigidez apreciable en su plano. Por tal motivo este sistema no fue considerado como estructural y la estructura se modeló con los extremos libres en el segundo nivel. Este tipo de modelamiento nos permitirá identificar a los muros de adobe que tienen gran probabilidad de colapso frente a la acción de un movimiento sísmico consecuente con la norma de diseño sismoresistente (E030, 2018).

El cálculo de la masa sísmica se ha hecho de manera consecuente con lo establecido en la norma peruana de diseño sísmico (E030, 2018). En este acápite se nos dice que para el caso de estructuras esenciales, como locales municipales, la masa sísmica debe provenir del 100% de los pesos muertos, los que incluyen el peso de la estructura y la cargas sobreimpuestas como los acabados, y el 50% de la carga viva, la que en el caso de estudio fue de 250 kg/m², de acuerdo con la norma peruana de cargas (E020, 2018).

A partir de los datos definidos previamente se realizó un análisis modal. En este sentido conviene aclarar que los resultados del análisis modal son ampliamente usados para determinar las formas de modo en que una estructura vibra. Además, las formas de modo determinan, necesariamente, la forma como una estructura responderá ante la acción de un conjunto de fuerzas externas. De acuerdo con Proaño (2014), las formas de modo nos dan información de calidad sobre como una estructura responderá ante la acción de un conjunto de cargas externas, por lo que un análisis estructural adecuado siempre deberá tener un análisis modal completo y adecuadamente interpretado. De los resultados obtenidos se ha podido observar que son los muros del segundo nivel los que tienen grandes desplazamientos y por ende gran probabilidad de colapso frente a la acción de un movimiento telúrico de gran magnitud. Específicamente se ha observado que el muro este interior fallará ante la acción de un sismo, así mismo, se ha podido determinar que el muro oeste interno también presentaría una falla importante. Estos resultados están de acuerdo con los resultados obtenidos por Malaga (2012), quienes determinaron que son los muros de adobe que no presentan elementos integradores los que tienden a colapsar ante la acción de un sismo.

Los resultados encontrados nos muestran un claro indicio de que los muros del segundo nivel colapsarán ante un movimiento sísmico consecuente con lo establecido en la norma de diseño sismorresistente, por lo que se requieren de una serie de medidas para mitigar la probabilidad del colapso de estos elementos. En consecuencia en el presente trabajo de investigación ha

recurrido a la aplicación de tres métodos de reforzamiento específicos, usando viga collar, malla electrosoldada y geomalla.

La primera técnica de reforzamiento aplicada fue el de viga collar de madera. La viga collar de madera es una técnica que consiste en la colocación de un sistema de vigas alrededor de los extremos libres de los elementos verticales de adobe, tal como afirma Barreda (2015), su principal objetivo es la integración de estos elementos de tal forma que los esfuerzos inducidos por la acción de un sismo pueda ser distribuido de manera uniforme los elementos resistentes (muros de adobe).

El estudio propuesto en este trabajo de investigación fue analítico, para lo que se usó, el software de análisis estructura ETABS V16. La madera fue modelada usando las propiedades características del eucalipto, ya que es un tipo de madera muy usual en Acraquia, por lo que se está contribuyendo además, al acceso de materiales económicos con facilidad de disposición en el lugar de estudio. El modelamiento de la madera implica definir propiedades básicas de esta, tales como, el peso específico, el módulo de elasticidad el coeficiente de Poisson, entre otros.

La masa sísmica, al igual que en los análisis previos se obtuvo considerando el 100% del peso muerto, el que además en el presente caso incluye el peso de los elementos de reforzamiento, es decir, el peso de la viga collar de madera. Otro punto importante a ser considerado en este punto es que el software elegido es capaz de realizar el cálculo del metrado de los elementos estructurales, es decir, calcula el peso tanto del adobe como de la madera, por lo que no es necesario que el usuario ingrese cargas adicionales referidas al peso propio de los elementos estructurales; sin embargo, si es necesario que se ingresen las cargas sobreimpuestas, tales como peso de acabados o cargas vivas, las que usualmente se ingresan como cargas distribuidas sobre superficies horizontales y usualmente se dan de toneladas por metro cuadrado. Estas consideraciones están de acuerdo con las consideraciones recomendadas por los desarrolladores del software de análisis estructural ETABS.

La viga collar de madera se colocó alrededor de los elementos verticales y tratando de integrar la mayor parte de estos, de tal forma que los esfuerzos inducidos por un sismo sean distribuidos de manera uniforme.

Finalmente, los resultados del análisis realizado nos muestran que el reforzamiento logró una reducción considerable de los máximos desplazamientos impuestos por la acción de un sismo, así mismo, el reforzamiento propuesto logró disminuir de manera significativa los máximos niveles de distorsiones laterales. Estos resultados son consecuentes con

investigaciones realizadas anteriormente en la universidad católica del Perú, los que mostraron que la aplicación de viga collar permite incrementar de manera notable la resistencia de una estructura de adobe.

El segundo método de reforzamiento estudiado en el caso del local municipal de Acraquia fue del de la malla electrosoldada. Este material fue modelado usando elementos *frame*, los que son un tipo de elemento finito disponible en la librería del ETABS. Este tipo de modelos son lineales y tienen seis grados de libertad por nodo por lo que cada elemento posee doce grados de libertad en total. Las propiedades mecánicas de la malla son las consecuentes con el acero estructural típico, y esto así, debido a que la malla electrosoldada usa como base el acero estructural.

Los resultados obtenidos muestran que hubo una mejora significativa en los máximos desplazamientos laterales, tanto en dirección x, como en dirección y. Esto implica que para el mismo nivel de sismo los efectos sobre los muros de adobe resultaron ser significativamente menores, por tanto se concluye que la malla tuvo mejoras significativas en la reducción de la demanda sísmica.

El tercer método de reforzamiento consistió en la aplicación de geomallas. Estos materiales son mallas fabricadas con polímeros, su principal aplicación es a la construcción de pavimentos flexibles ya que permite contener y separar materiales propios de la base y subbase. En el caso de estudio, su función será similar al de la malla electrosoldada.

Los resultados encontrados muestran que la aplicación de geomallas logró reducir de manera significativa las máximas deformación y distorsiones laterales. De hecho de una comparación realizada entre la aplicación de estas mallas y la malla electrosoldada, se pudo apreciar que tanto la geomalla como la malla electrosoldada tuvieron comportamientos similares.

De los resultados encontrados, específicamente de las Tabla 3-32 y Tabla 3-33 se puede apreciar que la aplicación de la malla electrosoldada y la geomalla tuvieron mejores efectos sobre la respuesta sísmicas, por lo que se puede concluir que este tipo de reforzamiento resultaría más eficiente que la sola aplicación de viga collar.

V. CONCLUSIONES

GENERAL

En base a los resultados obtenidos se concluye que la aplicación de la malla electrosoldada o la aplicación de la geomalla permitieron reducciones más eficientes a la hora de mejorar la respuesta sísmica del local municipal de Acraquia, frente a la sola aplicación de la viga collar. Por tanto, se concluye que la aplicación de un mallado sobre la estructura nos permitirá mejorar de manera eficiente la vulnerabilidad sísmica de la estructura analizada.

ESPECÍFICAS

1. De los resultados obtenidos se puede ver que el local municipal de Acraquia es una estructura muy vulnerable a la acción de los sismos, en especial de aquellos consecuentes con el nivel de peligro de la norma peruana de diseño sísmico.
2. La aplicación de la malla electrosoldada permitió reducir los desplazamientos desde los 21 cm, en el caso de la estructura no reforzada, hasta los 3.8 cm, en el caso de la estructura reforzada, por lo que se puede afirmar que el efecto del sismo se redujo en 5.6 veces. De esta forma se puede afirmar que el reforzamiento propuesto ha logrado mitigar de manera significativa la respuesta sísmica y por tanto el nivel de vulnerabilidad sísmica.
3. La aplicación de la Geomalla permitió reducir los desplazamientos desde los 21 cm, en el caso de la estructura no reforzada, hasta los 3.6 cm, en el caso de la estructura reforzada, por lo que se puede afirmar que el efecto del sismo se redujo en 5.5 veces. De esta forma se puede afirmar que el reforzamiento propuesto ha logrado mitigar de manera significativa la respuesta sísmica y por tanto el nivel de vulnerabilidad sísmica.
4. La aplicación de la viga collar permitió reducir los desplazamientos desde los 21 cm, en el caso de la estructura no reforzada, hasta los 5.28 cm, en el caso de la estructura reforzada, por lo que se puede afirmar que el efecto del sismo se redujo en 4 veces. De esta forma se puede afirmar que el reforzamiento propuesto ha logrado mitigar de manera significativa la respuesta sísmica y por tanto el nivel de vulnerabilidad sísmica.

VI. RECOMENDACIONES

Si se disponen de los tres materiales estudiados para el reforzamiento de la mencionada estructura, se recomienda el uso de la malla electrosoldada, ya que como se ha visto su efecto en los máximos desplazamientos es bastante benéfico. En el caso de no disponerse de estos materiales, ya que desafortunadamente son materiales industrializados, aun puede usarse la viga collar, ya que aunque sus efectos en la reducción de la vulnerabilidad símica son menores, su efecto es apreciable, con ventaja de que es un material bastante accesible.

Se recomienda dar inicio a las actividades de reforzamiento del local mundial de Acraquia, ya que de acuerdo con la norma peruana de diseño sismoresistente esta califica como una edificación esencial, es decir, debe mantener su funcionalidad después de la ocurrencia de un movimiento telúrico de gran magnitud. Además, de los resultados obtenidos se ha demostrado que la edificación analizada, en su estado actual, es muy vulnerable a los efectos de un sismo, por lo que es muy probable que se dé su colapso en el caso de la ocurrencia de un movimiento telúrico.

VII. REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso Ponga, J. L. "La Arquitectura de Barro". Junta de Castilla y León. Consejería y Bienestar Social. 1989. Castilla y León, España.
- Aplicación de los Bloques Estabilizados con Asfalto en Viviendas de Tipo Económico en la Cooperativa de Cayalti" (COBE)". Tesis de Grado Facultad de Ingeniería Civil UNPRG. 1977. Lambayeque-Perú.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (2010). Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. Colombia: Presidencia de la República - Red de Solidaridad Social.
- Bernilla C. P. "Investigación de los Aspectos de elaboración y aplicación de Bloques" (COBE), Cayalti 1976. Tesis de Grado Facultad de Ingeniería Civil UNPRG. 1976. Lambayeque-Perú.
- Blanco, Antonio (2010). Evolución de las Normas Sísmicas Peruanas y el Diseño Sismorresistente. Ponencia presentada en el Seminario Normatividad y gestión para edificaciones sostenibles y saludables.
- Blondet, Marcial (2010). Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo saludables y seguras. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bommer J, S. W. (1998). Riesgo sísmico en la región metropolitana de San Salvador, Programa salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente. San Salvador.
- Campana Cristóbal. "Tecnologías Constructivas de Tierra en la Costa Norte Prehispánica". Instituto Nacional de Cultura. 2000. La Libertad, Perú.
- CERESIS, "Reforzamiento Sismo-Resistente de Viviendas de Adobe Existentes en la Región Andina", 2000. Lima, Perú.
- Chugar, I. & De Oliveira, M., "Metodología para la evaluación post-ocupación de viviendas populares". Publicación: CONHISREMI, Revista Universitaria de Investigación y Diálogo Académico, Volumen 4, Número 3, 2008. Lima, Perú.
- Concha, O. (1977). Tesis de grado, Diseño Sismo Resistente de muros de Adobe. Lima: UNI.
- Departamento de Estructuras y Construcción, Universidad Nacional de Ingeniería "Informe de avance de la Investigación sobre Construcciones de Adobe". UNI. 1971. Lima-Perú.

- Doat, P., Hays, A., Houven, H., Matuk, S. “Construir con Tierra”. Traducción del francés. Sánchez, C.E., Ospina, C.A. Editorial Fondo Rotatorio. Editorial Enda Fedevivienda. 1990. Bogotá, Colombia.
- Etchebarne, R. “Casas de Tierra”. Unidad Regional de Estudios y Gestión Del Habitat. Universidad de la Republica Uruguay. 2002. Salto, Uruguay.
- Fernández, R., Hernández, C. y Baptista, M. (2010). Metodología de la Investigación. México D.F.: McGraw Hill / Interamericana Editores.
- Gómez, W. y Loayza, A. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de centros de salud del Distrito de Ayacucho. Tesis para título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.
- Gonzáles de la Cotera, M. “Construcciones con adobe”. Escuela de Ingenieria Civil, Universidad Nacional de Ingenieria. 1995. Lima, Perú.
- Gorjas, J., Cardiel, N., y Zamorano, J. (2011). Estadística Básica. Universidad Complutense de Madrid. España.
- GTZ.-COSUDE. Vivienda Sismorresistente de Adobe Reforzado con Malla Polipropileno (PP). Expediente Técnico. 2008. Lima, Perú.
- Guanilo García, Horacio A. “Estudio de Muros de Adobe Sometidos a Cargas Horizontales.”–Parte 5 (b), Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. 1,974. Lima, Perú.
- Gutiérrez Aliaga, L; Manco Rivera, M. “Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú. Contribución a la enciclopedia mundial de vivienda”. Tesis de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad La Católica del Perú. 2006. Lima-Perú.
- INEI. “Censos Nacionales: IX de Población y IV de Vivienda”, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1993 y 2007. Lima, Perú.
- Loaiza, Cesar, “Caracterización de las construcciones de vivienda en el Perú-Información para la Enciclopedia Mundial de las Construcciones de Vivienda en Áreas Sísmicas”, PUCP, 2002. Lima, Perú.
- Meza C, J. “Edificaciones Saludables de Tierra Estabilizada”. Dirección de Investigación y Normalización – SENCICO. 2003. Lima-Perú.
- MINCHOLA HARO, Carlos E. Estudio de Muros de Adobe Sometidos a Cargas HorizontalesParte 5 (a), Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. 1,974. Lima, Perú.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (2006). Reglamento Nacional de edificaciones. Norma E.080, "ADOBE"
- Morales, R.; Cabrejos, R; Rengifo, L; Candiotti, C. Manual para la construcción de viviendas de adobe. CISMID-FIC-UNI. Lima 1993.
- Norma Técnica E.080 Adobe, del Reglamento Nacional de Edificaciones. 2007. Lima. Perú.
- Peña, F. y Lourenço, P. (2012). Criterios para el refuerzo antisísmico de estructuras históricas. Revista de Ingeniería Sísmica, núm. 87, 2012, pp. 47-66 Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica Distrito Federal, México.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD (2008). Manual para el Desarrollo de Viviendas Sismorresistentes. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Lima, Perú.
- Quiun L, D.; San Bartolomé, A; Zegarra L.; Giesecke, A. "Adobe Reforzado con mallas de alambre: ensayos de simulación sísmica y Aplicación a construcciones reales." 2001. Lima-Perú.
- Quiun, D., San Bartolomé, A., Zegarra, L. y Giesecke, A. (2008). Comportamiento de las viviendas de adobe reforzadas ante el sismo de Pisco. Lima: Departamento de Ingeniería, Sección ingeniería civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, (DI – SIC – 2008 – 03).
- SENCICO. "Construcción de Módulos Básicos de Vivienda en Adobe Reforzado", Convenio PNUD-SENCICO, 2003. Arequipa, Perú.
- SENCICO: "Mejores casas de adobe" Publicación. Sencico. 2001. Lima. Perú.
- SENCICO: "Construyendo con adobe mejorado: Adobe reforzado con caña. Publicación
- SENCICO: "Lineamientos básicos para la construcción de viviendas de adobe con refuerzo de geomalla". Publicación Sencico. 2009. Lima-Perú.
- SENCICO: "Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación NTE E.080 Adobe". Publicación. Sencico. 2000. Lima. Perú.
- SENCICO: "Seminario Latinoamericano de Construcciones de Tierra en Áreas Sísmicas". Publicación Sencico. 1993. Lima-Perú.
- SENCICO: "Seminario sobre Sistemas Constructivos Tradicionales: Adobe y Quincha".
- TORREALVA, D. "Caracterización de daños en construcciones de adobe." PUCP. 2003. LimaPerú.

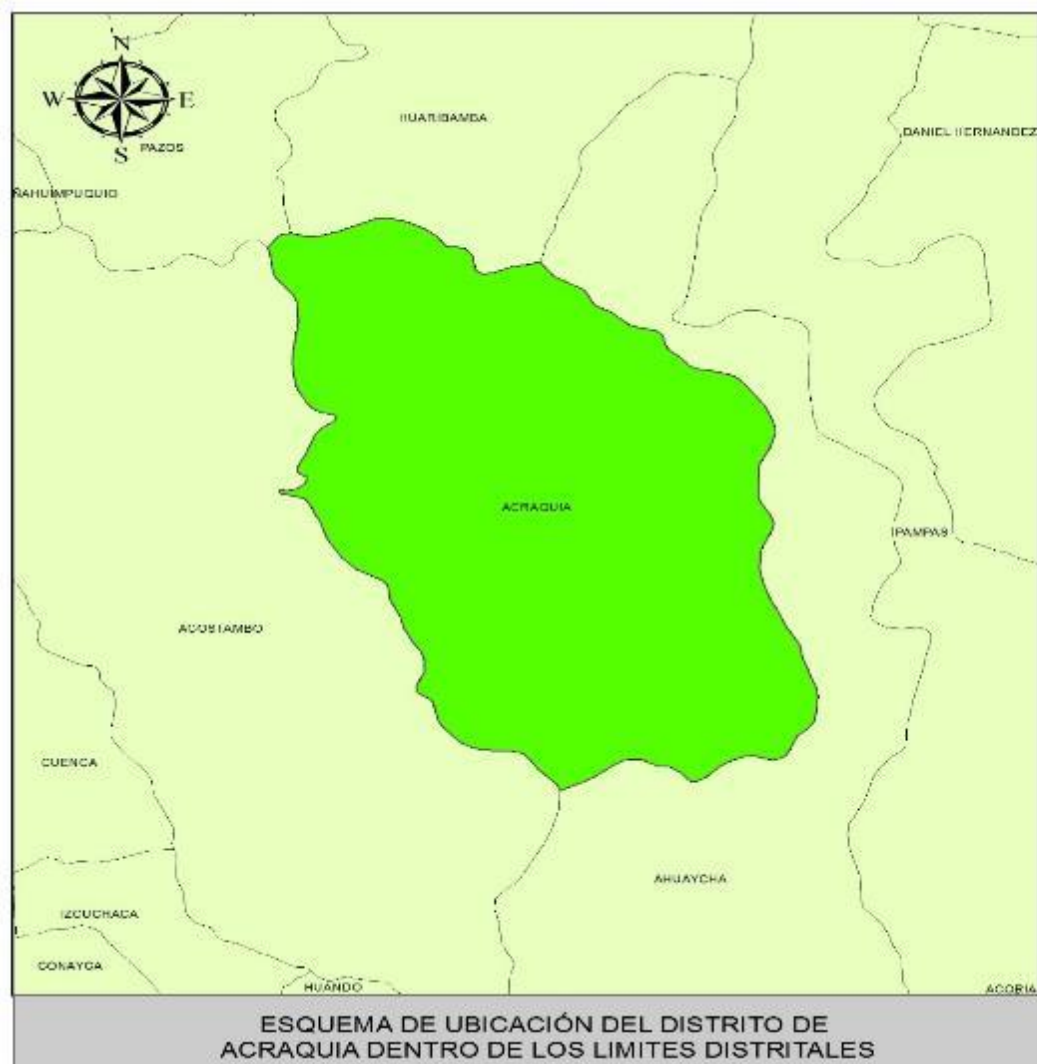
- Zegarra, A. San Bartolome, D. Quiun. (1997). Manual técnico para el reforzamiento de las viviendas de adobe existentes en la costa y sierra. Lima: PUCP-GTZ- CERESIS.
- Zegarra, San Bartolomé, Quiun, Giesecke (1999) Reforzamiento de viviendas existentes de adobe, Proyecto CERESIS-GTZ-PUCP, XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Colegio de Ingenieros del Perú, Huánuco.

VIII. ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de Consistencia

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLE | DIMENSIONES | INDICADORES |
|---|---|--|------------------------|---|---|
| General | General | General | | | |
| ¿Qué tipo de reforzamiento resulta más adecuado para mitigar la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia? | Determinar que reforzamiento es más eficiente en la reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia. | La aplicación de viga collar permitirá mitigar la vulnerabilidad sísmica del local comunal de Acraquia de manera eficiente al ser comparada con la malla metálica y geomalla | - | - | - |
| Específicos | Específicos | Específicos | | Dimensiones | Indicadores |
| ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica actual del local municipal del distrito de Acraquia? | Determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia. | El local municipal de Acraquia es una estructura construida de adobe sin ningún tipo de refuerzo, por lo que se estima que es altamente vulnerable a la acción de un sismo. | Reforzamiento | Malla electrosoldada Viga collar Geomalla | Software |
| ¿Cuál es el nivel de reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia al usar malla electrosoldada? | Establecer que reducción en la vulnerabilidad sísmica de estructuras de adobe se puede lograr al usar malla electrosoldada en el local comunal de Acraquia. | La aplicación de malla electrosoldada permite mitigar la propagación de grietas en la estructura, hecho que le permitirá mitigar el nivel de vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia. | Vulnerabilidad sísmica | Desplazamientos Deformaciones | Desplazamientos laterales Distorsiones laterales |
| ¿Cuál es el nivel de reducción de la vulnerabilidad sísmica del local comunal de Acraquia al usar viga collar de madera? | Encontrar la reducción de la vulnerabilidad sísmica de estructuras de adobe al usar viga collar en el local comunal de Acraquia. | La aplicación de la viga collar alrededor de los extremos libres de los muros de adobe permitirá mitigar la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia. | | | |
| ¿Qué reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia se puede lograr mediante el uso de geomalla? | Determinar el grado de reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia al usar geomalla como técnica de reforzamiento. | La aplicación de geomalla permitirá la reducción de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia. | | | |

Anexo N° 2. Plano de Ubicación



Anexo N° 3. Ficha de inspección técnica de la edificación

| FICHA TÉCNICA DE INSPECCIÓN DE LA EDIFICACIÓN | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| PROYECTO : "Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Arequipa 2018." | | | | | |
| 1. DATOS DEL PROPIETARIO | | | | | |
| PROPIETARIO | | Municipalidad Distrital de Arequipa | | | |
| 2. DATOS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN | | | | | |
| USO ACTUAL | | Servicios Comunes | | | |
| FECHA DE INSPECCIÓN | | 28/09/2018 | | | |
| UBICACIÓN | DISTRITO | Arequipa | | | |
| | PROVINCIA | Tayacaja | | | |
| | DEPARTAMENTO | Humacavelica | | | |
| | REFERENCIA | Plaza de Armas de Arequipa | | | |
| 3. DATOS TÉCNICOS DE LA EDIFICACIÓN | | | | | |
| N° DE PISOS | ÁREA TECHADA TOTAL (m ²) | ALTURA POR PISO (m) | DISTANCIA MÁXIMA ENTRE MUROS (m) | DAÑOS ESTRUCTURALES | HA SIDO DAÑADO EN SISMOS ANTERIORES |
| 2.00 | 449.20 | 2.50 | 5.00 | NO | NO |
| PENDIENTE DEL TERRENO | | TIPO DE SUELO | | | |
| BAJA (1 - 2 %) | | X | ROCA | | |
| MEDIA (3 - 10 %) | | | ARCILLA | X | |
| FUERTE (10 - 20 %) | | | ARENA | | |
| MUY FUERTE (20 % A +) | | | OTROS | | |
| 4. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN | | | | | |
| METRAJE | USO | ANTIGÜEDAD | MATERIAL PREDOMINANTE | ESTADO DE CONSERVACIÓN | ESTADO DE CONSTRUCCIÓN |
| 449.20 | Servicios Comunes | 35 Años | Adobe | Buena | Terminado |
| PARTIDAS | | CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS | | | |
| CIMENTACIÓN | | Cimentación conformada por piedra y barro de la zona | | | |
| MUROS | | Muros de Adobe asentado en seco con mortero de barro | | | |
| COLUMNAS | | No cuenta con columnas. | | | |
| TECHOS | | Primer piso techo de madera labrada y segundo piso techo de calamina a dos aguas sobre viguería de madera | | | |
| PISOS | | Primer piso cemento pulido y segundo piso madera labrada | | | |
| PUERTAS | | Puertas de fierro y madera contraplacada | | | |
| VENTANAS | | ventanas de fierro con lamas de vidrio | | | |
| REVESTIMIENTO | | Trazado con yeso y pintado con pintura lavable | | | |
| INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | Monofásico empotrados | | | |
| INSTALACIONES SANITARIAS | | Agua y Desague en tuberías de PVC | | | |
| 5. COMENTARIOS | | | | | |


 JOSÉ LUIS HUAROTO AGUILLO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 101872


 LUIS ALEXANDER SOTELO AYALA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 101872


 GERMAN WALTER EJARIIBE MUNOZ
 INGENIERO CIVIL
 Registro del Colegio de Ingenieros N° 102731

Anexo N° 4. Cálculos

Estimacion del peso del techo ligero

Estructura

| | |
|--|-----------------|
| $Do := 15 \cdot \text{cm}$ | Diametro |
| $Lo := 380 \cdot \text{m}$ | Longitud total |
| $yo := 0.71 \cdot \frac{\text{tonf}}{\text{m}^3}$ | Peso especifico |
| $peso1 := \frac{\pi \cdot Do^2}{4} \cdot Lo \cdot yo = 4.768 \text{ tonf}$ | Peso total |
| $masa1 := \frac{peso1}{g} = 0.486 \frac{\text{s}^2}{\text{m}} \cdot \text{tonf}$ | masa total |

Cobertura

| | |
|--|--|
| $Pu := 25 \cdot \text{kgf}$ | |
| $no := 100$ | |
| $peso2 := Pu \cdot no = 2.756 \text{ tonf}$ | |
| $masa2 := \frac{peso2}{g} = 0.281 \frac{\text{tonf} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$ | |

Resultados obtenidos del ETABS

Anexo N° 5. Solicitud de Permiso



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

"Trabaja
con la Fuerza
del Pueblo"

GERENCIA MUNICIPAL

Acraquia, 15 de Octubre de 2018

CARTA N°203 -2018/VGH/GM-MDA

Sres.
HUAMAN MISARI, EFRAIN ALEXANDER
NEYRA MOREYRA, CARLOS

Presente.-

ASUNTO : RESPUESTA A SU SOLICITUD

REFERENCIA: OPINION LEGAL N° 029-2018-ALM-ALE -MDA

De mi consideración;

Por intermedio del presente es grato dirigirme a su digna persona, para hacer llegar un cordial saludo a nombre de la Gerencia Municipal; y al mismo informarles que resulta procedente su solicitud, autorizando a los estudiantes **HUAMAN MISARI, EFRAIN ALEXANDER y NEYRA MOREYRA, CARLOS** del X Semestre de Ingeniería Civil de la Universidad Privada "Cesar Vallejo" para que desarrollen su investigación respecto del proyecto denominado "Propuesta de Reforzamiento antisísmico para edificaciones de adobe".

Sin otro en particular, aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente;

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ACRAQUIA
GERENCIA MUNICIPAL

ECON. VICTORIANO GALICIO HUAMAN
C.E.I. 08253
GERENTE MUNICIPAL

Anexo N° 6. Estudio de Mecánica de suelos



Calidad en Construcción

INFORME TÉCNICO N° 000095 – 2018 D.L.S.

A : CARLOS NEYRA MOREYRA & EFRAIN HUAMAN MISARI
 DE : DIVISION DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 ASUNTO : Remisión de Informe de Capacidad Portante en el Proyecto: Propuesta de Reforzamiento Antisísmico para Edificaciones de Adobe aplicado al Local Municipal en el distrito de Acráquia.
 FECHA : Lima, 06 de Octubre del 2,018

Es grato dirigirme a Ud., para manifestarle que adjunto al presente, se está remitiendo a su Despacho, el Informe Técnico de Laboratorio, para la determinación de la Capacidad Portante Admisible, obtenida en base al Estudio de Mecánica de Suelos, de acuerdo a las Normas ASTM y NTP, el cual será considerado en la ejecución del Proyecto: Propuesta de Reforzamiento Antisísmico para Edificaciones de Adobe aplicado al Local Municipal en el distrito de Acráquia, provincia de Tayacaja y departamento de Huancavelica.

En espera de la conformidad al presente, hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi consideración y estima.

Atentamente:

RAUL E. BACA CARRILLO
 INGENIERO CIVIL
 C.T.P. N° 8179

C.C.
 - ARCHIVO D.L.S.

Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
 Urb. Salamanca-Ate
 Lima 03 Perú
 (01)434-2189
 www.sermasol.com

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

1.0- OBJETIVO

El presente Informe Técnico de Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), realizado con fines de cimentación, tiene por objeto realizar una investigación del subsuelo del área de estudio para la construcción de una edificación, el cual se ha ejecutado mediante trabajos de exploración de campo, a través de caicatas (pozos a cielo abierto), con lo cual se han determinado las características físicas del tipo de suelo que conforma el Área de Estudio, proporcionándose la capacidad portante admisible y las recomendaciones generales, basados en el cumplimiento y concordancia con la Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), teniendo en cuenta las últimas modificaciones consideradas en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018).

2.0- UBICACIÓN

El Proyecto en mención, se encuentra ubicado en el Distrito Acraquia Provincia de Tayacaja y Departamento de Huancavelica.

3.0- CONDICIÓN CLIMÁTICA

La condición climática de la zona es cálida y templado predomina el frío soportable, por corresponder a una zona costera, que se encuentra sobre los 3259 msnm. La temperatura promedio anual es de 9 a 11°C, con un máximo estival anual de unos 20°C, El relieve del territorio huancavelicano ejerce una marcada influencia sobre la dinámica del clima, modificándola de distintas maneras. A mayor altitud el clima se vuelve más frío, muy seco, con fuertes variaciones de temperatura entre el día y la noche, frecuencia de heladas y presencia de hielo, nieve y granizo.

Las variaciones en cuanto a las precipitaciones, ocurre no solo en el año, sino entre los años, ya que pueden presentarse años con condiciones secas, intermedias y lluviosas.





Calidad en Construcción

4.0- GEOLOGÍA

Según el mapa geológico de Lima y reconocimiento del área de estudio, en el lugar existen depósitos de suelos aluviales pertenecientes al sistema cuaternario.

5.0- ZONIFICACIÓN SÍSMICA

El área de estudio se localiza en la zona 3 del mapa de zonificación sísmica del Perú y corresponde a la zona de alta sismicidad.



6.0- INVESTIGACIONES EFECTUADAS

Calicatas: Considerando las Normas para Calicatas ASTM D420 se determinó el Perfil Estratigráfico del Área de Estudio, con la exploración de tres calicatas, identificadas como se muestra en el cuadro y ubicadas convenientemente dentro del Área de Estudio.



Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
 Urb. Salamanca-Ate
 Lima 03 Perú
 (01)434-2189
www.sermasol.com



Calidad en Construcción

| Calicata | Prof. (m) | Ancho (m) | Largo (m) |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| C-1 | 2.90 | 1.10 | 1.30 |
| C-2 | 3.00 | 1.20 | 1.40 |
| C-3 | 3.00 | 1.40 | 1.40 |
| C-4 | 3.10 | 1.40 | 1.40 |

Clasificación de Suelos: Paralelamente al muestreo efectuado, se realizó el registro de las calicatas, anotándose las principales características del tipo de suelo predominante explorado, como espesor, humedad, plasticidad, siendo clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

7.0- ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron ensayos de campo y laboratorio para determinar las características físicas del material extraído del área de estudios, basándose en la Norma E.050 y normas ASTM. Los ensayos realizados se indican en la tabla siguiente:

| Ensayo | Norma | Cantidad |
|---|-------------|----------|
| Análisis granulométrico por tamizado | D422 | 4 |
| Límite líquido, límite plástico e Índice de plasticidad | D4318 | 4 |
| Clasificación de suelos, sistema SUCS | D2487 | 4 |
| Contenido de humedad | D2216 | 4 |
| Densidad in situ | D1556 | 4 |
| Determinación de cloruros | NTP 339.177 | 1 |
| Determinación de sulfatos | NTP 339.178 | 1 |
| Determinación de sales solubles totales | NTP 339.152 | 1 |

8.0- DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

En base a las pruebas de campo y ensayos de laboratorio, se tiene la siguiente conformación del suelo en el área de estudio:



Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
 Urb. Salamanca-Ate
 Lima 03 Perú
 (01)434-2189
www.sermasol.com



Calidad en Construcción

Superficialmente existe un relleno, mezcla de suelos finos y tierra e chacra, poco húmedo y compacidad suelta a semicompacto que se extiende hasta 1.00 m de profundidad. Subyace una arena pobremente gradada (SP), húmeda y semidensa que se extiende hasta 4.00 m.

Cabe indicar que las profundidades indicadas en el presente informe se refieren a la profundidad en que se extrajo la muestra a ensayar, realizando excavaciones a mayor profundidad de las señaladas para verificar si se trataba del estrato predominante y confirmar si la cimentación propuesta descansaría sobre el estrato hallado.

9.0- NIVEL FREÁTICO

Hasta la profundidad máxima de exploración (3.00 m), medido a partir del nivel de terreno actual, no se encontró el nivel freático.

10.0- ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

La edificación proyectada tiene 2 pisos. La estructura de la edificación estará conformada principalmente por muros de adobe con techos de calamina.

Arena limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas (SP) a partir de 0.40 m la cual es apropiada para que sirva de apoyo a la cimentación de la estructura proyectada.

De acuerdo a la configuración estructural de la edificación, cargas actuantes, tipo y condición del suelo de cimentación se ha previsto utilizar una cimentación superficial conformada por cimientos corridos y/o zapatas rectangulares.

La profundidad mínima de cimentación recomendable para la edificación es 1.5 m medido a partir del nivel 0 de la futura construcción (como referencia suelo existente actual)



Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ate
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com



Calidad en Construcción

La capacidad de carga última del suelo de cimentación se determinó mediante la teoría de Karl Terzaghi con parámetros de Vesic, considerando el análisis para cimientos corridos y zapatas rectangulares con la ecuación siguiente:

$$q_u = cN_c S_c + \gamma_1 D_f N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma S_\gamma \dots (1)$$

Considerando un ángulo de fricción de $\phi=17.5^\circ$, valor mínimo de ensayos de corte directo in situ realizados en el típico suelo arenoso, cohesión $c=0$, peso unitario del suelo de $\gamma = 2.10 \text{ t/m}^3$ y profundidad mínima de cimentación de $D_f=1.5 \text{ m}$, se obtiene la capacidad de carga última del suelo:

Cimientos corridos

$$q_u = 4.87 \text{ kg/cm}^2$$

Zapatas rectangulares

$$q_u = 5.32 \text{ kg/cm}^2$$

La capacidad portante admisible del suelo considerando un factor de seguridad por corte de 3.5 es:

$$q_a = q_u / 3.5$$

Por lo tanto:

Cimientos corridos

$$q_a = 1.39 \text{ kg/cm}^2$$

Zapatas rectangulares

$$q_a = 1.52 \text{ kg/cm}^2$$

En los suelos granulares, los asentamientos son elásticos y se producen de inmediato al colocar la carga sobre el suelo. En los suelos arenosos los asentamientos elásticos son menores a $\frac{1}{2}$ a 1 pulgada (1.27 a 2.54 cm), valor menor al permisible en zapatas (2.5 cm) recomendado para evitar daños en las estructuras de concreto armado.

11.0- EMPUJES DE SUELOS NATURALES

Los siguientes parámetros y coeficientes pueden ser utilizados para la verificación de estabilidad de las estructuras de contención:





Calidad en Construcción

| Parámetro | Valor |
|---|----------------------|
| Angulo de fricción (ϕ) | 17.5° |
| Cohesión (c) | 0 kg/cm ² |
| Coefficiente de presión en reposo (K_0) | 0.44 |
| Coefficiente de presión activa (K_a) | 0.28 |
| Coefficiente de presión pasiva (K_p) | 3.54 |
| Coefficiente de fricción (μ) | 0.42 |
| Profundidad de cimentación mínima (D_f) | 1.5 m |
| Peso unitario (γ) | 2.2 t/m ³ |

En el análisis estructural de las estructuras de contención se deberá considerar todas las cargas verticales y horizontales actuantes; incluyendo las cargas que transmiten las edificaciones cercanas.

12.0- PARÁMETROS PARA EL DISEÑO SISMORRESISTENTE

Según las condiciones geotécnicas del suelo en el área de estudio el perfil del suelo es tipo S2 y le corresponde los parámetros siguientes:

| Parámetro | Valor |
|---|-------|
| Factor de zona (Z) | 0.20 |
| Factor de amplificación del suelo (S) | 1.15 |
| Periodo que define la plataforma de amplificación sísmica (T_p) | 0.8 s |
| Periodo que define el inicio de la plataforma de amplificación sísmica con desplazamiento constante (T_L) | 2.0 s |



Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
 Urb. Salamanca-Ate
 Lima 03 Perú
 (01)434-2189
 www.sermasol.com



Calidad en Construcción

13.0- AGRESIVIDAD DEL SUELO

Resultados de Análisis Químicos.

| Calicata | Muestra | Prof. (m) | S.S.T. (ppm) | Cloruros (ppm) | Sulfatos (ppm) | PH |
|----------|---------|-------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----|
| C-1 | M-1 | 0.40 – 2.00 | 1321.00 | 385.10 | 271.89 | 7.7 |

De los resultados de los análisis químicos obtenidos, observamos que la concentración de sales cloruros y sulfatos, se encuentra por debajo de los valores permisibles teniendo como referencia el Cuadro N° 01, por lo que dicho suelo explorado no ocasionará un ataque por corrosión del acero del concreto de la cimentación.

CUADRO N° 01: ELEMENTOS QUÍMICOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACIÓN

| Presencia en el Suelo de : | p.p.m | Grado de Alteración | OBSERVACIONES |
|----------------------------|---------------|---------------------|--|
| * SULFATOS | 0 – 1000 | Leve | Ocasione un ataque químico al concreto de la cimentación |
| | 1000 - 2000 | Moderado | |
| | 2000 - 20,000 | Severo | |
| | >20,000 | Muy severo | |
| ** CLORUROS | > 6,000 | PERJUDICIAL | Ocasione problemas de corrosión de armaduras o elementos Metálicos |
| ** SALES SOLUBLES | > 15,000 | PERJUDICIAL | Ocasione problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de filtración |

* Comité 318-83 ACI
** Especificación Existente

Por todo lo expuesto se concluye usar el cemento tipo I para las estructuras de cimentación.

14.0- CONCLUSIONES

El área de estudio se ubica en el Distrito Acaquia, Provincia de Tayacaja y Departamento de Huancavelica.

El lote tiene forma rectangular y área de 450.00 m².



Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ato
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com



Calidad en Construcción

- La edificación proyectada tiene 2 pisos. La estructura de la edificación estará conformada principalmente por muros de adobe y techos de calamina.
- La capacidad portante admisible para cimientos corridos y zapatas rectangulares es 1.39 kg/cm^2 y 1.52 kg/cm^2 respectivamente con factor de seguridad por corte 3.5 y profundidad de cimentación mínima de 1.50 m medida a partir del nivel de fondo de piso.
- Los parámetros para el diseño de estructuras de contención son:

| Parámetro | Valor |
|---|-----------------------|
| Angulo de fricción (ϕ) | 17.5° |
| Cohesión (c) | 0 kg/cm ² |
| Coefficiente de presión en reposo (K_0) | 0.44 |
| Coefficiente de presión activa (K_a) | 0.28 |
| Coefficiente de presión pasiva (K_p) | 3.54 |
| Coefficiente de fricción (μ) | 0.42 |
| Profundidad de cimentación mínima (D_f) | 1.50 m |
| Peso unitario (γ) | 2.20 t/m ³ |

- Los parámetros para el diseño sismorresistente son:

| Parámetro | Valor |
|---|-------|
| Factor de zona (Z) | 0.20 |
| Factor de amplificación del suelo (S) | 1.05 |
| Periodo que define la plataforma de amplificación sísmica (T_p) | 0.6 s |
| Periodo que define el inicio de la plataforma de amplificación sísmica con desplazamiento constante (T_L) | 2.0 s |

15.0- RECOMENDACIONES

- Ejecutar la excavación masiva sin sobrepasar el fondo de cimentación de las edificaciones coadunantes ó hasta alcanzar la profundidad del nivel de piso proyectado (-1,50 m) si esta es menor.

Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
 Urb. Salamanca-Ate
 Lima 03 Perú
 (01)434-2189
 www.sermasol.com





Calidad en Construcción

La excavación a mayor profundidad se realizará según el proyecto de calzadura elaborado por el ejecutor de obra.

- En los suelos arenosos, para evitar el desprendimiento de las partículas del suelo de las paredes verticales expuestas se aplicara una lechada de cemento (agua/cemento=0.5) en toda la altura del corte. El talud de corte puede ser vertical si no hay sobrecargas en la corona y no se sobrepasa una altura de 3 m, el corte se realiza previa aprobación del Residente y/o Geotecnista.
- Impermeabilizar las estructuras que almacenen agua para evitar su infiltración en el suelo de cimentación.
- Por su exposición a la brisa marina, en la preparación de las mezclas de concreto de cemento Portland, utilizar cemento tipo I, relación agua/cemento menor a 0.5 y recubrimiento apropiado para proteger las armaduras de la corrosión.
- En ningún caso se debe cimentar en suelos inapropiados (suelo con restos orgánicos, o desmonte, rellenos o suelos naturales sueltos, suelos saturados y otros de características diferentes al suelo de cimentación descrito anteriormente) los cuales deberán ser removidos en su totalidad hasta alcanzar el estrato de suelo indicado para apoyar la cimentación.
- Las acciones de los trabajos y de los procedimientos constructivos que se ejecuten en la obra y que no tengan derivación alguna con las conclusiones y recomendaciones expuestas en el presente informe, serán de la entera responsabilidad del ejecutor de obra.

RAUL E. PACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179



16- ANEXOS:



ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL EXTRADIO

Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Selamanka-Ate
Lima 03 Peru
(01)434-2189
www.sermasol.com



CALICATA N° 01

Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ate
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com



Dirección: Calle Guerrero de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salinas - Arequipa
 Teléfono: 824-2196 - 967544664

| | | | | | |
|-------------------|--|---|---------------------------------|----------------------|----------|
| Obras: | Propuesta de Reforzamiento Armado para Edificaciones de Adobe aplicado al local Municipal en el distrito de Arequipa | CONTROL DE CALIDAD | Rev: | 0 | Fecha: |
| Contratista: | CARLOS NEYRA MOREYRA & EFRAIN HUAMAN MISA/RS | REGISTRO DE EXCAVACION PERFIL ESTRATIGRAFICO | Sub Contratista: | | |
| Procedencia: | Distrito de Arequipa, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa | | N° de muestra: | Muestra N° 01 | |
| Ubic. De muestra: | Calle Nro. 01 Prof. 0.30 a 2.90mts | | Cote de Muestra: | Propio de Excavación | |
| Fecha de ensayo: | 05/10/2010 | Muestreado por: | Teo. Juan Enrique Torres Zavala | Hoja: | 01 de 01 |

REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO

| PROF. (m.) | ESTRATO | | SIMBOLOGIA | CARACTERISTICAS FISICAS DE LA MUESTRA | CLASIF. | | GRANULOMETRIA | | | | W. NAT. |
|------------|---------|--------------|------------|--|---------|-----|---------------|-----------|-------------|----------|---------|
| | CAPA | ESPESOR (cm) | | | AASHTO | UCS | >2 | 2" - N° 4 | N° - N° 200 | < N° 200 | |
| 0.00 | 001 | 0.00 - 0.30 | | Relieve de limo arenoso, poco húmedo y suelo a semiconsolidado (limo de chacra). | | | | | | | |
| 0.30 | | | | | | | | | | | |
| | 002 | 0.30 - 2.90 | | SP: Arena pobremente gradada con gravas subredondeadas aisladas, húmeda y semidensa. | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 2.90 | | | | | | | | | | | |

Elaborado por:
 Nombre / Apellido: 
 Firma:  SERMASOL SAC
 D: _____
 N: _____
 A: _____

Aprobado por:
 Nombre / Puesto: 
 Firma:  NAUL E. BACA CARRILLO
 INGENIERO CIVIL
 C.R.T. N° 8179
 D: _____
 N: _____
 A: _____



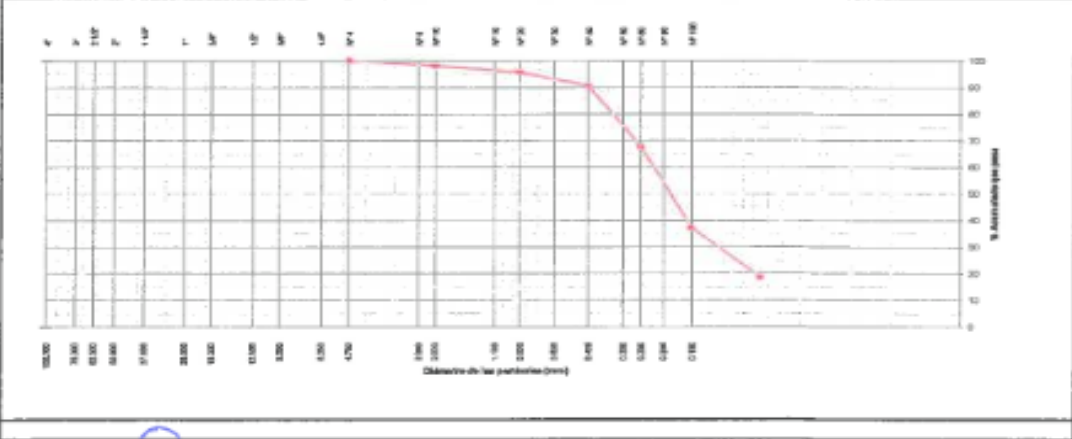
Sermasol
INFORME LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 CONCRETO, GEOTECNIA Y FUNDACIONES ESPECIALES

Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 779 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2189 - 987544804

| | | | |
|---|--|---|---------------|
| Obras: Proyecto de Reforzamiento Antisísmico para Edificaciones de Adobe aplicado al local Municipal en el distrito de Atejeje | CONTROL DE CALIDAD | Rev: 0 | Fecha: |
| Contratista: CARLOS NEYRA MOREYRA & IFRAN HUANAN MORA | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO | Sub-Contratista: | |
| Procedencia: Distrito de Atejeje, Provincia de Tarma, Departamento de Huancavelica | | N° de muestra: Muestra N° 01 | |
| Urb. de muestra: Calle Nro. 01 Prof. 0.30 a 2.90mts | ARTM D 422 - C 136 | Clase de Material: Fropio de Escavados | |
| Fecha de ensayo: 08/10/2018 | Muestreado por: Tes. Juan Enrique Torres Zavala | Hoja: 01 de 01 | |

Tramo y/o Límite que abarca:

| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | % Parcial Retenido | % Acumulado Retenido | % Acumulado que pasa | Especificaciones | Índice de Consistencia |
|---------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------------|--------------------------|
| 4" | 100.000 | | | | | | Peso inicial 606 |
| 3" | 75.000 | | | | | | |
| 2 1/2" | 62.500 | | | | | | |
| 2" | 50.000 | | | | | | Límite Líquido 17.26 |
| 1 1/2" | 37.500 | | | | | | |
| 1" | 25.000 | | | | | | Límite Plástico N. P. |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | Índice Plasticidad N. P. |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | Clas. AASHTO A-2-4 (S) |
| 3/8" | 9.500 | | | | | | Clas. SUCS SP |
| 5/16" | 6.250 | | | | | | Cont. Humedad 9.31 |
| N#4 | 4.750 | | | | 100.0 | | |
| N#6 | 2.990 | | | | | | |
| N#10 | 2.000 | 11.0 | 1.8 | 1.8 | 98.2 | | |
| N#16 | 1.180 | | | | | | |
| N#20 | 0.850 | 55.6 | 2.5 | 4.3 | 95.7 | | |
| N#30 | 0.600 | | | | | | |
| N#40 | 0.425 | 31.0 | 6.1 | 9.4 | 90.6 | | |
| N#60 | 0.250 | | | | | | % de Agregados |
| N#80 | 0.250 | 138.0 | 22.8 | 32.2 | 67.8 | | % Grava 0.0 |
| N#100 | 0.200 | | | | | | % Arena 81.6 |
| N#150 | 0.150 | 186.0 | 30.6 | 62.8 | 37.2 | | |
| N#200 | 0.075 | 113.0 | 18.7 | 81.3 | 18.7 | | % Fina 18.6 |
| < N#200 | | 112.0 | 18.5 | 100 | | | |



Elaborado por:

Nombre / Fundón: _____ D

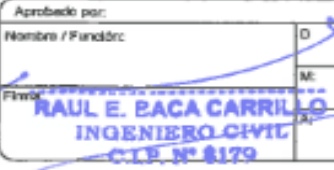
M:

Firma:  SERMASOL S.A.C. A:

Aprobado por:

Nombre / Fundón: _____ D

M:

Firma:  RAUL E. PACA CARRILLO INGENIERO CIVIL C.T.E. N° 8179 A:



Dirección: Calle Gerónimo de la Vega N° 775 - Of. 201 - Urb. Salerencia - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2180 - 987548824

| | | | | | | | |
|---------------------------------|--|---|---------------------------------|---|-----------------------|---------|--|
| Clima : | Proyecto de Reforzamiento Antitermico para Edificaciones de Adobe en el distrito de Acorchales | CONTROL DE CALIDAD | | Rev : | 0 | Fecha : | |
| Contratista : | CARLOS NERYA MOREYRA & OTYAN IZUMAN MORA | LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS | | Sob. Controlada: | | | |
| Procedencia: | Dpto. de Arequipa, Provincia de Tayacaja, Departamento de Huancavelica | | | N° de muestra : Muestra N° 01 | | | |
| Urb. del muestra: | Calles Nro. 01 Prof. 0.30 a 2.00mts | ASTM D 4318 | | Clase de Material : Propio de Excepción | | | |
| Fecha de ensayo : | 06/10/2010 | Muestreado por : | Tec. Juan Enrique Torres Zavala | | Hoja : 01 de 01 | | |
| Título y/o Línea que abarca: | | | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | | | |
| Prueba N° | 1° | 2° | 3° | 4° | | | |
| Recipiente N° | 1 | 2 | 3 | | | | |
| N° de golpes | 18 | 25 | 32 | | | | |
| Recipiente + Suelo Humedo | 48.55 | 47.70 | 50.20 | | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | 45.36 | 45.02 | 47.20 | | | | |
| Peso del Agua (gr) | 3.19 | 2.73 | 3.02 | | | | |
| Peso de Recipiente | 28.06 | 28.10 | 29.41 | | | | |
| Peso de Suelo Seco (gr) | 17.30 | 16.92 | 17.67 | | | | |
| % de Humedad | 18.44 | 17.15 | 18.34 | | | | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | | |
| Prueba N° | 1° | 2° | 3° | 4° | | | |
| Recipiente N° | | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Humedo | | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | | | | | | | |
| Peso del Agua (gr) | | | | | | | |
| Peso de Recipiente | | | | | | | |
| Peso de Suelo Seco (gr) | | | | | | | |
| % de Humedad | | | | | | | |
| HUMEDAD NATURAL | | | | | | | |
| Recipiente N° | 1 | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Humedo | 810 | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | 741 | | | | | | |
| Peso del Agua (gr) | 69 | | | | | | |
| Peso de Recipiente | 0 | | | | | | |
| Peso de Suelo Seco (gr) | 741 | | | | | | |
| % de Humedad | 9.3 | | | | | | |
| DIAGRAMA DE FLUIDEZ | | | | | Límite Líquido | | |
| | | | | | 17.20 | | |
| | | | | | Límite Plástico | | |
| | | | | | N. P. | | |
| | | | | | Índice de Plasticidad | | |
| | | | | | N. P. | | |
| | | | | | Humedad Natural | | |
| | | | | | 9.3 | | |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Elaborado por: | | |
| Nombre / Función: | | Dr. |
| | | M. |
| Firma: | | A. |

| | | |
|------------------------------|--|-----|
| Aprobado por: | | |
| Nombre / Función: | | Dr. |
| | | M. |
| Firma: | | |
| RAUL E. BACA CARRILLO | | |
| INGENIERO CIVIL | | |
| C.I.P. N° 8179 | | |



Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2188 - 997544304

PESO VOLUMETRICO DE AGREGADOS

OBRA : Propuesta de Reforzamiento Antisísmico para Edificaciones de Adobe aplicado al local Municipal en el distrito de Acráquia

UBICACIÓN : Distrito de Acráquia, Provincia de Tayacaja, Departamento de Huancavelica

MUESTRA : Calicata Nro. 01 Prof. 0.30 a 2.90mts

REALIZADO POR : Tec. Juan Enrique Torres Zavala

FECHA : sábado, 6 de Octubre de 2018

| DATOS DEL MOLDE | Peso (gr) | 8400 | Volumen (cm ³) | 3030 |
|---|-----------|---------|----------------------------|------|
| PESO VOLUMETRICO SUELTO | | | | |
| SONDAJE | I | II | III | |
| Muestra | M-1 | M-1 | M-1 | |
| Profundidad | 2.50mts | 2.50mts | 2.50mts | |
| Peso de la Muestra + Molde (gr) | 12640 | 12550 | 12670 | |
| Peso de la Muestra (gr) | 4240 | 4250 | 4270 | |
| Densidad (g/cm ³) | 1.369 | 1.403 | 1.409 | |
| PESO VOLUMETRICO SUELTO OBTENIDO | | | 1.404 | |
| PESO VOLUMETRICO COMPACTADO | | | | |
| SONDAJE | I | II | III | |
| Muestra | M-1 | M-1 | M-1 | |
| Profundidad | 2.50mts | 2.50mts | 2.50mts | |
| Peso de la Muestra + Molde (gr) | 13134 | 13163 | 13171 | |
| Peso de la Muestra (gr) | 4734 | 4763 | 4771 | |
| Densidad Humedad (g/cm ³) | 1.562 | 1.572 | 1.575 | |
| PESO VOLUMETRICO COMPACTADO OBTENIDO | | | 1.570 | |

Observaciones:

- Ninguna.

| | |
|-------------------|----|
| Elaborado por: | D |
| Nombre / Función: | NE |
| Firma: | AC |

| | |
|------------------------------|---|
| Aprobado por: | D |
| Nombre / Función: | M |
| Firma: | |
| RAUL E. BACA CARRILLO | |
| INGENIERO CIVIL | |
| C.P. N° 8179 | |



CALICATA N° 02

Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ate
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com




Sermasol
 ORGANISMO DE INVESTIGACIONES DE MECÁNICA DE SUELOS,
 CEMENTO, ADA Y OTRAS FERRAMENTAS

Dirección: Calle González de la Vega N° 178 - Of. 201 - Urb. Salaverry - Ate Vitarte
 Teléfono: 434-2189 - 987944804

| | | | | | |
|--------------------|---|---|---------------------------------|----------------------|----------|
| Obras: | Propuesta de Reforzamiento Armado para Edificaciones de Adobe aplicando el local Municipal en el distrito de Acriquia | CONTROL DE CALIDAD | Rev: | 0 | Fecha: |
| Controlista : | CARLOS NEYRA MOREYRA & SFRAN HUANAN MIBARI | REGISTRO DE EXCAVACION PERFIL ESTRATIGRAFICO | Sub Controlista: | | |
| Procedencia: | Distrito de Acriquia, Provincia de Tarma, Departamento de Huancavelica | | Nº de muestra: | Muestra Nº 01 | |
| Ubic. De muestreo: | Calle Nro. 02 Prof. 0.30 a 3.00mts | | Clase de Material: | Fragto de Excavacion | |
| Fecha de ensayo: | 06/10/2018 | Muestreado por: | Tec. Juan Enrique Torres Zavala | Hoja: | 01 de 01 |

REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO

| PROF. (m) | ESTRATO | | SIMBOLOGIA | CARACTERISTICAS FISICAS DE LA MUESTRA | CLASIF. | | GRAMULOMETRIA | | | W. NAT. |
|-----------|---------|--------------|--|--|---------|------|---------------|-----------|---------------|---------|
| | CAPA | ESPESOR (cm) | | | AASHTO | SUCS | >2 | 2" - Nº 4 | Nº 4 - Nº 200 | |
| 0.00 | 001 | 0.00 - 0.30 | | Relleno de limo arenoso, poco húmedo y suelto a semicomacto (tierra de chacra). | | | | | | |
| 0.30 | | | | | | | | | | |
| | 002 | 0.30 - 3.00 |  | SP: Arena pobremente gradada con gravas subredondeadas abisadas, húmeda y semidensa. | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | | |

Elaborado por:

Nombre / Firma: 

D: _____

M: _____

A: _____



Aprobado por:

Nombre / Firma: 

D: _____

M: _____

A: _____

RAUL E. EACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
G.P. N° 8179

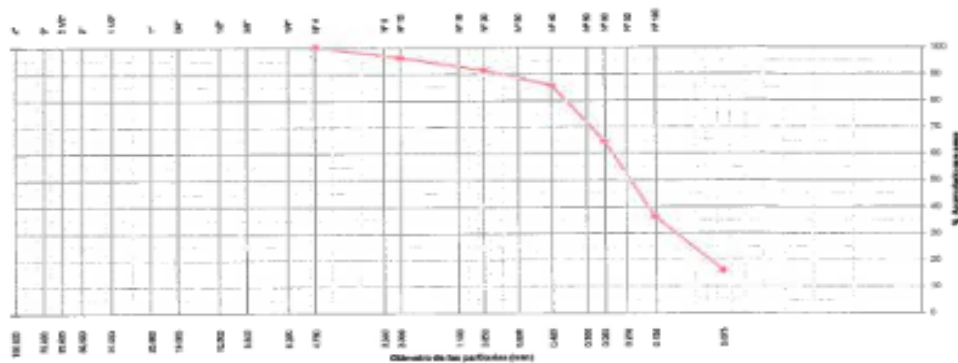


Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Solimencia - Ate Vitarte
 Teléfono: 434-2189 - 987544504

| | | | | |
|----------------------|--|---|--|---------|
| Obra : | Propuesta de Reforcimiento Armado para Edificaciones de Adobe adosado al local Municipal en el distrito de Acajuga | CONTROL DE CALIDAD | Rev: 0 | Fecha : |
| Contratista : | CARLOS HEYRA MOREYRA & EFRAIN HUAMAN MISARI | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO | Sub Contratista : | |
| Procedencia : | Dirección de Acajuga, Provincia de Tarma, Departamento de Huancavelica | | Nº de muestra : Muestra N° 01 | |
| Ubic. del muestreo : | Calle Nro. 82, Pst. 6.30 a 3.00ms | ASTM D 422 - C 136 | Clase de Material : Propto de Excavacion | |
| Fecha de ensayo : | 06/10/2010 | Muestreado por : Tco. Juan Enrique Torres Zavala | Hoja : 01 de 01 | |

Título y/o Usos que abarca:

| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | % Pared Retenido | % Acumulado Retenido | % Acumulado que pasa | Especificaciones | Índice de Consistencia |
|---------|---------------|--------------------|------------------|----------------------|----------------------|------------------|--------------------------|
| 4" | 100.000 | | | | | | Peso Inicial 840 |
| 3" | 75.000 | | | | | | |
| 2 1/2" | 62.500 | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 37.500 | | | | | | Límite Líquido 16.96 |
| 1" | 25.000 | | | | | | |
| 3/4" | 18.000 | | | | | | Límite Plástico N. P. |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | Índice Plasticidad N. P. |
| 3/8" | 9.500 | | | | | | Clas. AASHTO A-2-4 (R) |
| 1/4" | 6.250 | | | | | | Clas. UC65 SP |
| N# | 4.750 | | | | 100.0 | | Cont. Humedad 5.41 |
| N#5 | 2.500 | | | | | | % de Agregación |
| N#10 | 2.000 | 26.0 | 3.0 | 3.9 | 96.1 | | % Grava 0.0 |
| N#20 | 0.850 | 30.0 | 4.7 | 8.6 | 91.4 | | % Arena 64.2 |
| N#40 | 0.425 | 37.0 | 6.9 | 14.4 | 85.6 | | % Fino 15.8 |
| N#60 | 0.250 | 126.0 | 21.1 | 56.5 | 43.5 | | |
| N#80 | 0.200 | | | | | | |
| N#100 | 0.150 | 182.0 | 28.4 | 65.9 | 34.1 | | |
| N#200 | 0.075 | 130.0 | 20.3 | 84.2 | 15.8 | | |
| < N#200 | | 101.0 | 15.8 | 100 | | | |



Elaborado por:

Nombre / Función: _____ D

Firma: _____ M

_____ A




Aprobado por:

Nombre / Función: _____ D

Firma: _____ M

RAUL E. BACA CARRILLO
 INGENIERO CIVIL
 C.T.P. N° 8179



Sermasol
DIVISION DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
INGENIERIA, AGUAYO Y SAN PEDRO DE MACORIS

Dirección: Calle González de la Vega N° 775 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vileta
Teléfono: 434-2183 - 967544804

| | | | |
|--------------------|--|---|--|
| Obra : | Propuesta de Replanteo Anticiclónico para Dificultades de Adhesión al nivel Municipal en el barrio de Acopiado | CONTROL DE CALIDAD | Rev : 0 Fecha : |
| Contratista : | CARLOS MEYRA MOREYRA & ERWIN HELAMAN BESARÉ | LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS | Sub Contratista: |
| Procedencia: | Ciudad de Acopiado, Provincia de Tuyucaje, Departamento de Nariño | | N° de muestra : Muestra N° 01 |
| Ubic. del muestra: | Calle No. 62 Punt. 3.30 a 3.00mts | ASTM D 4318 | Clas de Material : Propio de Excesivos |
| Fecha de ensayo : | 06/10/2018 | Muestreado por : Tsc. Juan Esteban Torres Zúñiga | Foja : 01 de 01 |

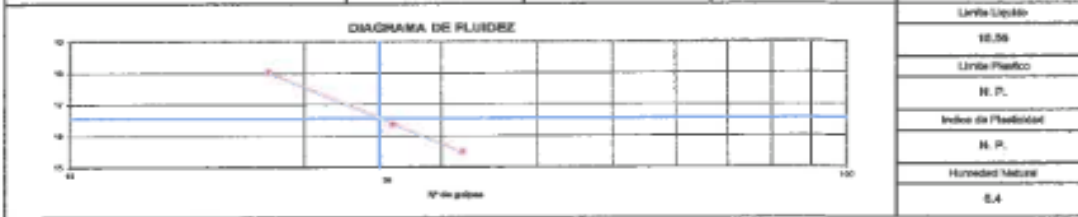
Título y/o
Línea que abarca:

| LIMITE LIQUIDO | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|----|
| Prueba N° | 1° | 2° | 3° | 4° |
| Recipiente N° | 1 | 2 | 3 | |
| N° de golpes | 15 | 25 | 30 | |
| Recipiente + Suelo Humedo | 49.05 | 47.24 | 48.99 | |
| Recipiente + Suelo Seco | 45.42 | 45.12 | 47.23 | |
| Peso del Agua (gr) | 3.13 | 2.82 | 2.76 | |
| Peso de Recipiente | 29.06 | 29.10 | 29.41 | |
| Peso de Suelo Seco (gr) | 17.26 | 16.62 | 17.82 | |
| % de Humedad | 13.02 | 16.35 | 15.49 | |

| LIMITE PLASTICO | | | | |
|---------------------------|----|----|----|----|
| Prueba N° | 1° | 2° | 3° | 4° |
| Recipiente N° | | | | |
| Recipiente + Suelo Humedo | | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | | | | |
| Peso del Agua (gr) | | | | |
| Peso de Recipiente | | | | |
| Peso de Suelo Seco (gr) | | | | |
| % de Humedad | | | | |

No Presenta

| HUMEDAD NATURAL | | | | |
|---------------------------|-----|--|--|--|
| Recipiente N° | 1 | | | |
| Recipiente + Suelo Humedo | 780 | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | 740 | | | |
| Peso del Agua (gr) | 40 | | | |
| Peso de Recipiente | 9 | | | |
| Peso de Suelo Seco (gr) | 740 | | | |
| % de Humedad | 5.4 | | | |



Observaciones:

| | |
|-------------------|----|
| Elaborado por: | D: |
| Nombre / Función: | M: |
| Firma: | A: |



| | |
|-------------------|----|
| Aprobado por: | D: |
| Nombre / Función: | M: |
| Firma: | A: |

RAUL E. BACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179

| |
|---|
|  Sermasol <small>SEVICIOS DE LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS</small> |
| Dirección: Calle Gerónimo de la Vega N° 77B - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ato Mito Teléfono: 434-2189 - 987544804 |

PESO VOLUMETRICO DE AGREGADOS

OBRA : Propuesta de Reforzamiento Antisísmico para Edificaciones de Adobe aplicado al local Municipal en el distrito de Acrequia
UBICACIÓN : Distrito de Acrequia, Provincia de Tayacaja, Departamento de Huancavelica
MUESTRA : Calicata Nro. 02 Prof. 0.30 a 3.00mts
REALIZADO POR : Tec. Juan Enrique Torres Zavala
FECHA : sábado, 6 de Octubre de 2018

| DATOS DEL MOLDE | | Peso (gr) | 8400 | Volumen (cm ³) | 3030 |
|---|---------|-----------|---------|----------------------------|--------------|
| PESO VOLUMETRICO SUELTO | | | | | |
| SONDAJE | I | II | III | | |
| Muestra | M-1 | M-1 | M-1 | | |
| Profundidad | 2.50mts | 2.50mts | 2.50mts | | |
| Peso de la Muestra + Molde (gr) | 12890 | 12792 | 12888 | | |
| Peso de la Muestra (gr) | 4290 | 4302 | 4288 | | |
| Densidad (g/cm ³) | 1.416 | 1.420 | 1.415 | | |
| PESO VOLUMETRICO SUELTO OBTENIDO | | | | : | 1.417 |
| PESO VOLUMETRICO COMPACTADO | | | | | |
| SONDAJE | I | II | III | | |
| Muestra | M-1 | M-1 | M-1 | | |
| Profundidad | 2.50mts | 2.50mts | 2.50mts | | |
| Peso de la Muestra + Molde (gr) | 13150 | 12187 | 13204 | | |
| Peso de la Muestra (gr) | 4709 | 4787 | 4804 | | |
| Densidad Humedad (g/cm ³) | 1.571 | 1.580 | 1.585 | | |
| PESO VOLUMETRICO COMPACTADO OBTENIDO | | | | : | 1.578 |

Observaciones:

- Ninguna.

| | | |
|--------------------------------|--|----|
| Elaborado por: DE SUJES | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

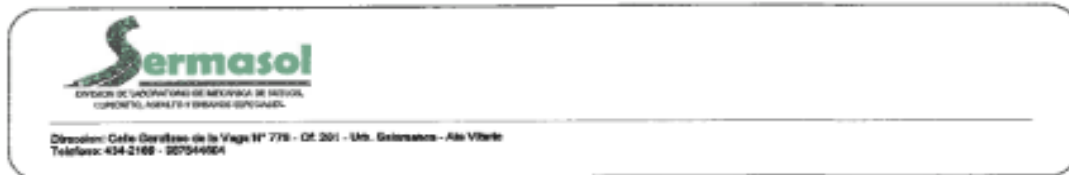
| | | |
|-------------------|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

RAUL E. BACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179



CALICATA N° 03

Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ate
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com




| | | | | | |
|-------------------|--|---|---------------------------------|----------------------|----------|
| Otro: | Propuesta de Reforzamiento Armado para Edificación de Adobe aplicado al local Municipal en el distrito de Acahuasi | CONTROL DE CALIDAD | Rev: 0 | Fecha: | |
| Controlista: | CARLOS MEYRA MOREYRA & EFRAIN HUAMAN BARRI | REGISTRO DE EXCAVACION PERFIL ESTRATIGRAFICO | Sub Controlista: | | |
| Procedencia: | Distrito de Acahuasi, Provincia de Tarma, Departamento de Huancavelica | | MP de muestra: | Muestra N° 01 | |
| Ubic. De muestra: | Calle N° 03 Prof. 0.40 a 3.00mts | | Clase de Material: | Propio de Excavacion | |
| Fecha de ensayo: | 05/10/2018 | Muestreado por: | Teo. Juan Enrique Torres Zavala | Hojas: | 01 de 01 |

REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO

| PROF. (m.) | ESTRATO | | SIMBOLOGIA | CARACTERISTICAS FISICAS DE LA MUESTRA | CLASIF. | | GRANULOMETRIA | | | | W. NAT. |
|------------|---------|--------------|------------|--|---------|-----|---------------|---------|---------------|----------|---------|
| | CAPA | ESPESOR (cm) | | | AASHTO | UCS | >2 | 2" - 4" | Nº 4 - Nº 200 | < Nº 200 | |
| 0.00 | 001 | 0.00 - 0.40 | | Refrero de limo arenoso, poco húmedo y suito a semicompacto (tierra de chacra). | | | | | | | |
| 0.40 | | | | | | | | | | | |
| | 002 | 0.40 - 3.00 | | SP: Arena potremente gradada con gravas subredondeadas aisladas, húmeda y semidensa. | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | | | |

Elaborado por:
 Nombre y Función:
 Firma: **SERMASOL SAC**
 D:
 M:
 A:

Aprobado por:
 Nombre / Función:
 Firma: **RAUL E. BACA CARRILLO**
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179
 D:
 M:



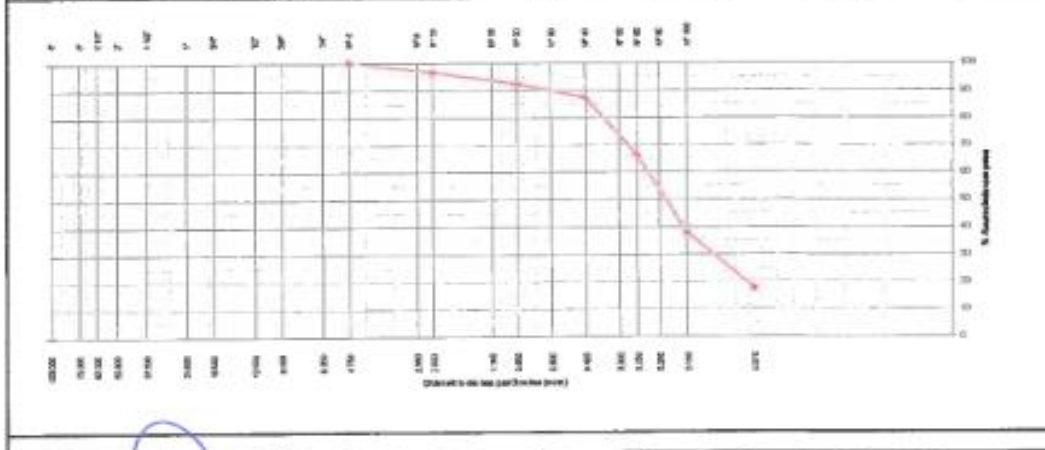
Sermasol
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES DE SUELOS,
 COMITÉ NACIONAL DE TIENDAS ESPECIALIZADAS

Directorio: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - CE 201 - Urb. Salamanca - Ala Vitaris
 Telefono: 434-2100 - 967544834


| | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|--------|
| Objeto: | Propuesta de Reforzamiento Apoyante para Edificaciones de Adobe aplicado al local Municipal en el distrito de Acarigua | CONTROL DE CALIDAD | Rev: | 0 | Fecha: |
| Comitente: | CARLOS MEYRA MOREYRA & STYAN HUAMAN MISAU | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO | Sub Comitente: | | |
| Procedencia: | Distrito de Acarigua, Páramo de Tepeacotán, Departamento de Hatochiguá | | N° de muestra: Muestra N° 01 | | |
| Uso del material: | Calicla fina 05 Pct. 0.40 a 0.0075 | ASTM D 422 - C 106 | Clase de Material: Propto de Extracción | | |
| Fecha de ensayo: | 08/10/2018 | Elaborado por: Tec. Juan Enrique Torres Zavala | Hoja: 01 de 01 | | |

Título y/o
Línea que abarca:

| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | % Parcial Retenido | % Acumulado Retenido | % Acumulado que pasa | Especificaciones | Índice de Consistencia |
|---------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|------------------------|
| 4" | 100.000 | | | | | | Peso Inicial 850 |
| 3" | 75.000 | | | | | | |
| 2 1/2" | 62.500 | | | | | | |
| 2" | 50.000 | | | | | | |
| 1 1/2" | 37.500 | | | | | | Límite Líquido 76.67 |
| 1" | 25.000 | | | | | | Límite Plástico N.P. |
| 3/4" | 18.750 | | | | | | Índice Plastico N.P. |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | Clas. AASHTO A-2-4 (6) |
| 3/8" | 9.375 | | | | | | Clas. SUCS 5* |
| 1/4" | 6.250 | | | | 100.0 | | Cont. Humedad 5.21 |
| N#4 | 4.750 | | | | | | |
| N#6 | 2.500 | | | | | | |
| N#10 | 2.000 | 21.0 | 3.3 | 3.3 | 96.7 | | |
| N#16 | 1.190 | | | | | | |
| N#20 | 0.850 | 26.0 | 4.4 | 7.8 | 92.2 | | |
| N#30 | 0.600 | | | | | | |
| N#40 | 0.425 | 31.0 | 4.6 | 12.7 | 87.3 | | % de Agujeros |
| N#50 | 0.300 | | | | | | |
| N#60 | 0.250 | 132.0 | 21.0 | 33.7 | 66.3 | | % Grava 0.0 |
| N#80 | 0.200 | | | | | | % Arena 82.5 |
| N#100 | 0.150 | 176.0 | 26.4 | 60.1 | 39.9 | | % Fina 17.5 |
| N#200 | 0.075 | 129.0 | 20.8 | 80.9 | 19.1 | | |
| < N#200 | | 110.0 | 17.5 | 100 | | | |



Elaborado por:
 Nombre / Función: _____ D:
 _____ M:
 Firma: _____ A:


Aprobado por:
 Nombre / Función: _____ D:
 _____ M:
 Firma: **RAUL E. BACA CARRILLO**
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179




Dirección: Calle Garcés de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Alta Verapaz
 Teléfono: 434-2189 - 987644804

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|----------------|-------|-----------------|-------|-----------------------|-------|-----------------|-----|
| Objeto: | Proyecto de Reforzamiento Armado para Edificaciones de Adobe aplicadas al local Municipal en el barrio de Antigua | CONTROL DE CALIDAD | Rev: 0 | Fecha: | | | | | | | | |
| Controlado: | CARLOS HEYRA MORAÑA & CITRAN HUMAH MSAJ | LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS | Sub Controlado: | | | | | | | | | |
| Procedencia: | Dirección de Antigua, Provincia de Totonicapán, Departamento de Guatemala | | Nº de muestra: | Muestra Nº 01 | | | | | | | | |
| Ubic. del material: | Calle No. 63 Prof. 6.40 a 3.00mts | ASTM D 4318 | Clase de Material: Píedra de Escavación | | | | | | | | | |
| Fecha de ensayo: | 09/02/16 | Muestreado por: Tec. Juan Enrique Torres Zavala | Hoja: 01 de 01 | | | | | | | | | |
| Título y Línea que abarca: | | | | | | | | | | | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | | | | | | | | | | | | |
| Prueba Nº | 1º | 2º | 3º | 4º | | | | | | | | |
| Recipiente Nº | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | |
| Nº de golpes | 18 | 26 | 32 | | | | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Húmedo | 49.51 | 47.72 | 49.30 | | | | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | 46.40 | 45.10 | 47.21 | | | | | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 3.11 | 2.62 | 2.77 | | | | | | | | | |
| Peso de Recipiente | 29.06 | 29.10 | 28.41 | | | | | | | | | |
| Peso de Suelo Seco (g) | 17.34 | 16.00 | 17.50 | | | | | | | | | |
| % de Humedad | 17.84 | 16.25 | 15.56 | | | | | | | | | |
| LÍMITE PLÁSTICO | | | | | | | | | | | | |
| Prueba Nº | 1º | 2º | 3º | 4º | | | | | | | | |
| Recipiente Nº | | | | | | | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Húmedo | | | | | | | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | | | | | | | | | | | | |
| Peso del Agua (g) | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Recipiente | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Suelo Seco (g) | | | | | | | | | | | | |
| % de Humedad | | | | | | | | | | | | |
| HUMEDAD NATURAL | | | | | | | | | | | | |
| Recipiente Nº | 1 | | | | | | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Húmedo | 790 | | | | | | | | | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | 741 | | | | | | | | | | | |
| Peso del Agua (g) | 38 | | | | | | | | | | | |
| Peso de Recipiente | 0 | | | | | | | | | | | |
| Peso de Suelo Seco (g) | 741 | | | | | | | | | | | |
| % de Humedad | 5.3 | | | | | | | | | | | |
| | | | | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Límite Líquido</td><td>15.57</td></tr> <tr><td>Límite Plástico</td><td>N. P.</td></tr> <tr><td>Índice de Plasticidad</td><td>N. P.</td></tr> <tr><td>Humedad Natural</td><td>5.3</td></tr> </table> | Límite Líquido | 15.57 | Límite Plástico | N. P. | Índice de Plasticidad | N. P. | Humedad Natural | 5.3 |
| Límite Líquido | 15.57 | | | | | | | | | | | |
| Límite Plástico | N. P. | | | | | | | | | | | |
| Índice de Plasticidad | N. P. | | | | | | | | | | | |
| Humedad Natural | 5.3 | | | | | | | | | | | |

Elaborado por: **RAUL E. BACA CARRILLO**
 Nombre / Función: **INGENIERO CIVIL**
 Firma: *[Firma]*
 D:
 M:
 A:

Aprobado por: **RAUL E. BACA CARRILLO**
 Nombre / Función: **INGENIERO CIVIL**
 Firma: *[Firma]*
 D:
 M:
 A:
C.I.P. N° 8179



Dirección: Calle Garduño de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ato Vitarte
Teléfono: 434-2189 - 88754854

PESO VOLUMETRICO DE AGREGADOS

OBRA : Propuesta de Reforzamiento Antisísmico para Edificaciones de Adobe aplicado al local Municipal en el distrito de Acaquí

UBICACIÓN : Distrito de Acaquí, Provincia de Tayacaja, Departamento de Huancavelica

MUESTRA : Calicata Nro. 03 Prof. 0.40 a 3.00mts

REALIZADO POR : Tec. Juan Enrique Torres Zavala

FECHA : sábado, 6 de Octubre de 2018

| DATOS DEL MOLDE | | Peso (gr) | 8400 | Volumen (cm ³) | 3030 |
|---|---------|-----------|---------|----------------------------|------|
| PESO VOLUMETRICO SUELTO | | | | | |
| SONDAJE | I | II | III | | |
| Muestra | M-1 | M-1 | M-1 | | |
| Profundidad | 2.00mts | 2.00mts | 2.00mts | | |
| Peso de la Muestra + Molde (gr) | 12660 | 12672 | 12600 | | |
| Peso de la Muestra (gr) | 4200 | 4272 | 4080 | | |
| Densidad (g/cm ³) | 1.408 | 1.410 | 1.409 | | |
| PESO VOLUMETRICO SUELTO OBTENIDO | | | | 1.408 | |
| PESO VOLUMETRICO COMPACTADO | | | | | |
| SONDAJE | I | II | III | | |
| Muestra | M-1 | M-1 | M-1 | | |
| Profundidad | 2.00mts | 2.00mts | 2.00mts | | |
| Peso de la Muestra + Molde (gr) | 13139 | 13188 | 13183 | | |
| Peso de la Muestra (gr) | 4739 | 4768 | 4783 | | |
| Densidad Humedad (g/cm ³) | 1.564 | 1.574 | 1.579 | | |
| PESO VOLUMETRICO COMPACTADO OBTENIDO | | | | 1.572 | |

Observaciones:

- Ninguna.

| | |
|-------------------|----|
| Elaborado por: | D |
| Nombre / Función: | M: |
| Firma: | A: |

SERMASOL SAC

| | |
|-------------------|----|
| Aprobado por: | D |
| Nombre / Función: | M: |
| Firma: | A: |

RAUL E. BACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179



CALICATA N° 04

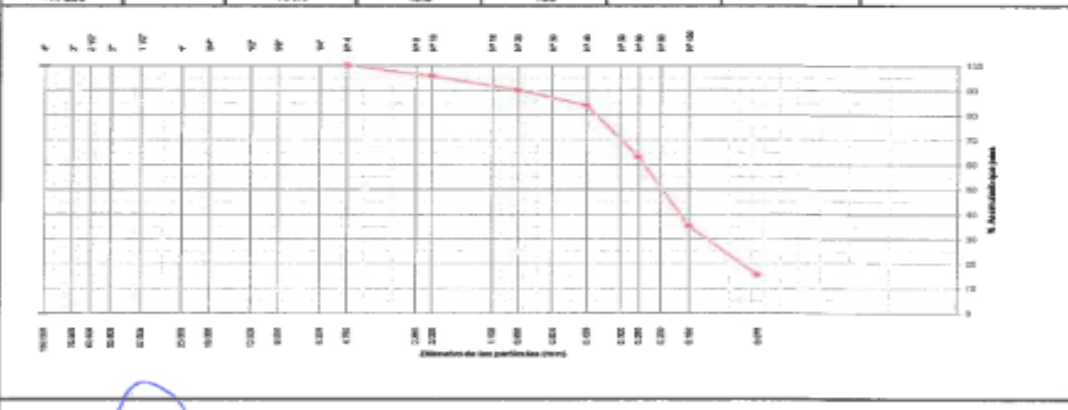
Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ate
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com



Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Alta Urbate
 Teléfono: 434-2189 - 987544804

| | | | | |
|---------------------|---|--|--|----------------|
| Obras: | Proyecto de Reforzamiento Antideslizante para Edificaciones de Adobe ubicado al local Municipal en el distrito de Andahuaylas | CONTROL DE CALIDAD | Rev: 0 | Fecha: |
| Contratista: | CARLOS NEYRA MOREYRA & SPRUAN HUAMAN MISARI | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO | Sub Contratista: | |
| Procedencia: | DISEÑO de Andahuaylas, Provincia de Tarma, Departamento de Huancavelica | | N° de muestra: | Muestra N° 01 |
| Ubic. del muestreo: | Calicata Nro. 04 Prof. 0,45 a 3,15mts | ASTM D-422 - C 134 | Clase de Material: Projo de Escavacion | |
| Fecha de ensayo: | 06/10/2018 | Muestreo por: | Tec. Juan Enrique Torres Zavala | Hoja: 01 de 01 |

| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | % Parcial Retenido | % Acumulado Retenido | % Acumulado que pasa | Especificaciones | Índice de Consistencia |
|---------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------------------|
| 4" | 100.000 | | | | | | Peso Inicial 578 |
| 3" | 75.000 | | | | | | |
| 2 1/2" | 62.500 | | | | | | |
| 2" | 50.000 | | | | | | |
| 1 1/2" | 37.500 | | | | | | Límite Líquido 16.06 |
| 1" | 25.000 | | | | | | Límite Plástico N. P. |
| 3/4" | 18.750 | | | | | | Índice Plastico N. P. |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | Clas. AAGRITO A - 2 - 4 (00) |
| 3/8" | 9.375 | | | | | | Clas. SUCB SP |
| 1/4" | 6.250 | | | | | | CONT. Humedad 5.56 |
| NP4 | 4.750 | | | | 100.0 | | |
| NP8 | 2.300 | | | | | | |
| NP10 | 2.000 | 29.0 | 4.3 | 4.3 | 95.7 | | |
| NP15 | 1.100 | | | | | | |
| NP20 | 0.850 | 38.0 | 6.6 | 9.9 | 90.1 | | |
| NP30 | 0.600 | | | | | | |
| NP40 | 0.425 | 42.0 | 7.2 | 15.1 | 83.8 | | |
| NP50 | 0.300 | | | | | | % de Aprobados |
| NP60 | 0.250 | 141.0 | 24.6 | 38.9 | 61.1 | | N Orta 0.0 |
| NP80 | 0.200 | | | | | | N Azua 84.7 |
| NP100 | 0.150 | 180.0 | 31.2 | 64.7 | 35.3 | | N Fino 15.3 |
| NP200 | 0.075 | 135.0 | 23.3 | 84.7 | 15.3 | | |
| < NP200 | | 104.0 | 18.2 | 100 | | | |



Elaborado por:
 Nombre / Función: _____
 Firm: **SERMASOL SAC**
 D
 M
 A

Aprobado por:
 Nombre / Función: _____
 Firm: **RAUL E. BACA CARRILLO**
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 8179
 D
 M
 A



Sermasol
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES MECANICAS DE SUELOS,
 CONCRETO, ACEROS Y MATERIAS PLASTICAS.

Dirección: Calle Garduño de la Vega N° 776 - Of. 201 - Urb. Belmarco - Ate Vitarte
 Teléfono: 434-2158 - 987544804

| | | | | | |
|-------------------|---|---|---------------------------------|----------------------|----------|
| Objeto: | Proyecto de Reforzamiento Análisis para Edificios de Atebe aplicado al local Municipal en el distrito de Acochoca | CONTROL DE CALIDAD | Rev: 0 | Fecha: | |
| Controlista: | CARLOS NEYRA MOREYRA & EFRAIN HUAMAN MORA | REGISTRO DE EXCAVACION PERFIL ESTRATIGRAFICO | Sub Controlista: | | |
| Procedencia: | Districto de Acochoca, Provincia de Tarma, Departamento de Huancavelica | | Nº de muestra: | Muestra Nº 01 | |
| Ubic. De muestra: | Calle Nro. 04 Prof. 0.40 a 3.10mts | | Clase de Material: | Propio de Excavacion | |
| Fecha de ensayo: | 05/10/2018 | Muestreado por: | Tec. Juan Enrique Torres Zavala | Hoja: | 01 de 01 |

REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO

| PROF. (m.) | ESTRATO | | SIMBOLOGIA | CARACTERISTICAS FISICAS DE LA MUESTRA | CLASIF. | | GRANULOMETRIA | | | | W. MAT. |
|------------|---------|--------------|--|---|---------|------|---------------|-----------|---------------|----------|---------|
| | CAPA | ESPESOR (cm) | | | AASHTO | SUCS | >2" | 2" - Nº 4 | Nº 6 - Nº 200 | < Nº 200 | |
| 0.00 | 001 | 0.00 - 0.40 | | Relleno de limo arenoso, poco húmedo y suelo a semicomacto (tierra de chacra). | | | | | | | |
| 0.40 | | | | | | | | | | | |
| | 002 | 0.40 - 3.10 |  | SP: Arena pobremente gradada con gravas subredondeadas aisladas, húmeda y serriceras. | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 3.10 | | | | | | | | | | | |

Elaborado por:

Nombre / Función:

Firma:



D:
M:
A:

Aprobado por:

Nombre / Función:

Firma:

RAUL E. BACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179

D:
M:
A:



Dirección: Calle González de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2189 - 907544004

| | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|---------------|--------|
| Obras: | Proyecto de Reforzamiento Antisísmico para Edificaciones de Adobe ubicado al final Mariscal en el distrito de Ate Vitarte | CONTROL DE CALIDAD | Rev: | 0 | Fecha: |
| Controlado: | CARLOS NEYRA MOREYRA & IFRAN HUAMAN MBAN | LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS | Dib. Contratista: | | |
| Procedencia: | USCO S.A. Arequipa, Provincia de Tarma, Departamento de Huancavelica | | N° de muestra: | Muestra N° 01 | |
| Ubic. del material: | Calle Nro. 04 Pte. S. 60 e 3.18mts | ASTM D 4318 | Clase de Material: Fregote de Escavacion | | |
| Fecha de ensayo: | 06/10/2016 | Muestreado por: | Tec. Juan Enrique Torres Zavala | | Hoja: |
| Título y/o línea que abarca: | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | |
| Prueba N° | 1° | 2° | 3° | 4° | |
| Recipiente N° | 1 | 2 | 3 | | |
| N° de golpes | 18 | 28 | 32 | | |
| Recipiente + Suelo Humedo | 40.49 | 47.68 | 49.92 | | |
| Recipiente + Suelo Seco | 45.64 | 45.14 | 47.25 | | |
| Peso del Agua (gr) | 3.05 | 2.94 | 2.67 | | |
| Peso de Recipiente | 29.98 | 29.10 | 29.41 | | |
| Peso de Suelo Seco (gr) | 17.38 | 16.64 | 17.84 | | |
| % de Humedad | 17.56 | 15.84 | 14.97 | | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | |
| Prueba N° | 1° | 2° | 3° | 4° | |
| Recipiente N° | | | | | |
| Recipiente + Suelo Humedo | | | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | | | | | |
| Peso del Agua (gr) | | | | | |
| Peso de Recipiente | | | | | |
| Peso de Suelo Seco (gr) | | | | | |
| % de Humedad | | | | | |
| HUMEDAD NATURAL | | | | | |
| Recipiente N° | 1 | | | | |
| Recipiente + Suelo Humedo | 779 | | | | |
| Recipiente + Suelo Seco | 738 | | | | |
| Peso del Agua (gr) | 41 | | | | |
| Peso de Recipiente | 0 | | | | |
| Peso de Suelo Seco (gr) | 738 | | | | |
| % de Humedad | 5.6 | | | | |
| DIAGRAMA DE FLUJEZ | | | Límite Líquido | | |
| | | | 18.98 | | |
| | | | Límite Plástico | | |
| | | | N. P. | | |
| | | | Índice de Plasticidad | | |
| | | | N. P. | | |
| Humedad Natural | | | 5.6 | | |
| Observaciones: | | | | | |

No Presenta

Elaborado por:
Nombre / Función: _____ D:
M:
A:
Firma: _____



Aprobado por:
Nombre / Función: _____ D:
M:
A:
Firma: _____
RAUL E. BACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179





Dirección: Calle Garcés de la Vega N° 778 - Ct. 201 - Urb. Selamenes - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2189 - 98754804

PESO VOLUMETRICO DE AGREGADOS

OBRA : Propuesta de Reforzamiento Antisismico para Edificaciones de Adobe aplicado al local Municipal en el distrito de Acaquia

UBICACIÓN : Distrito de Acaquia, Provincia de Tayacaja, Departamento de Huancavelica

MUESTRA : Calicata Nro. 04Prof. 0.40 a 3.10mts

REALIZADO POR : Tec. Juan Enrique Torres Zavala

FECHA : sábado, 6 de Octubre de 2018

| DATOS DEL MOLDE | | Peso (gr) | 8408 | Volumen (cm ³) | 3030 |
|--|---------|-----------|---------|----------------------------|------|
| PESO VOLUMETRICO SUELTO | | | | | |
| SONDAJE | I | II | III | | |
| Muestra | M-1 | M-1 | M-1 | | |
| Profundidad | 3.10mts | 3.10mts | 3.10mts | | |
| Peso de la Muestra + Molde (gr) | 12997 | 12898 | 12701 | | |
| Peso de la Muestra (gr) | 4287 | 4258 | 4301 | | |
| Densidad (gr/cm ³) | 1.415 | 1.409 | 1.419 | | |
| PESO VOLUMETRICO SUELTO OBTENIDO : | | | 1.414 | | |
| PESO VOLUMETRICO COMPACTADO | | | | | |
| SONDAJE | I | II | III | | |
| Muestra | M-1 | M-1 | M-1 | | |
| Profundidad | 3.10mts | 3.10mts | 3.10mts | | |
| Peso de la Muestra + Molde (gr) | 13189 | 13199 | 13003 | | |
| Peso de la Muestra (gr) | 4758 | 4799 | 4800 | | |
| Densidad Humedad (gr/cm ³) | 1.574 | 1.584 | 1.585 | | |
| PESO VOLUMETRICO COMPACTADO OBTENIDO : | | | 1.581 | | |

Observaciones:

- Ninguna.

| | | |
|------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Fundón: | | M: |
| Firma: | | A: |

| | | |
|------------------|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Fundón: | | M: |
| Firma: | | A: |

RAUL E. BACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179



VISTAS FOTOGRAFICAS

Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ate
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com



Calidad en Construcción

VISTAS FOTOGRAFICAS

CALICATA N° 01



Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ate
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com



Calidad en Construcción

VISTAS FOTOGRAFICAS

CALICATA N° 02



Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ate
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com



Calidad en Construcción


VISTAS FOTOGRAFICAS

CALICATA N° 03



Calle Garcilazo de la Vega #778 of. 201
Urb. Salamanca-Ate
Lima 03 Perú
(01)434-2189
www.sermasol.com

Anexo N° 7. Ensayos de Resistencia a Compresión y Flexión



Sermasol

DIVISION DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,

 CONCRETO, ASPHALTO Y ESPONJOS ESPECIALES.

Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte

 Teléfono: 434-2189 - 987544604


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

 NTP 399.613.2005

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

1.0.- DATOS DE LA MUESTRA: Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bofe, etc.



2.0.- METODO DE ENSAYO: Norma de Referencia: NTP 399.613.2005

3.0.- FECHA: viernes, 05 de octubre de 2018

4.0.- RESULTADOS:

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | AREA BRUTA (cm ²) | CARGA DE ROTURA (kn) | CARGA DE ROTURA (kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²) |
|--------|-------------------------|-------|--------|-------------------------------|----------------------|----------------------|---|
| | LARGO | ANCHO | ALTURA | | | | |
| 001 | 40.0 | 30.0 | 15.0 | 1200.0 | 50.63 | 17102 | 14 |

Observaciones:

 - Muestreo, identificación y curado de probetas realizado por el peticionario

Elaborado por:

Nombre / Función:  D:

Firma:  M:

A:

Aprobado por:

Nombre / Función:  D:

Firma:  M:

RAUL E. EACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179

 A:



Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 775 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2159 - 987544834

**ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (CARGA PUNTUAL)
EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA
ASTM C78**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

1.0.- DATOS DE LA MUESTRA:



Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.
Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.

2.0.- METODO DE ENSAYO:

ASTM C78

3.0.- FECHA:

viernes, 05 de octubre de 2018

4.0.- RESULTADOS:

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | INERCIA (cm ²) | Área del Prisma rectangular | Carga Obtenida (kgf) | Momento máximo (kgf/cm ²) | Esfuerzo de Flexión (kgf/cm ²) |
|--------|-------------------------|------|------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|--|
| | L | A | H | | | | | |
| 001 | 40.0 | 30.0 | 15.0 | 8437.5 | 7.500 | 570.00 | 5700.00 | 5.067 |

Observaciones:

- Muestreo, identificación y curado de probetas realizado por el peticionario

| | | |
|-------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

| | | |
|---|--|----|
| Aprobado | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |
| RAUL E. BACA CARRILLO INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 8179 | | |



Dirección: Calle Gerónimo de la Vega N° 776 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Alta Vista
Teléfono: 434-2180 - 967544904

VISTAS FOTOGRAFICAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

5.0.- VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - FLEXION CARGA PUNTUAL:



5.6.- VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - COMPRESION SIMPLE:





Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2189 - 68754404

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE
EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**
NTP 399.613.2005

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

1.0.- DATOS DE LA MUESTRA:



Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.
Material de unión de los adobes: Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.

2.0.- METODO DE ENSAYO:

Norma de Referencia: NTP 399.613.2005

3.0.- FECHA:

viernes, 5 de octubre de 2018

4.0.- RESULTADOS:

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | AREA BRUTA (cm ²) | CARGA DE ROTURA (kn) | CARGA DE ROTURA (kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²) |
|--------|-------------------------|-------|--------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | LARGO | ANCHO | ALTURA | | | | |
| 001 | 40,0 | 30,0 | 15,0 | 1200,0 | 171,64 | 17502 | 15 |

Observaciones:

- Muestreo, identificación y curado de probetas realizado por el peticionario

| | | |
|-------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

RAUL E. BACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 8179



Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ana Vista
Teléfono: 434-2183 - 957546804

**ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (CARGA PUNTUAL)
EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
ASTM C78**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

1.0.- DATOS DE LA MUESTRA: Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.
Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.



2.0.- METODO DE ENSAYO: ASTM C78

3.0.- FECHA: viernes, 5 de octubre de 2018

4.0.- RESULTADOS:

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | INERCIA (cm ²) | Area del Prisma rectangular | Carga Obtenida (kgf) | Momento máximo (kgf/cm ²) | Esfuerzo de Flexión (kgf/cm ²) |
|--------|-------------------------|------|------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|--|
| | L | A | H | | | | | |
| 001 | 40,0 | 30,0 | 15,0 | 8437,5 | 7,500 | 670,00 | 5700,00 | 5,067 |

Observaciones:

- Muestreo, identificación y cuidado de probetas realizado por el peticionario

| | | |
|-------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

RAUL E. BACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179



Dirección: Calle Gerónimo de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2189 - 987644604

VISTAS FOTOGRAFICAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

5.0.- VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - FLEXION CARGA PUNTUAL:



6.0.- VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - COMPRESION SIMPLE:





Dirección: Calle Gardiaso de la Vega N° 776 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Alto Vilarte
Teléfono: 434-2188 - 987844604

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE
EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

NTP 399.813.2005

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

1.0.- DATOS DE LA MUESTRA:



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

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

2.0.- METODO DE ENSAYO:

Norma de Referencia: NTP 399.813.2005

3.0.- FECHA:

Junes, 8 de octubre de 2018

4.0.- RESULTADOS:

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | AREA BRUTA (cm ²) | CARGA DE ROTURA (kn) | CARGA DE ROTURA (kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²) |
|--------|-------------------------|-------|--------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | LARGO | ANCHO | ALTURA | | | | |
| 002 | 40,0 | 30,0 | 15,0 | 1200,0 | 180,99 | 18425 | 15 |

Observaciones:

- Muestreo, identificación y curado de probetas realizado por el peticionario

| | | |
|-------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

| | | |
|---|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |
| RAUL E. PACA CARRILLO INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 8179 | | |



Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2189 - 987546004

**ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (CARGA PUNTUAL)
EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**
ASTM C78

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

1.0.- DATOS DE LA MUESTRA:



Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.
Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.

2.0.- METODO DE ENSAYO:

ASTM C78

3.0.- FECHA:

lunes, 8 de octubre de 2018

4.0.- RESULTADOS:

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | INERCIA (cm ²) | Area del Prisma rectangular | Carga Obtenida (kgf) | Momento máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo de Flexión (kg/cm ²) |
|--------|-------------------------|------|------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|---|
| | L | A | H | | | | | |
| 002 | 40,0 | 30,0 | 18,0 | 8437,5 | 7,000 | 612,00 | 6120,00 | 5,440 |

Observaciones:

- Muestreo, identificación y curado de probetas realizado por el peticionario

| | | |
|-------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

RAUL E. BACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.T.P. N° 8179



Dirección: Calle Gerardo de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2159 - 967544804

VISTAS FOTOGRAFICAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

5.0.- VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - FLEXION CARGA PUNTUAL:



6.0.- VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - COMPRESION SIMPLE:





Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Solimanco - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2199 - 907544804

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE
EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**
NTP 399.613.2005

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

1.0.- DATOS DE LA MUESTRA:



Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.
Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.

2.0.- METODO DE ENSAYO:

Norma de Referencia: NTP 399.613.2005

3.0.- FECHA:

lunes, 8 de octubre de 2018

4.0.- RESULTADOS:

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | AREA BRUTA (cm ²) | CARGA DE ROTURA (kn) | CARGA DE ROTURA (kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²) |
|--------|-------------------------|-------|--------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | LARGO | ANCHO | ALTURA | | | | |
| 003 | 40,0 | 30,0 | 15,0 | 1200,0 | 175,56 | 17562 | 15 |

Observaciones:

- Muestreo, identificación y curado de probetas realizado por el peticionario

| | | |
|-------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |


| | | |
|---|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |
| RAUL E. EACA CARRILLO INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 8179 | | |



Dirección: Calle Garcés de la Vega N° 775 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ato Víaeta
Teléfono: 434-2188 - 987544804

**ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (CARGA PUNTUAL)
EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
ASTM C78**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

- 1.0.- DATOS DE LA MUESTRA:** Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.
- 
- 2.0.- METODO DE ENSAYO:** ASTM C78
- 3.0.- FECHA:** lunes, 8 de octubre de 2018
- 4.0.- RESULTADOS:**

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | INERCIAS (cm ²) | Area del Prisma rectangular | Carga Obtenida (kgf) | Momento máximo (kgf/cm ²) | Esfuerzo de Flexión (kgf/cm ²) |
|--------|-------------------------|------|------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|--|
| | L | A | H | | | | | |
| 003 | 40,0 | 30,0 | 15,0 | 9437,5 | 7,500 | 608,00 | 6080,00 | 5,404 |

Observaciones:

- Muestreo, identificación y curado de probetas realizado por el peticionario

| | | |
|-------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

RAUL E. EACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179



Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2188 - 987644004

VISTAS FOTOGRAFICAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

5.0.- VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - FLEXION CARGA PUNTUAL:



6.0.- VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - COMPRESION SIMPLE:





Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2189 - 987544804

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE
EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**
NTP 399.613.2005

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

1.0.- DATOS DE LA MUESTRA:



Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.

2.0.- METODO DE ENSAYO:

Norma de Referencia: NTP 399.613.2005

3.0.- FECHA:

lunes, 8 de octubre de 2018

4.0.- RESULTADOS:

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | AREA BRUTA (cm ²) | CARGA DE ROTURA (kn) | CARGA DE ROTURA (kg) | RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²) |
|--------|-------------------------|-------|--------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| | LARGO | ANCHO | ALTURA | | | | |
| 004 | 40,0 | 30,0 | 15,0 | 1200,0 | 172,81 | 17621 | 15 |

Observaciones:

- Muestreo, identificación y curado de probetas realizado por el peticionario

| | | |
|-------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | ME |
| Firma: | | A: |

| | | |
|---|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | ME |
| Firma: | | A: |
| RAUL E. EACA CARRILLO INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 8179 | | |



Dirección: Calle Garolazo de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2189 - 987644604

**ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (CARGA PUNTUAL)
EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
ASTM C78**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

1.0.- DATOS DE LA MUESTRA:



Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin coque, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.
Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.

2.0.- MÉTODO DE ENSAYO:

ASTM C78

3.0.- FECHA:

lunes, 8 de octubre de 2018

4.0.- RESULTADOS:

| IDENT. | DIMENSIONES DEL TESTIGO | | | INERCIA (cm ²) | Área del Prisma rectangular | Carga Obtenida (kgf) | Momento máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo de Flexión (kg/cm ²) |
|--------|-------------------------|------|------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------------|---|
| | L | A | H | | | | | |
| 004 | 40,0 | 30,0 | 15,0 | 8437,5 | 7,500 | 661,00 | 6610,00 | 8,876 |

Observaciones:

- Muestreo, identificación y curado de probetas realizado por el peticionario

| | | |
|-------------------|--|----|
| Elaborado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Aprobado por: | | D: |
| Nombre / Función: | | M: |
| Firma: | | A: |

PAUL E. EACA CARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 8179



Dirección: Calle Garcilaso de la Vega N° 778 - Of. 201 - Urb. Salamanca - Ate Vitarte
Teléfono: 434-2169 - 68764604

VISTAS FOTOGRAFICAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

5.0.- VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - FLEXION CARGA PUNTUAL:



6 VISTAS DEL ENSAYOS EN EL ADOBE - COMPRESION SIMPLE:



| | | |
|--|---|---|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS | Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1 |
|--|---|---|

Yo, Cesar Augusto Paccha Rufasto, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada

"Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia 2018", del (de la) estudiante Carlos Itamar Neyra Moreyra, constata que la investigación tiene un índice de similitud de 22 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 05 de junio del 2019.



Firma

Cesar Augusto Paccha Rufasto

DNI: 4256813

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad | Aprobó | Rectorado |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|

| | | |
|--|---|---|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS | Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1 |
|--|---|---|

Yo, Cesar Augusto Paccha Rufasto, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada

"Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia 2018", del (de la) estudiante Efrain Alexander Huaman Misari Efrain, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 05 de junio del 2019.



.....
 Firma

Cesar Augusto Paccha Rufasto

DNI: 4256813

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad | Aprobó | Rectorado |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acaquia 2018.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Efraín Alexander Huamán Misari

Carlos Itamar Neyra Moreyra

ASESOR:

Msc. Ing. Cesar Augusto Paccha Rufasto

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño sísmico y estructural

LIMA - PERÚ

2018

Navigation icons: Home, Check, Edit, Grid, 22, Filter, No, Download, Info

Resumen de coincidencias

22 %

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias

| | | | |
|---|---|-----|---|
| 1 | Entregado a Universida... Trabajo del estudiante | 4 % | > |
| 2 | Entregado a Universida... Trabajo del estudiante | 4 % | > |
| 3 | tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet | 2 % | > |
| 4 | cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet | 2 % | > |
| 5 | Entregado a Universida... Trabajo del estudiante | 2 % | > |

| | | |
|--|--|---|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV | Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1 |
|--|--|---|

Yo Carlos Itamar Neyra Moreyra, identificado con DNI N° 41189839, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....




 FIRMA

Carlos Itamar Neyra Moreyra

DNI: 41186839

FECHA: San Juan de Lurigancho 05 de junio del 2019

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad | Aprobó | Rectorado |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|

| | | |
|--|--|---|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV | Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 2 |
|--|--|---|

Yo Efrain Alexander Huaman Misari, identificado con DNI N° 41058686, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Propuesta de reforzamiento en adobe para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica del local municipal de Acraquia 2018"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822. Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....



 FIRMA

Efrain Alexander Huaman Misari

DNI: 41058686

FECHA: San Juan de Lurigancho 05 de junio del 2019

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad | Aprobó | Rectorado |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ A LA RECEPCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN SOLICITADA PARA LA ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

HUAMÁN MISARI EFRAÍN ALEXANDER

INFORME TÍTULADO:

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO EN ADOBE PARA LA MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL LOCAL MUNICIPAL DE ACRAQUIA 2018.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 15 de Diciembre del 2018.

NOTA O MENCIÓN: 12 (Doce)



9-03

ING. MARÍA YSABEL GARCÍA ÁLVAREZ



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, DRA. ING. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ A LA RECEPCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN SOLICITADA PARA LA ENTREGA DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

NEYRA MOREYRA CARLOS ITAMAR

INFORME TÍTULADO:

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO EN ADOBE PARA LA MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL LOCAL MUNICIPAL DE ACRAQUIA 2018.

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 15 de Diciembre del 2018.

NOTA O MENCIÓN: 12 (Doce)



9.05

DRA. ING. MARIA YSABEL GARCÍA ÁLVAREZ