



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

TRABAJO DE TITULACION

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

ESTRUCTURAS

TEMA:

**OPTIMIZACION EN EL USO DE ADOBE SISMO RESISTENTE, COMO
MATERIAL CONSTRUCTIVO PARA VIVIENDAS FAMILIARES DE BAJO
COSTO**

AUTOR

MUENTES ALVARADO JOSE LUIS

TUTOR

ING. DOUGLAS ITURBURU SALVADOR, MSc.

2016

GUAYAQUIL – ECUADOR

Agradecimientos

Agradezco a DIOS, por darme la salud, el bienestar y el conocimiento que he puesto durante el desempeño de mi trabajo y el curso de titulación, con lo cual he podido alcanzar la meta que me he propuesto. También les estoy muy agradecido a mis padres porque nunca dudaron de mis habilidades y siempre me han apoyado en mis objetivos, igualmente a mis profesores de los cuales he tenido la oportunidad de aprender mucho durante el transcurso de mis estudios en la Facultad de ciencias matemáticas y físicas. Agradezco al Ing. Douglas Iturburu Salvador por la guía que me brindo durante el periodo de elaboración de mi tesina y al Ing. Julio Vargas por permitirme usar los equipos del laboratorio Ing. Dr. Arnoldo Ruffilli para la elaboración de las pruebas que involucraban mi trabajo de investigación.

Dedicatoria

Este proyecto de titulación lo dedico a mis padres, hermanas y laboratoristas del laboratorio Ing. Dr. Arnoldo Ruffilli, que brindaron de la información técnica necesaria y de los recursos básicos durante el desarrollo de esta investigación científica.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Santos Baquerizo, MSc.

DECANO

Ing. Douglas Iturburu S., MSc.

TUTOR

Ing. John Galarza R., MSc.

VOCAL

Ing. Adolfo Villacreces, MSc.

VOCAL

Declaración Expresa

Art. XI.- Del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expresadas en este proyecto de titulación corresponde exclusivamente al autor, y el patrimonio intelectual corresponderá a la Universidad de Guayaquil.

MUENTES ALVARADO JOSE LUIS

C.I. 093094986-2

INDICE

CAPÍTULO I

1.1.	Introducción	1
1.2.	Situación problemática	3
1.3.	Formulación del problema	4
1.4.	Objetivos de investigación	5
1.4.1.	Objetivo general.	5
1.4.2.	Objetivos Específico.	5
1.5.	Justificación del problema	6
1.6.	Metodología empleada	6
1.7.	Limitaciones.....	7
1.8.	Objeto y campo de aplicación de la investigación	7

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de la investigación	9
2.1.1.	Daños estructurales en viviendas de adobe	11
2.2.	Bases teóricas.....	12
2.2.1.	El adobe como material de construcción.	12
2.2.2.	Modos de fallas en estructuras de adobe.	13
2.2.3.	Composición física del adobe.	17
2.2.4.	Refuerzos secundarios para ladrillos de adobes.	18
2.2.5.	Bloque de adobe estabilizado.	18
2.2.6.	Ensayo de suelo cemento.	19
2.2.7.	Método “Short- Cut”	19
2.2.8.	Pruebas método “Short-Cut”.	20
2.2.9.	Propiedades mecánicas del adobe.	20

2.3. Marco contextual	23
2.3.1. Comportamiento sísmico	23
2.3.2. Construcción antisísmica.	24
2.3.2.1. Requisitos constructivos.	24
2.3.2.2. Formas de planta.	26
2.3.3. Sistema estructural de viviendas de adobe	26
2.3.4. Refuerzos internos en muros.	31
2.3.5. Pruebas realizadas a escala en muros de adobe	32
2.3.6. Reforzamiento en viviendas de adobe.	33
2.3.7. Reforzamiento con Geo mallas.	33
2.3.8. Reforzamiento con mallas electro soldadas galvanizada	34

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1. Marco metodológico: Tipo y diseño de investigación	36
3.1.1. Técnicas y recolección de datos.	37
3.2. Pruebas realizadas	38
3.2.1. Pruebas granulométricas.	39
3.2.2. Límites de Atterberg.	40
3.2.3. Prueba de densidad- humedad.	41
3.2.4. Pruebas de resistencia.	42
3.3. Ensayo suelo cemento	43
3.3.1. Resistencia a la compresión en pila de adobe	44
3.4. Análisis de un muro de adobe	46
3.4.1. Análisis por flexión.	46
3.4.2. Análisis por Corte.	50
3.4.3. Análisis por volteo.	51
3.4.4. Análisis dinámico.	53

3.4.4.1.	Modelado de la estructura	53
3.4.4.2.	Definición del material.	54
3.4.4.3.	Definir las secciones.....	56
3.4.4.4.	Definir cargas y combinaciones.....	57
3.4.5.	Análisis de un muro con mallas galvanizada.	58
3.4.5.1.	Malla longitudinal.	59
3.4.5.2.	Malla esquinera.	60

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION DE DATOS

4.1.	Resultados y discusión de datos: Análisis de estudios realizados.....	62
4.2.	Ejecución de ensayos	63
4.3.	Análisis e interpretación de resultados	65
4.4.	Conclusiones y Recomendaciones	79

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Viviendas de construcción antigua “calle 6 Marzo”	11
Figura 2. Ladrillo de barro de origen artesanal	13
Figura 3. Falla típica por tracción	14
Figura 4. Falla típica por flexión	15
Figura 5. Falla típica por corte	15
Figura 6. Fallas por volteo	16
Figura 7. Curva esfuerzo- deformación	21
Figura 8. Esquema del Módulo elástico	22
Figura 9. Esquema para obtener el módulo de Poisson.....	22
Figura 10. Esquema en planta para viviendas de adobe	26
Figura 11. Sección transversal de un modelo de cimentación a muros ciclópeo	27
Figura 12. Estructura típica de sobre cimienta para muros	28
Figura 13. Pisos de material de adobe	29
Figura 14. Esfuerzo en muros de adobe	30
Figura 15. Cubierta de madera tipo inclinada.....	31
Figura 16. Colocación de refuerzos de caña en Perú	31
Figura 17. Comportamiento sísmico simulado del adobe con refuerzo y si refuerzo	32
Figura 18. Geo malla de polipropileno para muros de adobe	33
Figura 19. Malla electro soldada galvanizada	35
Figura 20. Obtención del material “Recinto El Chorrillo”	38
Figura 21. Determinación del módulo elástico de la mampostería	46
Figura 22. Determinación del coeficiente de momento de losa	49
Figura 23. Modelado en ETBS Vivienda de adobe.....	54
Figura 24. Propiedades de la madera.....	54
Figura 25. Propiedades mecánicas del adobe	55
Figura 26. Modulo elástico de mampostería.....	55
Figura 27. Módulo de corte de la mampostería.....	56
Figura 28. Propiedades mecánicas de concreto	56
Figura 29. Modelado de secciones en ETABS.....	57

Figura 30. Cargas de diseño	57
Figura 31. Diseño de malla longitudinal	59
Figura 32. Diseño de malla esquinera	61
Figura 33. Prensa para ensayo de compresión “VERSATE TESTER 30M”	63
Figura 34. Ladrillos de adobe estabilizado sometidos a carga de compresión	64
Figura 35. Grafica Granulométrica	68
Figura 36. Grafica de Próctor Modificado.....	70
Figura 37. Fachada frontal de un prototipo de vivienda de adobe.....	72
Figura 38. Análisis de Muro	72
Figura 39. Vivienda de una planta de hormigón armado	77
Figura 40. Vivienda de adobe	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esfuerzos de adherencia, peso específico y coeficiente de fricción.....	51
Tabla 2. Factor α para material de adobe.....	53
Tabla 3. Cortante basal de Diseño	58
Tabla 4. Periodo fundamental de la estructura d adobe dos plantas	58
Tabla 5. Límite líquido, plástico e índice de plasticidad	66
Tabla 6. Análisis granulométrico	67
Tabla 7. Ensayo de Próctor modificado	69
Tabla 8. Resistencia a compresión de los cilindros y Pila de adobe	71
Tabla 9. Metradó de cargas verticales que actúan en el muro de diseño	73
Tabla 10. Resultado de análisis por flexión perpendicular al plano	73
Tabla 11. Resultado del análisis por corte	74
Tabla 12. Resultados por volteo del muro	74
Tabla 13. Resultados del Diseño de malla esquinera	75
Tabla 14. Resultados del Diseño de malla Longitudinal	76

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de humedad	40
Ecuación 2. Limite líquido	40
Ecuación 3. Limite plástico	41
Ecuación 4. Límite de contracción	41
Ecuación 5. Fórmula para curva humedad-densidad	42
Ecuación 6. Esfuerzo admisible de compresión	43
Ecuación 7. Resistencia a compresión de la mampostería	44
Ecuación 8. Modulo elástico de la mampostería	45
Ecuación 9. Deformación unitaria	45
Ecuación 10. Esfuerzo actuante o de confinamiento	47
Ecuación 11. Esfuerzo Admisible	47
Ecuación 12. Esfuerzo resistente admisible en flexión.....	48
Ecuación 13. Momento resistente	48
Ecuación 14. Momento flector actuante	48
Ecuación 15. Cortante basal en la base, Nec-15	49
Ecuación 16. Solicitación Horizontal al plano	50
Ecuación 17. Esfuerzo cortante de admisible	50
Ecuación 18. Esfuerzo admisible por cortante	50
Ecuación 19. Solicitación por cortante	51
Ecuación 20. Esfuerzo actuante por volteo	52
Ecuación 21. Esfuerzo resistente por volteo	52
Ecuación 22. Momento flector	60
Ecuación 23. Esfuerzo de tensión.....	61

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

Para las zona propensas a movimientos sísmicos se requiere de adecuadas construcciones que sean capaces de soportar estos impactos naturales de la tierra, es hoy una condición imprescindible para nuestro entorno. La resistencia y durabilidad de las construcciones con la elección de los materiales de construcción dependen de la disponibilidad.

En la presente investigación se expone el tema del adobe como material de construcción, para dar a conocer un sistema alternativo en la elaboración de viviendas ecológicas y sismo resistentes, para lo cual se ha dispuesto trabajar con la norma técnica Peruana E.080 construcción con tierra, en la cual establecen los requisitos y criterios técnicos de diseño para este tipo de edificaciones.

El adobe es un material de construcción ancestral que venido perdiendo fama por la aparición de materiales de construcción de origen industrial, otro motivo es que este material presenta gran vulnerabilidad ante fenómenos naturales como el agua y los sismos, por este motivo se ha planteado dentro de esta investigación un estudio de laboratorio para comparar las propiedades mecánicas del material de adobe estabilizado mediante la implementación de cemento Portland. El trabajo cuenta con un análisis comparativo de las bondades entre las viviendas de adobe tradicional y las viviendas con tecnología de reforzamiento; que mejoren el comportamiento de las construcciones en Adobe ante los fenómenos sísmicos.

La característica principal en este tipo de construcciones comienza con la elección de un adecuado material que cumpla con las siguientes proporciones establecidas por la norma Peruana E.080 construcción con tierra, la cual menciona que la proporción en la mezcla del adobe debe contener entre 10 al 20% de arcilla, 15 al 25% de limo y de un 55 al 70% de arena, evitando de la utilizar suelos orgánicos que degrade al material.

Existen muchas maneras de estabilizar un ladrillo de adobe, en los últimos años se ha experimentado con algunos aglomerantes; tales como la cal, betún, resina, asfalto, cloruro y cemento, pero se ha optado analizar el ladrillo de suelo-cemento en nuestro medio, por las bondades que brinda el cemento como aglomerante en la mezcla de barro, que tiende a reducir la contracción de la arcilla; disminuyendo así notablemente la permeabilidad y aumentando la resistencia compresión, tensión y a la expansión térmica; además de su bajo costo de diseño producción y durabilidad.

El presente documento expone de todos los datos necesarios para su elaboración y también de los obtenidos como resultado de los análisis y cálculos efectuados. En la redacción y cálculos realizados se consideraran todas las disposiciones establecidas por los reglamentos vigentes actualmente, proponiendo de un sistema constructivo alternativo para familias de escasos recursos económicos y con materiales de bajo costos y de fácil accesibilidad. La aportación de este trabajo es la de culturizar y dar como una alternativa de construcción para las familias que prefieran vivir en una vivienda más saludable y segura que cumpla con las comodidades de un hogar.

1.2. Situación problemática

El Ecuador, como parte de una larga trayectoria histórica de actividades sísmicas registrada en los últimos 460 años, y cuyos eventos de gran magnitud se explican por la teoría llamada Tectónica de placas. El movimiento y la colisión de las placas de la corteza terrestre, la sismicidad en el Ecuador es consecuencia de la convergencia que existe entre la placa de Nazca y la Placa Sudamericana.

El origen de estos fenómenos se da por el Ecuador al igual que países como Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala, México, Estados Unidos, Canadá, luego doblando a la altura de las islas Aleutianas y bajando por las costas e islas de Rusia, Japón, Taiwán, Filipinas, Indonesia, Papúa Nueva Guinea y Nueva Zelanda pertenecen al Cinturón de Fuego del Pacífico que es el resultado directo de la tectónica de placas.

Los estudios elaborados por el Instituto Geofísico muestran que la región costa es la más vulnerable por este tipo de eventos sísmicos, un ejemplo vigente fue el sismo ocurrido el pasado 16 de abril del presente año, cuyo epicentro tuvo lugar entre las parroquias Pedernales y Cojimíes del Cantón Pedernales, el sismo presentó una magnitud de 7,8 grados a la escala de Richter y con una duración de aproximadamente un minuto, este sismo dejó cuantiosa pérdidas humanas y daños materiales.

Existen dos factores que contribuyen a que un lugar se vulnerable ante los movimientos telúricos; los tipos de suelos donde están asentadas las viviendas y

las construcciones informal creciente que no responde a estudios técnicos antisísmicos (zonas Rurales), razón por la cual se está proponiendo el presente tema de investigación.

1.3. Formulación del problema

Las viviendas de adobe son viviendas ecológicas y de fácil elaboración pero con grandes deficiencias en su proceso constructivo y muy vulnerable a eventos naturales como el contacto con agua y las acciones sísmicas, a esto también se suma su casi nula resistencia a tracción y la alta inestabilidad de sus propiedades mecánicas. La elaboración de este tipo de edificaciones no cuenta de una normativa sísmica o de un estudio técnico suficiente para su elaboración.

Estos se refleja por la presencia de materiales de construcción de tipo industrial que ha dejado de lado el sistema de construcción de viviendas de adobe en nuestro país. Actualmente en nuestros país este tipo de viviendas de adobe solo se elaboran en zonas de bajo riesgo sísmico (región sierra) como medida de seguridad, y de un solo nivel, sin las adecuadas especificaciones técnicas en sus construcciones. Otra falla que afecta a esta estructura es la presencia de humedad que con el tiempo va debilitando la mampostería de barro y volviéndola más vulnerable al colapso de sus muros.

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo general.

El objetivo general de este trabajo de investigación es proponer un sistema constructivo alternativo mediante la optimización del adobe como material de construcción para viviendas ecológicas y sismo resistentes.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del adobe estabilizado con cemento, como material de construcción a través de ensayos de suelo cemento (granulometría, límites de consistencia, ensayo de densidad- humedad y pruebas de resistencia).
- Analizar el comportamiento a flexión, cortante y volteo de un muro de adobe estabilizado con cemento Portland, mediante un ejemplo aplicativo.
- Modelar y determinar el comportamiento dinámico de una vivienda de adobe (periodo de vibración, deformación y absorción de efecto sísmico), mediante el uso de programas estructurales (ETABS).
- Investigar las bondades de estos sistemas constructivos en nuestro medio.

1.5. Justificación del problema

Debido a los elevados costos en materiales de construcción, la falta de recursos económicos en las zonas rurales de las costas ecuatorianas y ha el ultimo evento sísmico que dejo grandes daños en infraestructura y vidas; se busca implementar el uso de viviendas de adobe sismo resistentes, como una alternativa que garantice la seguridad de sus ocupantes.

1.6. Metodología empleada

El presente trabajo de investigación se sitúa dentro de la modalidad de la investigación básica explicativa y descriptiva de campo con un enfoque cualitativo y cuantitativo, porque los datos obtenidos a través de la investigación básica serán estimados, procesados y analizados para un adecuado diseño sísmico y reducción de desastres en las viviendas de adobe.

Para la elaboración del ensayo de suelo cemento que involucra las pruebas de granulometría, límites Atterberg, pruebas de densidad- Humedad y ensayos de resistencia, se efectuaron de acuerdo a la norma American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y American Society for Testing and Materials (ASTM), para la resistencia a compresión de la mampostería. Mientras que para el análisis dinámico de la estructura; como periodo de vibración, espectros de elástico de diseño y zonificación sísmica se empleó de la norma Ecuatoriana de la construcción Nec-15.

1.7. Limitaciones

El tema del presente trabajo investigativo se limita a la aplicación del adobe estabilizado como material de construcción para viviendas sismo resistentes y la implementación de técnicas de reforzamiento que mejoren su comportamiento ante los sismos, por este motivo se ha basado de un estudio técnico mediante un ensayo de suelo-cemento, aplicando el método abreviado "SHORT-CUT" para la elaboración de adobes estabilizados con cemento para mejorar su resistencia durabilidad. Se expondrán las ventajas y desventajas que poseen las construcciones en adobe, como son los modos de fallas de este tipo de estructuras (flexión, compresión y volteo). También se establecerán las diferencias entre las viviendas de construcción de hormigón con bloque y las de adobe existentes en nuestro medio, otro parámetro a considerar son los estudios realizados por parte de otros pises en cuanto al tema de construcción con adobe sismo resistente y su aplicación y resultados.

1.8. Objeto y campo de aplicación de la investigación

El Ecuador es un país que también cuenta la elaboración de viviendas de adobe, pero que no cuenta con un estudio y normativa vigente. Esta investigación abarca la información básica y necesaria para el diseño de viviendas sismo resistente de adobe para zonas rurales de costa con alto riesgo sísmico, y servirá de ayuda para posteriores trabajos de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, carrera de ingeniería civil de la Universidad de Guayaquil que se interese por los de razonamiento estructural.

El objeto de esta investigación es aplicar la técnica de construcción con adobe mediante la optimización del ladrillo de barro para garantizar un elemento de mejor calidad, seguridad y resistencia, para la construcción de viviendas ecológicas y sismo resistente en zonas rurales. Buscando experimentar con el tema del adobe en este tipo de viviendas, proponiendo así de un sistema de construcción alternativo para familias de escaso recursos económicos en el Ecuador.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Las construcciones de tierra han existido desde tiempos muy antiguo, teniendo como testigo grandes civilizaciones que a un conservan estas ancestrales estructuras de barro. Un ejemplo de historia del viviendas de barro esta en las la antigua ciudad de Catalhoyuk, en Anatolia, en el Antiguo Egipto se empleó frecuentemente el adobe, echo material de tierra de Limo del rio Nilo, para las construcciones de casas, tumbas (mastabas), fortalezas, e incluso palacios, aunque los egipcios también fueron los primeros en emplear la piedra tallada para crear templos, pirámides y otras edificaciones grandes. (Mchenry, 2013).

Para países como México, Colombia, Ecuador, Bolivia, Argentina y Perú este tipo de estructuras de tierra representan un patrimonio para familias humildes que a un conservan esta tradicional formas de construcción de viviendas que se niega a dejar de existir; siendo Perú el país más interesado en el tema del estudio del adobe como material de construcción ya este país presenta gran vulnerabilidad sísmica y gran parte de su población aun utiliza este sistema constructivo que hoy en día es considerado una alternativa muy arriesgada, debido a los eventos telúricos que afectan a este y a los demás países de latino América. (Mchenry, 2013).

Actualmente algunos arquitectos siguen empleando el adobe en combinación con cimientos, columnas, vigas y losas de hormigón, como sea mencionado aun en muchas ciudades, pueblos del Centro y sur de América se mantienen vivas este tipo de viviendas, pero con imposiciones del mercado o por la mala fama que estas tienen en campo de la construcción, este tipo de estructuras son fácil de elaborar, pero no en todos los casos constan de un adecuado material para su elaboración, especificaciones y restricciones de las manuales y normativas vigentes para este tipo de viviendas. Hoy por las múltiples vivencias y experiencias ante los eventos sísmicos (Mchenry, 2013).

La reactivación de una arquitectura en adobe presenta sus ventajas que con adecuados sistemas de elaboración y sistemas de refuerzos estructurales pueden garantizar una vivienda capaz de soportar eventos sísmicos moderados. Por otra parte uno de los problemas más comunes que presenta las viviendas de adobe es la absorción de humedad de los suelos por el fenómeno de capilaridad. (Mchenry, 2013).

En latino América existen viviendas de adobe que presentan alta vulnerabilidad sísmica, debido a su inadecuado comportamiento ante las fuerzas producidas durante la acción sísmica, esto ha ocasionado innumerables pérdidas humanas, económicas y de patrimonios culturales, un ejemplo vivo fue el terremoto de 1910 en la ciudad de Cartago en Puerto rico, y cuyo evento prohibió el uso de adobe en dicho país y otros que adoptaron esta misma mediad, debido a esta situación los gobiernos y la población han favorecido la construcción con bloques, ladrillos y hormigón que presentan gran capacidad de resistencia ante los sismos, pero

que cuestan y su autoconstrucción es más difícil, por este motivo muchos centros de investigación y agencias trabajan para el desarrollo de construcción sismo resistente de adobe (Mchenry, 2013).

En Colombia y Perú se han expuestos investigación prestando mucho interés en la adecuada composición y sus dimensiones óptimas. Hoy existen formas más eficaces para elaborar elementos de adobe y varios aglomerantes para hacerlos más estables que mejoran la resistencia y calidad del elemento, y la presencia de sistemas de para la rehabilitación de viviendas hechas de la manera tradicional que generan ventajas ante los eventos producidos por la naturaleza. (Mchenry, 2013).



Figura 1. Viviendas de construcción antigua “calle 6 Marzo”

Fuente: Jose Luis Muentes A.

2.1.1. Daños estructurales en viviendas de adobe.

El Ecuador es un país activamente sísmico, un ejemplo reciente de este tipo eventos telúricos fue el sismo registrado en presente año, el cual tuvo su epicentro en el canto Pedernales provincia de Manabí, este evento dejo cuantiosas pérdidas; el sísmico de Pedernales afecto a las estructura de la

ciudades aledañas e incluso llegando a afectar a ciertas estructuras de la provincia del Guayas en especial a las viviendas que poseían una larga trayectoria histórica y constaban de un diseño antiguo, como los son las viviendas de callar seis de marzo de elaboración de ladrillo de barro con sistema de confinamiento de madera; la cuales contaban de un sistema constructivo antiguo y vulnerable; que fueron desmontadas por su inestabilidad estructural que se vio afectada por el sismo de pasado 16 de abril y sus réplicas. Este tipo de construcciones no cuentan con un diseño sismo resistente que garantice el adecuado funcionamiento en sus elementos estructurales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El adobe como material de construcción.

La tierra ha sido uno de los materiales más utilizados por el hombre a lo largo de la historia; a este elemento elaborado por el hombre a partir del suelo se le conoce como adobe. De acuerdo con la norma ecuatoriana de la construcción Nec-15 en su capítulo referente viviendas, pág. 17, la cual define al adobe como un elemento de tierra disecada con forma prismática, que normalmente es reforzado en nuestro medio con fibras vegetales o sintéticas. Con la norma vigente este elemento deberá de cumplir con una granulometría apropiada según la norma de construcción con adobe en la sección 10.5.7 de la norma E 080.



Figura 2. Ladrillo de barro de origen artesanal

Fuente: Jose Luis Muentes A.

2.2.2. Modos de fallas en estructuras de adobe.

Las estructuras de adobe se componen principalmente de una cimentación, muros, elementos de arriostre y techo, estas estructuras presentan las siguientes fallas, las cuales se atribuyen a la poca resistencia a tracción y a la falta de adherencia que existe entre el bloque de adobe y el mortero de barro, además de estas fallas independientes, estas pueden presentar de manera combinada, como fallas por tracción en los encuentros de los muros, las fallas por flexión y por volteo. Estos son las vulnerabilidades que afectan a los elementos de la mampostería. (Yamshiro, Sanchez, & Morales, 2005).

Para el análisis de este tipo de construcciones se tomará en consideración de las siguientes acciones físicas que afectan a los muros de adobe. A continuación se detalla de una manera breve y puntual las principales fallas estructurales que poseen estas edificaciones hechas a base de tierra:

Las fallas por tensión en encuentro de muros se dan por un mal amarre en las uniones con muros perpendiculares, causando grietas directamente en la

parte esquinera superior de las paredes. Estas fallas se dan principalmente por los esfuerzos de tracción que se produce en uno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro, esta situación se agrava cuando a este se superpone los esfuerzos de flexión. (Jara, 2007).

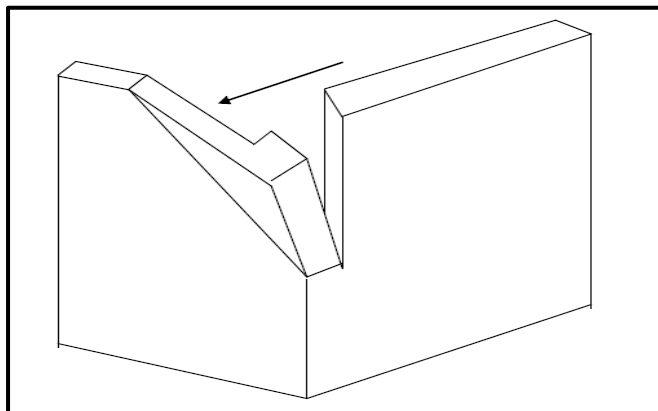


Figura 3. Falla típica por tracción

Fuente: (Jara, 2007)

Las fallas por flexión se producen por la poca resistencia a la tracción de los muros de adobe, esto ocurre cuando las fuerzas sísmicas inducidas sobre el muro produciendo grietas en la parte alta central de este elemento, ocasionado la separación de los muros por esfuerzos de tracción en los encuentros transversales y en sus esquinas superiores. A continuación se ilustra algunas de las variantes de este tipo de falla que se debe a los esfuerzos de tracción por flexión al actuar el muro como una losa apoyada en su base y en los elementos verticales que lo arriostran. La falla puede ocurrir en secciones horizontales verticales u oblicuas (Jara, 2007).

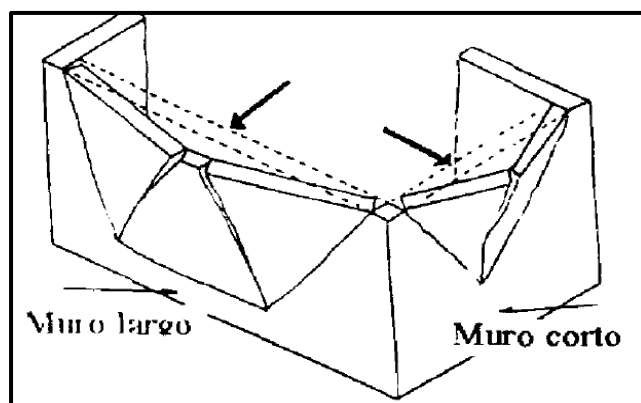


Figura 4. Falla típica por flexión

Fuente: (Jara, 2007)

Las fallas por corte son causadas por las fuerzas horizontales que actúan en paralelo al plano del muro generando grietas por esfuerzos cortante, por lo general este tipo de fallas se dan de forma diagonal siguiendo las juntas verticales y horizontal de los muros adobes. Por lo general estas fallas sobresalen en los muro y alrededor de las puertas y ventanas, generalmente cuando los sismos actúan paralelo a la pared.

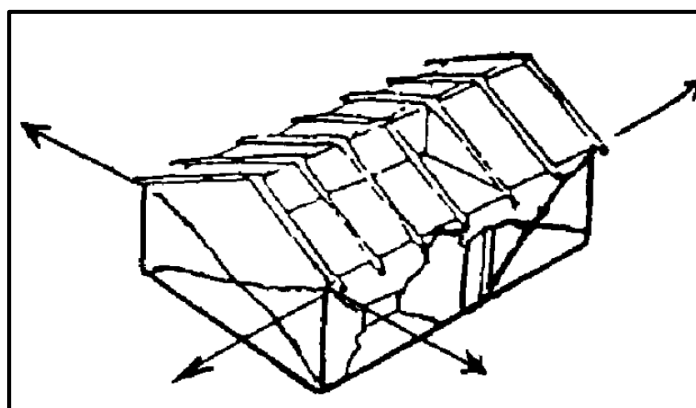


Figura 5. Falla típica por corte

Fuente: (Jara, 2007)

Las fallas por volteo se dan una vez separado los muros debido a las fallas en sus uniones, estos elementos estructurales se comportan como un elemento rígido independiente, los que serán afectados por la grades fuerzas ocasionadas por el sismo. Está fuerzas producen momentos actuantes que cera contrarrestado por el peso del muro, si la fuerza actuante es mayor que la que resiste el muro se desplomara haciendo colapsar las estructura superiores (entrepisos y cubierta).

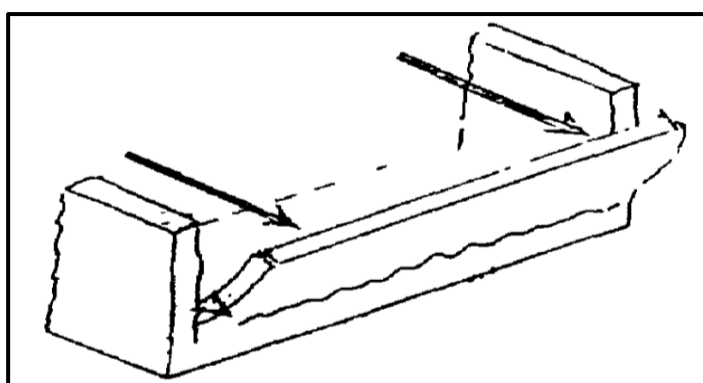


Figura 6. Fallas por volteo

Fuente: (Jara, 2007)

Daños por combinación de efectos debido a que los movimientos sísmicos producen aceleraciones en direcciones perpendicular y paralela a los muros adicionalmente a la aceleración vertical, es común que se presenten daños debidos a más de una causa, lo que implica una mayor complejidad en la identificación y caracterización de ellos. La complejidad se vuelve aún mayor cuando adicionalmente a lo mencionado están presentes causas no sísmicas como el deterioro por humedad o erosión y fallas del suelo (Jara, 2007).

2.2.3. Composición física del adobe.

Se puede elaborar adobes con casi cualquier material que no pose contenido orgánico y disponga de una buena granulometría, como se sabe la tierra está constituida principalmente de arcilla, limo, arena y gravilla, que con adecuadas proporciones brindan característica única a los suelos, los cuales tiene mayor influencia en la resistencia de la albañilería de adobe principalmente en los procesos de contracción por secado y la resistencia del material seco (Rebeca, 2016, pag.4).

Un buen adobe deberá estar compuesto de los siguientes porcentajes de arcilla, limo y arena, para garantizar un material adecuado para construcción. Esto se distribuyen entre un 18- 20% de arcilla y el 80% restante estará constituido de limo en proporciones de 15-25%, arena en un 55-70% y fibras vegetales que pueden ser de zacate de arroz, fibras de coco, hoja de pino o estiércol de caballo, etc.(Rebeca, 2016, pag.4).

Se recomienda una cantidad pequeña de arcilla, ya que esta es componente más importante del suelo (debido a la plasticidad); provee la resistencia seca y además causa la contracción por secado del suelo. Otros parámetros para la elaboración de un buen adobe son las propiedades físicas como su color, estado (sólido y representativamente seco) y su resistencia a la compresión que no debe ser menor a 100 kg/cm². (Rebeca, 2016, pag.4).

2.2.4. Refuerzos secundarios para ladrillos de adobes.

Entre los principales aditivos esta las fibras que son elementos que sirve para mejorar la estabilidad en la mezcla del ladrillo de barro o adobe frente a los agentes físicos, garantizando ha si una mayor resistencia del material a fabricar. Estos aditivos sirven como refuerzo secundario para evitar el micro fisuras por contracción en el secado. Otro de los material como es el asfalto, cemento o la cal se han ido implementando a esta mezcla para brindar una mayor resistencia a la compresión y una mayor estabilidad ante la humedad. (Rebeca, 2016, pag.3).

2.2.5. Bloque de adobe estabilizado.

Se entiende por adobe estabilizado a la mezcla tradicional de barro con paja con la incorporación de otros materiales, como el cemento, la cal o asfalto con el objetivo de mejorar su comportamiento frente a la humedad y la compresión. El cemento que es un aglomerante el cual se mezclara con la tierra el mismo que no deber exceder el 20% de peso del material con que se va a mezclar; mientras que el adobe estabilizado con asfalto varia en su proporción para la mezcla pero por lo general estudios elaborados por (Tejada, 2001. Pág. 36) señala que el porcentaje de mezcla de asfalto puede varía entre 0,5-4%; y por lo general esta proporción esta entre el 1,5-2% (López, 2010).

Para la estabilización con cal se emplea de material arenoso con un bajo nivel porcentaje de arcilla, esta se producía de una forma tradicional, a un hoy solo se produce de manera industrial, el adobe de cal permitía la construcción de viviendas en altimetrías y áreas superiores a los de tierra. (López, 2010).

2.2.6. Ensayo de suelo cemento.

El suelo cemento es una mezcla de suelo con cemento Portland y agua; este tipo de mezclas es muy usada para base de pavimentos económicos en pistas de aeropuertos, carreteras, calles, áreas de parque y en la construcción, para la elaboración de adobes estabilizados, este tipo de ensayos presenta de las siguientes ventajas: dan una gran resistencia, durabilidad y se tiene un bajo costo de diseño, producción y construcción. (ASTM D 559 Y ASSHOT T 135, 2001).

Para la elaboración de esta mezcla se requiere que le suelo tenga una cantidad menor al 20% de arcilla (0,005 mm.) y un menos del 50% de finos en general (arcilla y limo). Este mezcla restringe el uso de suelos grises, escorias, desechos, margas; tampoco se usara suelo granulares que contengan material retenido en la malla N°4, para este diseño se requiere determinar la cantidad adecuada agua y cemento. (ASTM D 559 Y ASSHOT T 135, 2001).

2.2.7. Método “Short-Cut”

Este método de diseño “Short-Cut” elimina algunas pruebas de las establecidas por las especificaciones ASTM, remplazándolas por los diagramas especiales (ver ANEXO B) de modo que se efectúan las pruebas de análisis granulométrico, humedad-densidad y resistencia a la compresión; previo a esto hay que hacer una prueba de sifonado para determinar el porcentaje de material. Este método se divide en A. y B, que se pueden escoger de acuerdo con la granulometría, que para el primero se cuándo no hay material retenido en la malla N°4, mientras que el segundo se da cuando hay material retenido por la malla N°4. (ASTM D 559 Y ASSHOT T 135, 2001).

2.2.8. Pruebas método “Short-Cut”.

“El método establece que se deberá cumplir como mínimo las siguientes pasos básicos para la elaboración del ensayo de suelo-cemento en base a la norma ASTM y ASSHOT, respectivamente.

- **Granulometría de suelo y límites Atterberg.-** Con estas pruebas se puede determinar la clasificación y el porcentaje de material más pequeño que 0,005 mm.
- **Peso específico de la masa.-** El material retenido en la malla N°4 indicara si se usara del método A, de lo contrario será el B.
- **Prueba de humedad-densidad.-** Esta prueba determinara la densidad seca máxima con que debe ser compactado el material a ensayarse.
- **Determinación de la cantidad de cemento.-** Aquí se hará uso de los diagramas para determinar la cantidad de cemento Portland para la mezcla.
- **Verificación de requisito.-** Se compara la resistencia a la compresión del material elaborado en probetas con los establecidos por los diagramas”. (ASTM D 559 Y ASSHOT T 135, 2001).

2.2.9. Propiedades mecánicas del adobe.

El modulo elástico (E), también llamado módulo de Young, es un parámetro característico de cada material que indica la relación existente (en la zona de

comportamiento elástico de dicho material) entre los incrementos de tensión aplicados ($d\sigma$) en el ensayo de tracción y los incrementos de deformación longitudinal unitaria ($d\varepsilon$) producidos. Equivale a la tangente en cada punto de la zona elástica en la gráfica tensión-deformación (σ - ε) obtenida del ensayo de tracción (Gonzales A. P., Mecapedia- enciclopedia virtual de ingenieria mecanica , 2014).

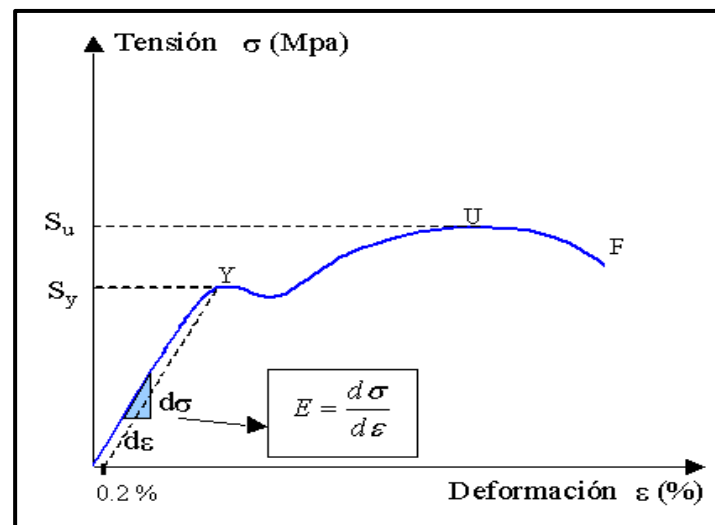


Figura 7. Curva esfuerzo- deformación

Fuente: http://www.mecapedia.uji.es/modulo_de_elasticidad.htm.

El módulo de corte (S) se define como la razón del esfuerzo cortante F/A , a la deformación del corte ϕ . Para un material elástico lineal e isótropo, el módulo de elasticidad transversal es una constante con el mismo valor para todas las direcciones del espacio. En materiales anisótropos se pueden definir varios módulos de elasticidad transversal, y en los materiales elásticos no lineales dicho módulo no es una constante sino que es una función dependiente del grado de deformación.

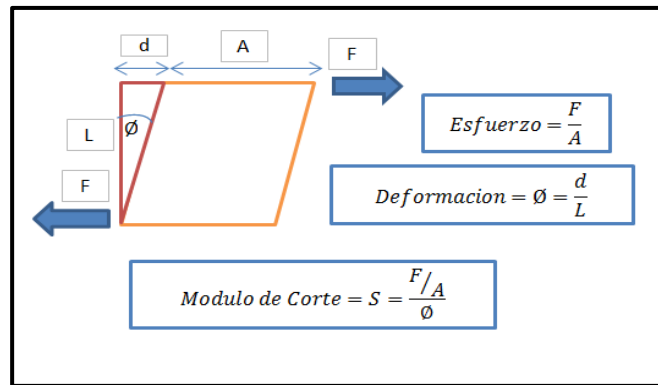


Figura 8. Esquema del Módulo elástico

Fuente: Jose Luis Muentes A.

El coeficiente de poisson (ν) es una constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento. Esto quiere decir que el coeficiente poisson en la relación que existe entre la deformación unitaria lateral y deformación unitaria axial (Gonzales A. P., 2014).

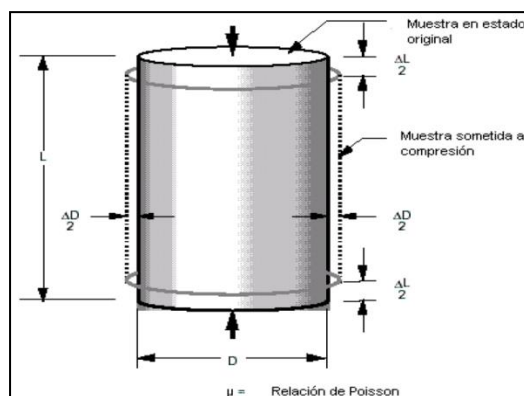


Figura 9. Esquema para obtener el módulo de Poisson

Fuente:(Gonzales A. P., 2014)

2.3. Marco contextual

2.3.1. Comportamiento sísmico

La causa generadora de un sismo, es la dispersión de energía que se manifiesta en forma de vibraciones en el terreno; la cual sigue en discusión aunque en la actualidad se los asocia con los movimientos de las placas tectónicas. Un dato que avala a esta teoría es que casi todos los terremotos se producen en zonas que coinciden con los límites de las placas lito esféricas, en especial con las zonas de convergencia como la región andina o con zonas de transformación como la falla de San Andrés, en California. (Timonel, 2011).

Una clara explicación es por los movimientos de las placas ya que estos no son continuos sino una sucesión de desplazamientos separados entre sí por períodos de quietud en los que la energía se va acumulando y que, luego al soltarse, genera una violenta dispersión de ondas longitudinales y transversales. (Timonel, 2011).

Cuando la energía acumulada supera la resistencia de los materiales circundantes se produce un brusco desplazamiento de bloques que emite vibraciones de distinto tipo e intensidad y que se transmiten en todas direcciones generando un sismo. El punto, donde se origina la vibración, se llama foco o hipocentro. Su proyección vertical se llama epicentro y sirve para ubicarlo geográficamente en la superficie. (Timonel, 2011).

Convencionalmente se clasifican los focos en: someros, cuando se ubican entre la superficie y los 70 Km. de profundidad; intermedios, entre 70 y 300 Km. y profundos entre los 300 y 700 Km. La mayoría de los terremotos importantes son

de focos someros. Los profundos son muy escasos y nunca se detectaron sismos por debajo de los 700 Km. (Timonel, 2011).

2.3.2. Construcción antisísmica.

Un sismo es el resultado del movimiento de las placas tectónicas, las cuales al chocar entre liberando grandes cantidades de energía acumulada a lo largo del tiempo. Las áreas más expuestas a estos fenómenos son la pertenecientes al anillo de fuego de Pacífico, durante el transcurso de la historia han sido muchos los países afectados por los sismos, que a su paso han dejado cuantiosas muertes y pérdidas materiales (Minke, 2013).

Las edificaciones son las más afectadas por el movimiento horizontal de va y ven de la tierra en el plano horizontal, mientras que la aceleración vertical causada por los sismos son menores al 50% de su movimiento. El problema para las viviendas de uno y dos pisos radican en movimiento de sus muros los cuales tienden a caer hacia fuera causando el colapso de los techos o entrepisos. (Minke, 2013).

2.3.2.1. Requisitos constructivos.

De acuerdo a la experiencia un adecuado diseño de viviendas antisísmicas se debe tener en consideración las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura deberán ser proporcionales a la masa y las deflexión se incremente significativamente sobre la altura de la edificación; por este motivo en edificaciones se aconseja que la planta baja se sol olida mientras que la alta se aligerada. Otra de los parámetros a considerar esta en las aberturas de puertas y

ventanas que causan debilitamiento de los muros de adobe, las influencias sísmicas concentran fuerzas en las esquinas de estas aberturas creando grietas. (Minke, 2013).

“Las causas más generales se pueden enumeran según su orden de importancia en:

- **TECTÓNICA:** Son los sismos que se originan por el desplazamiento de las placas tectónicas que conforman la corteza, afectan grandes extensiones y es la causa que más genera sismos.
- **VOLCÁNICA:** Estos son poco frecuente; cuando la erupción es violenta genera grandes sacudidas que afectan sobre todo a los lugares cercanos, pero a pesar de ello su campo de acción es reducido en comparación con los de origen tectónico.
- **HUNDIMIENTO:** Se dan cuando al interior de la corteza se ha producido la acción erosiva de las aguas subterráneas, va dejando un vacío, el cual termina por ceder ante el peso de la parte superior. Es esta caída que genera vibraciones conocidas como sismos. Su ocurrencia es poco frecuente y de poca extensión.
- **DESLIZAMIENTOS:** El propio peso de las montañas es una fuerza enorme que tiende a aplanarlas y que puede producir sismos al ocasionar deslizamientos a lo largo de fallas, pero generalmente no son de gran magnitud.
- **EXPLOSIONES ATÓMICAS:** Son realizadas por el ser humano y que al parecer tienen una relación con los movimientos sísmicos”. (Pachuca, 2013).

2.3.2.2. Formas de planta.

Para dar mejor estabilidad a las viviendas de adobe es importante que se considere la forma de planta, mientras más compacta esta sea más estables será la vivienda, se ha demostrado que por experiencia que una planta cuadrada será mejor que una rectangular; mientras que las de forma circular son las más óptima. Las plantas con ángulos no son recomendables, y se recomiendan dejar los espacios entre los espacios, esta uniones entre estos debe ser liviana y flexible (Ver ANEXO B). (Mike, 2001, pag.9).

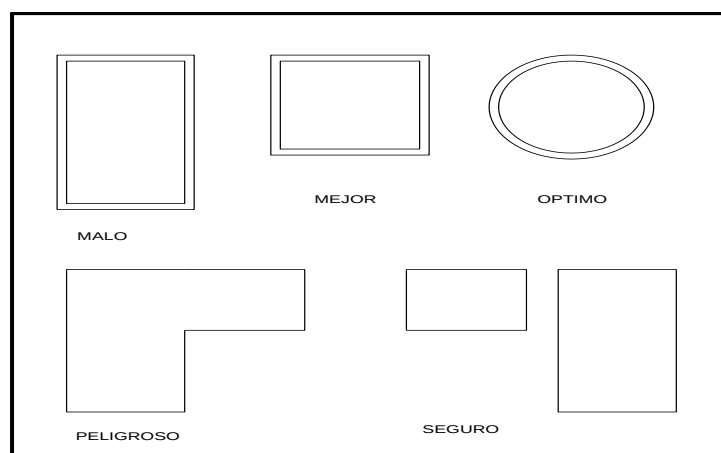


Figura 10. Esquema en planta para viviendas de adobe

Fuente: Elaboración Propia

2.3.3. Sistema estructural de viviendas de adobe

Un sistema estructural que involucra el diseño de edificaciones de tierra de estar constituido de los siguientes elementos estructurales como es la cimentación, sobre cimentación, muros, entrepisos y techos, elementos de arriostre refuerzos y conexiones. Estos sistemas en conjunto presentan

dificultades de vinculación entre la cimentación y cubierta con los muros longitudinales y transversales; debido al espesor de estos y por las propiedades del material como la adherencia. A un con estas características se debe lograr cumplir las filosofías de diseño. (Gonzales, Aguilar, & Narcia, 2010).

Las cimentaciones.- Tienen como función principal transmitir las cargas hasta un suelo firme y evitar que la humedad ascienda hacia los muros de adobe de la vivienda. Con esto requerimientos, toda cimentación debe tener una profundidad mínima de 0.60 m. a partir del terreno natural y un ancho mínimo de 0.40 m.

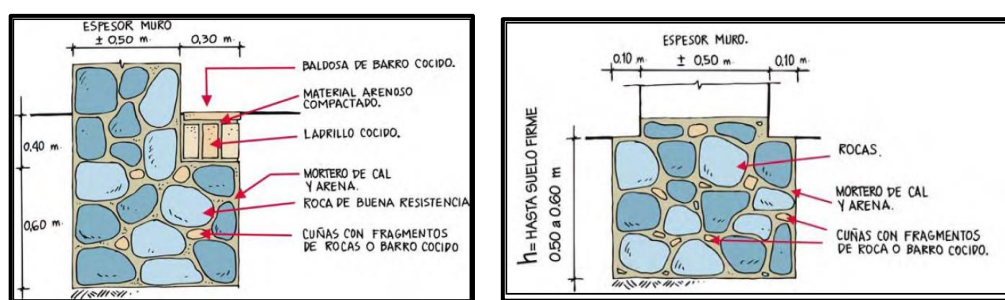


Figura 11. Sección transversal de un modelo de cimentación a muros ciclópeo

Fuente: [www. Estructuras- casa de adobes.com](http://www.Estructuras-casa-de-adobes.com)

Se pueden efectuar tres tipos de cimentaciones la primera de piedras grandes con mortero de cal y arena gruesa o mortero de barro; estas cumplen con las dos condiciones anteriores, la segunda también cumple con las dos condiciones pero en cambio es de Piedra grande tipo pirca acomodada con piedras pequeñas y apisonadas; esta puede pueden utilizar mallas para mantener unidas a las piedras y la tercer alternativa consiste en hacer un muro ciclópeo o Albañilería de Piedra con Mortero Cemento y Arena. (Cotera, 2014).

Los sobre cimientos.- Estos deben cumplir con las siguientes condiciones que son las de transmitir las cargas hacia la cimentación, evitar que la humedad ascienda hacia los muros de tierra, debe proteger frente a la erosión, la asunción capilar y en lo posible a la disipación sísmica, cumpliendo estas indicaciones este tipo de elementos deberán elevarse a 30 cm sobre el nivel del terreno. (Cotera, 2014).

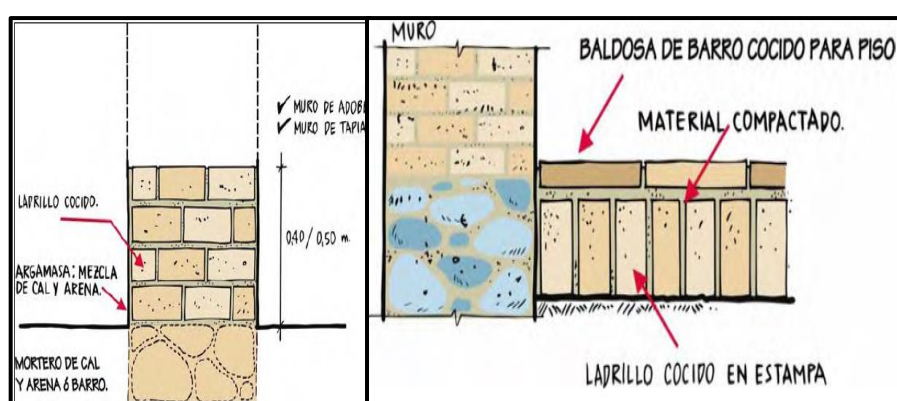


Figura 12. Estructura típica de sobre cimiento para muros

Fuente: [www. Estructuras- casa de adobes.com](http://www.Estructuras-casa-de-adobes.com)

Los pisos de las viviendas de adobe.- Estos son independiente del tipo y conformación de las cimentaciones y sobre cimentaciones, una vez hecha la nivelación y compactación del suelo se procede a elaborarlos y estos pueden ser de base de ladrillo cosido, estos se colocan a presión si necesidad de ningún ligante.

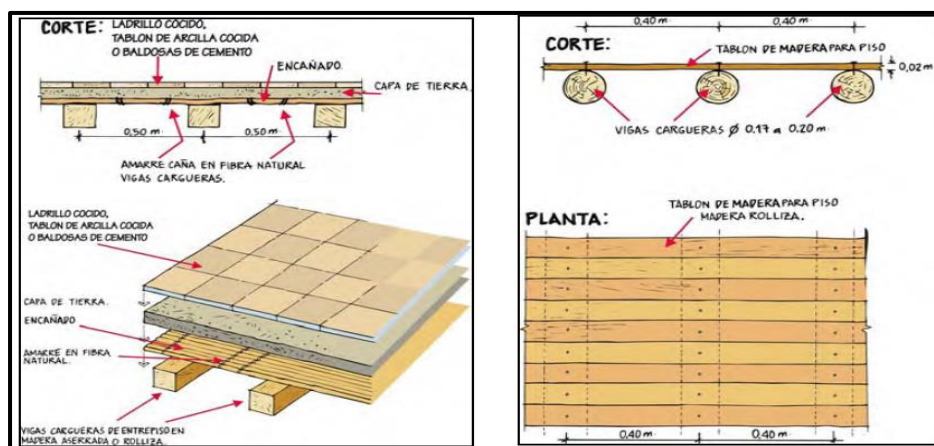


Figura 13. Pisos de material de adobe

Fuente: [www. Estructuras- casa de adobes.com](http://www.estructuras-casa-de-adobes.com)

También se los puede elaborar con estructura de madera para este caso se coloca vigas de madera de sección de 10*10 cm con una separación de 50 cm; sobre estas se colocan listones de madera de 10 cm de ancho y 2 de espesor y de longitud variable. Otra manera de elaborarlos es con una base en roca, suelo compactado y baldosa; para esto la base de roca será de roca media triturada compactada sobre esta ira una capa de arena de 10 cm, para la posterior instalara el piso de baldosa de cemento. (Cotera, 2014).

Los muros.-Son elementos importantes en la resistencia, estabilidad y comportamiento dinámico para las estructuras en construcción de adobe. El diseño de los muros debe realizarse usando criterios basados en la resistencia, estabilidad y desempeño, complementariamente. La función del muro consiste en la protección para personas, procesos y elementos. De carácter térmico, acústico, contra el fuego, la humedad, etc. En cuanto a su carácter mecánico será de acuerdo a las cargas que actúen. (Cotera, 2014)

En lo relativo a su comportamiento mecánico, su calidad inicial se encuentra por encima de niveles aceptables, pero por su baja durabilidad, esta calidad se

deteriora en el transcurso del tiempo, por lo que es necesario considerar el valor de la calidad final e acuerdo a la vida útil de la estructura, según los parámetros actuales en cada paso. (Cotera, 2014).

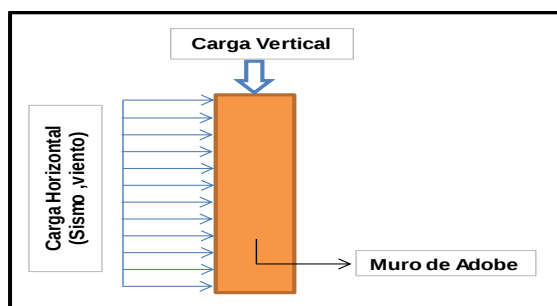


Figura 14. Esfuerzo en muros de adobe

Fuente: Elaboración Propia

Cubierta.- Estos elementos se presentan en grandes variedades para este tipo de estructuras, que por lo general deben ser elementos de carácter liviano siendo los más usados los elementos de madera rolliza o de aserrado. Existen dos tipos de cubiertas que se pueden emplear a estas viviendas, las de tipo plano para cubrir pequeñas áreas y las de tipo inclinado sobre las cuales se instala el tejado emboquillado uno con otro. ((AIS), 2004).

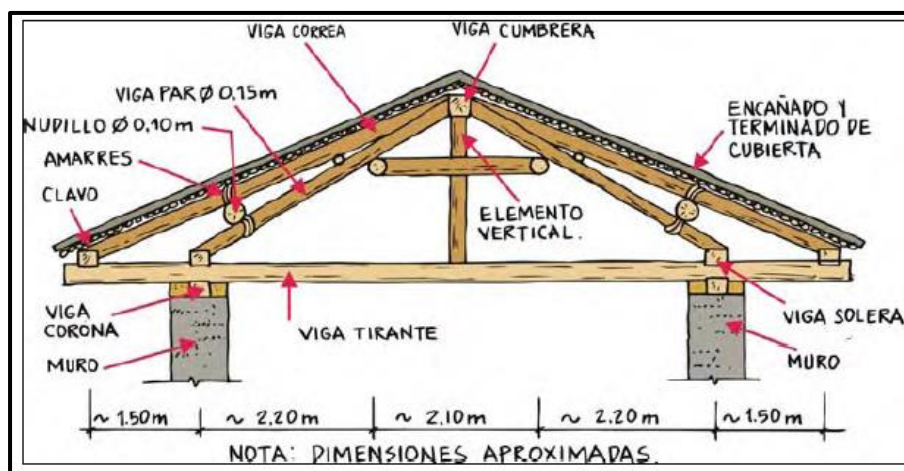


Figura 15. Cubierta de madera tipo inclinada

Fuente: [www. Estructuras- casa de adobes.com](http://www.Estructuras-casa-de-adobes.com)

2.3.4. Refuerzos internos en muros.

Este tipo de refuerzos sirven para contrarrestar los impactos horizontales de los sismos con la incorporación de elementos verticales dentro de los muros; estos pueden ser de madera, bambú o hierro, que deberán estar anclados a los cimientos y fijos a los encadenados que serán las vigas collar o entrepiso de la vivienda. Los refuerzos horizontales son pocos efectivos y peligrosos por tener un mal anclaje al elemento de tierra debilitando la sección en estos puntos y ocasionando quiebres horizontales durante el sismo. (Mike, 2001, pag.9).

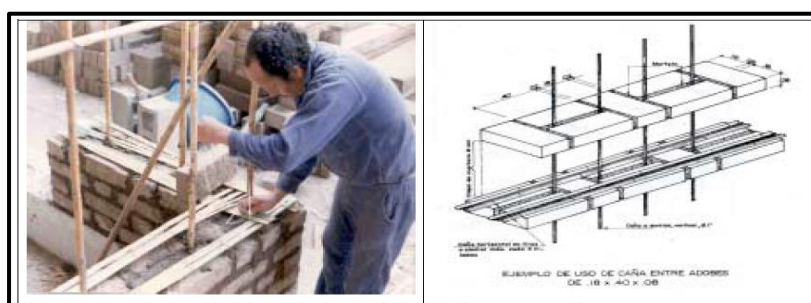


Figura 16. Colocación de refuerzos de caña en Perú

Fuente: (Blondet y otros, 2002)

2.3.5. Pruebas realizadas a escala en muros de adobe

Siguiendo con el ámbito investigativo sobre los estudios realizados a este tipo de elementos (muros de adobe), la universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú, se han realizado múltiples investigaciones en edificaciones de adobe reforzadas con caña (Blondet y otros, 2002). El primer proyecto de investigación desarrollado en la PUCP en 1972 consistió en el estudio experimental de varias alternativas, con materiales disponibles en zonas rurales, para el refuerzo estructural de casas de adobe.

Los modelos fueron contruidos sobre una plataforma de concreto. El ensayo consistió en inclinar lentamente la plataforma y medir el ángulo de inclinación en el momento del colapso. La componente lateral del peso del modelo fue usada para cuantificar la máxima fuerza sísmica. La conclusión principal fue que un refuerzo interior logrado con caña vertical, combinado con caña horizontal aplastada colocada cada cuatro hiladas, aumentaba considerablemente la resistencia de los modelos. (Blondet, Neuman, Torrealva, & Rubiñño, 2010).

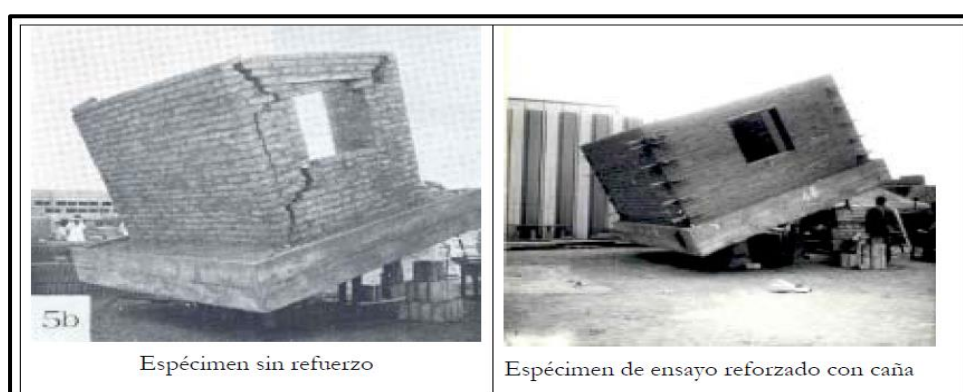


Figura 17. Comportamiento sísmico simulado del adobe con refuerzo y sin refuerzo

Fuente: (Blondet y otros, 2002).

2.3.6. Reforzamiento en viviendas de adobe.

En la actualidad se han realizado algunas pruebas para garantizar la eficacia de este material en el área de la construcción de viviendas, mediante pruebas de simulación sísmica se ha optado en reforzar a este elemento de tierra para evitar su vulnerabilidad ante los sismos. Existen algunos métodos para reforzar de este tipo de viviendas, los sismos que garantizan la eficiencia y resistencia a los esfuerzos de tracción que es la mayor vulnerabilidad en este tipo de construcciones. (Diéguez, 2016).

2.3.7. Reforzamiento con Geo mallas.

La geo malla (malla de polipropileno) actúa como refuerzo de todos los muros, permitiendo que la casa sea más resistente a los sismos. Sobre todas las paredes se instalaran vigas de collar y a su vez estas estarán reforzadas con mallas de polipropileno, llamadas geo mallas. Estas geo mallas complementa toda la pared de adobe haciéndola más resistente y evitando que se caigan durante un terremoto. La geo malla se compra por rollo, que mide de entre tres a cinco metros y de ancho de 50 a 100 m de longitud. (Blondet, Neuman, Torrealva, & Rubiñño, 2010).

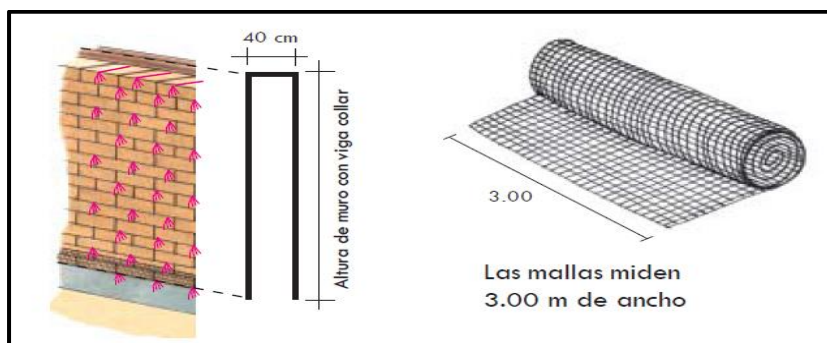


Figura 18. Geo malla de polipropileno para muros de adobe

Fuente: www.geomembranas.com

2.3.8. Reforzamiento con mallas electro soldadas galvanizada.

La malla electro soldada galvanizada es elaborada con alambre galvanizado regular que forma celdas o eslabones entrelazados. Este tipo de refuerzos en franjas se usan para simular vigas y columna, se empleara según las indicaciones establecidas por la norma técnica de edificaciones NTE E.080. Este tipo de refuerzos sirven para disimulara vigas y columnas en confinamiento se diseñan para soportar las condiciones sísmicas transversales al plano de los muros de adobe; las mallas a diseñar son las esquineras (“columnas”) y las longitudinales a colocar en los bordes superiores de los muros (“vigas soleras”). (Blondet, Neuman, Torrealva, & Rubiñño, 2010).

Este diseño aplica para viviendas de adobe existentes y nuevas. Debe considerarse que las mallas están compuestas por alambres de 1mm de diámetro, espaciados cada $\frac{3}{4}$ ” (cocada cuadrada), presentan una resistencia a la rotura de 220 kg/m; asimismo, si una capa de malla no fuese suficiente, puede emplearse 2 y hasta 3 capas. (Blondet, Neuman, Torrealva, & Rubiñño, 2010).



Figura 19. Malla electro soldad galvanizada

Fuente: www.mallasmedina.com/soldada.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación empleado al presente trabajo investigativo, en un estudio exploratorio y de carácter descriptivo de campo. Se considera de carácter exploratorio por cuanto se trata el tema del adobe como material de construcción y este es un tema poco estudiado en nuestro país, del cual se tienen aún muchas dudas; la idea principal de este estudio es obtener un conocimiento más amplio respecto al problema y formular hipótesis útiles.

La investigación de este proyecto también comprende de un carácter descriptivo que busca especificar las propiedades y características mecánicas del ladrillo de adobe como material para la construcción, mediante un ensayo de suelo cemento, que nos proporcione de un elemento más estable, resistente y durable, con el cual se pueda disponer de un sistema de construcción alternativo y ecológico para nuestro entorno.

Para esta investigación se utilizó de un enfoque mixto, es decir, la combinación de los enfoques cualitativo y cuantitativo ya que ambos emplean procesos cuidadosos, sistemáticos y empíricos en la recolección de datos que luego fueron contrastados y analizados para su respectivo informe, así mismo orientado hacia una investigación descriptiva.

Esta descripción se basó en realidades y hechos, con el fin de presentar una interpretación correcta, que plantea características fundamentales de los

problemas estructurales en edificaciones de adobe, empleando criterios sistemáticos que muestren su estructura y comportamiento ante sismos. Para esta investigación se consideró:

- Observación de campo (recolección de datos y muestra)
- Análisis detallado de las propiedades de suelo (ensayo de laboratorio según norma internacional ASTM).
- Comparación del adobe de suelo cemento y adobe con fibras.
- Análisis de problemas de estabilidad de viviendas de adobe
- Investigación de normas sismo resistentes para viviendas de adobe (Uso de norma Peruana E.080 y NEC-15)
- Investigación bibliográfica del comportamiento dinámico de una estructura de adobe bajo fuerzas sísmicas.
- Análisis de un muro adobe sismo resistente, usando programas estructurales (ETABS).

3.1.1. Técnicas y recolección de datos.

De acuerdo al tipo de investigación, se ha utilizado las técnicas de recolección de datos primarios que proporciono la información necesaria en el desarrollo de la investigación, la observación de campo consistió en una inspección visual directa de los diversos proceso de elaboración del ladrillo de barro crudo que se elabora en una ladrilleras del recinto “El Chorrillo”, con el objetivo de recolectar la información técnica de los expertos en esta técnica ancestral.



Figura 20. Obtención del material “Recinto El Chorrillo”

Fuente: Jose Luis Muentes A.

Luego de haber recopilado todos los datos técnicos, se procedió a toma una muestra del material que ellos utilizan en para la elaboración de este material constructivo, con el único fin de comparar los porcentajes de arcilla, limo y arena frente a las especificadas por la norma E.0.3 y con estos datos poder elaborar un ladrillo de barro más estabilizado que el usado común mente mediante un ensayo de suelo cemento que nos proporcionaría la cantidad de cemento para este nuevo ladrillo.

3.2. Pruebas realizadas

Para el análisis de esta investigación se ha realizado un ensayo de suelo cemento para determinar la cantidad necesaria en porcentaje de cemento, agua la compactación de la mezcla húmeda a la densidad apropiada antes de la hidratación del cemento. Este método de diseño “Short-Cut” elimina algunas pruebas de establecidas por la especificaciones ASTM, remplazándolas por los

diagramas especiales (ver Anexo C), de modo que se hacen solamente la siguientes pruebas.

- Análisis granulométrico
- Humedad- densidad
- Resistencia a la compresión

Con el único beneficio de elaborar elementos más estable que cumpla con las siguientes ventajas una mayor resistencia, durabilidad y que genere un bajo costo económico en su elaboración, fácil producción y aporte beneficios en las construcción. El método empleado para este ensayo fue el “A” de la norma ASTM por tratarse de un material que no presenta porcentaje retenido en la mallas N° 4.

3.2.1. Pruebas granulométricas.

El ensayo granulométrico basado en AASHOT T-87-70, T-88-70; ASTM D421-58, D422-63, nos permitió elegir el método aplicado en ensayo, este nos demostró que la muestra no presentaba porcentaje retenido en malla N°4, clasificando el material como un suelo fino bien graduado. Para este ensayo se requirió el uso de los siguientes instrumentos:

Un juego de tamices N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°80, N°100, N°200, fondo y tapa (especificadas por la AASHOT Y ASTM), también de un horno de temperatura constante de 105°C, una balanza de 0,01 gr. de aproximación. Este ensayo determinó el material pasante a partir del tamiz N°4 hasta el fondo, mediante la suma de pesos acumulado en cada malla se obtienen los porcentajes

en cada tamiz de una muestra de 525,06 gr. para luego graficalos en una curva granulométrica semi logarítmica.

3.2.2. Límites de Atterberg.

Este ensayo de humedad (contenido de agua) para la caracterización de un suelo, se basó en la norma ASTM D 2216-71. Para este ensayo se usó de los siguientes equipos de laboratorio: una balanza de aproximación de 0,01 gr, un horno de 105°C-110°C, una espátula y recipientes para muestras tomadas.

Para la determinación del contenido de humedad se empleó de la siguiente ecuación:

$$\% W = \frac{W_h - W_o}{W_o} * 100$$

Ecuación 1. Porcentaje de humedad

Donde;

W: es el peso húmedo del suelo

Wh: Es el peso del suelo húmedo moldeado

Wo: Es el peso de suelo seco moldeado

$$Wl = W * \frac{N^{0,121}}{25}$$

Ecuación 2. Limite líquido

Fuente: Profesor William Lamber, (1990)

Donde;

N: es el número de golpes

W: humedad correspondiente a N

$$Wp = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

Ecuación 3. Limite plástico

El Wc o limite de contracción como el contenido de humedad máximo, bajo el cual una disminución en el contenido de humedad no causa una reducción del volumen de la masa de suelo.

$$Wp = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

Ecuación 4. Límite de contracción

Dónde:

Ws: límite de contracción

W%: Contenido de humedad del suelo húmedo

Vo: volumen de suelo moldeado

V: volumen de suelo húmedo moldeado

Wo: peso de suelo moldeado.

3.2.3. Prueba de densidad-humedad.

Para esta prueba se empleó el método A del Próctor modificado especificado por AASHOT T-180 y ASTM D 1557 para el cual se empleó del siguiente equipo técnico de laboratorio, un molde o cilindro de diámetro 4", martillo de 10 lib. , charola y zarandas para la muestra, horno y balanza, las cuales se compactaron en cinco capas. De acuerdo a las especificaciones ASTM D1557, establecida la muestra se pesó el material y se calculó su volumen, posterior a esto se

determinó el contenido de humedad natural de la muestra que para nuestro caso fue de 7.82% y una densidad máxima de 1,93 gr/cm³. con este contenido de humedad se determinó la densidad seca a partir de la densidad húmeda:

$$\gamma_s = \frac{\gamma_h}{1 + \frac{w\%}{100}}$$

Ecuación 5. Fórmula para curva humedad-densidad

Como se ve este ensayo sirve para determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, no es el contenido de agua que da el más alto peso unitario seco.

3.2.4. Pruebas de resistencia.

Para este ensayo se elaboró una pila de 4 elementos de ladrillo de adobe estabilizado con las siguientes dimensiones (20x40x10) cm con material de tierra, cemento y agua, con un porcentaje del 8% de cemento el cual se obtuvo del diagrama II (Ver ANEXOB) y el tiempo de curado fue de 14 días.

El procedimiento comenzó preparando la probeta en la maquina universal de ensayos de compresión “VERSA TESTER 30 M”. Se tomaron las dimensiones del elemento en ambas cara del prisma obteniendo así un largo y ancho promedio, para el posterior calcular el área neta. El siguiente paso fue revisar el elemento en sus extremos los cuales deberán estar planos y perpendiculares al eje longitudinal en el marco de carga con la cruceta móvil y la mesa, luego se centró la probeta en la prensa de ensayo utilizando un bloque de apoyo maquinando en

el extremo. La máquina universal de ensayos de capacidad de 6 toneladas o 60KN.

Para el cálculo del esfuerzo a compresión de los elementos ensayados se usó de la siguiente ecuación de esfuerzo de compresión simple.

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

Ecuación 6. Esfuerzo admisible de compresión

Dónde:

σ : Es el esfuerzo de compresión del elemento (kg/cm²)

F: Es la fuerza aplicada al elemento (kg.)

A: Es la sección transversal o área neta del prisma (cm²).

3.3. Ensayo suelo cemento

En los puntos anteriores se explicó el proceso de los ensayos que se solicitaron para el método Short Cut de una manera individual y práctica, pero aplicando el método teórico en función de la granulometría de la malla 4, 60 y 200. Se efectuó como primer paso la estimación de una densidad máxima promedio, para esto se empleó el diagrama I (Ver Anexo B) y con el porcentaje más pequeño que 0,05 mm (arcilla) se pudo ubicar en el diagrama II (Ver Anexo B) el contenido de cemento que se usó en la prueba. Una vez hecho estos se compararon con la prueba de Próctor para corregir el % de cemento.

El siguiente paso fue moldear los especímenes para la prueba de resistencia a la compresión, con el porcentaje de cemento obtenido. Estos especímenes se elaboraron con un diámetro de 5,08 cm y una altura de 5,08 cm. Se efectuaron 6 especímenes con diferentes variaciones de fibras y una pila de 4 bloques de suelo cemento para sus respectivas pruebas de resistencia. Con el diagrama III (Ver Anexo C) se buscó la resistencia a la compresión promedio para los cilindros, evaluando el factor de cemento indicado en la muestra en la curva; donde la norma específica lo siguiente; si el valor cae debajo el porcentaje de cemento de demasiado bajo, mientras si es lo contrario el porcentaje será el adecuado. El diagrama VII (Ver Anexo C) nos permitió convertir el porcentaje de cemento por peso de volumen para una adecuada construcción o trabajo de campo.

3.3.1. Resistencia a la compresión en pila de adobe

Para determinar la resistencia a la compresión de la pila de adobe simplemente se dividirá la carga máxima soportada durante el ensayo para el área de la carga bruta de la pila de adobe estabilizado con el 8% de cemento Portland, determina con el promedio de área de al menos tres de las piezas de la pila.

Resistencia a la compresión con fines de diseño

Para determinar la resistencia a compresión con fines de diseño se f'_m se empleará de la siguiente ecuación:

$$f'_m = \frac{f_m}{1 + 2,5 * cm}$$

Ecuación 7. Resistencia a compresión de la mampostería

Dónde:

Fm: Es la resistencia a los esfuerzos a compresión

Cm= Es el coeficiente de variación de los esfuerzos resistentes de las pilas ensayadas, que no se tomará menor que 0,15.

Modulo elástico de la mampostería

$$E_m = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - 0,0005}$$

Ecuación 8. Modulo elástico de la mampostería

Dónde:

E m: es el módulo de elasticidad de la mampostería;

σ_1 : Es el esfuerzo axial correspondiente a 0,000050 de deformación;

σ_2 : Es el esfuerzo axial correspondiente al 40% de la carga máxima;

ε_2 : Es la deformación producida por el esfuerzo σ_2 .

La deformación ε se calcula como:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L^o}$$

Ecuación 9. Deformación unitaria

δ : Es el acortamiento medido a lo largo de la longitud calibrada; y

L^o : Es la longitud calibrada medida entre apoyos de transductores

Para expresar este cálculo de una manera más clara se muestra de manera gráfica como se determina el modulo elástico de la mampostería, basados en la “Norma técnica complementaria para diseño y construcción de estructuras de mampostería”, la cual que nos establece los métodos de prueba para la

determinación de la resistencia a compresión y del módulo de elasticidad de pilas de mampostería de barro y de concreto.

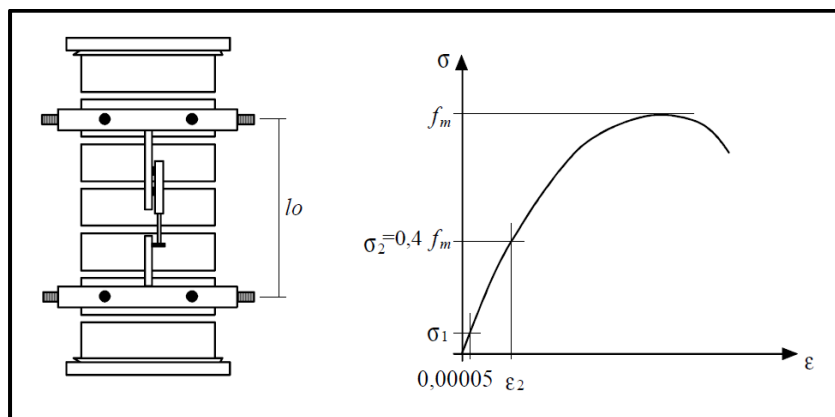


Figura 21. Determinación del módulo elástico de la mampostería

Fuente: (Gaceta Oficial del Departamento del D.F., 1989)

3.4. Análisis de un muro de adobe

Como se sabe los elementos que conforma la edificación de adobe son: los cimientos, los muros que trabajan como muros portantes o como elementos arriostrados, las vigas soleras y los entre pisos/ techos que se consideran elementos flexibles. En este punto se analizó el comportamiento que tendría un muro elaborado con un ladrillo de suelo cemento.

3.4.1. Análisis por flexión.

Empleando condiciones casi similares a las empleadas en el hormigón armado, se procedió a evaluar el diseño por flexión de un muro de adobe estabilizado con 8% de cemento. Para este análisis se tomaron en cuenta de los siguientes datos.

A_p = Área de influencia del muro considerado el 20% del área de construcción del plano de vivienda modelo de adobe (Ver Anexo C).

L = Longitud del muro

H = Altura del muro

t = espesor del muro

W_1 = Carga actuante para el primer piso (calculado del metrado de cargas)

W_2 =Carga actuante para el segundo piso (calculado del metrado de cargas).

P = Carga vertical, obtenida al multiplicar el área de aportación (m^2) y las cargas actuantes (Kg/m^2). En el análisis del comportamiento a flexión del muro se verifica la capacidad portante del muro sometido a cargas verticales con las siguientes ecuaciones y parámetros expresados a continuación:

$$f_{actuante} = \frac{P}{A} = \frac{P}{L * t}$$

Ecuación 10. Esfuerzo actuante o de confinamiento

Para un análisis correcto de debe tener en cuenta que el esfuerzo actuante de ser menor que el esfuerzo a compresión en la mampostería; por consiguiente las condición es la siguiente:

$$f_{actuante} \leq f_m = 0,25 * f^m$$

Ecuación 11. Esfuerzo Admisible

Dónde:

f^m = Es el esfuerzo de rotura a compresión de la mampostería

F_m = esfuerzo admisible del muro obtenido del ensayo en el laboratorio Ruffilli.

Luego de establecer los valores del esfuerzo actuante y admisible de muro, se procede a calcular el esfuerzo resistente y posteriormente el momento resistente del muro con las siguientes ecuaciones:

$$f_v = \frac{4}{3} * f_{actuante}$$

Ecuación 12. Esfuerzo resistente admisible en flexión

$$M_r = f_v * \frac{L * t^2}{6}$$

Ecuación 13. Momento resistente

Considerando el comportamiento del muro el cual está sometido a cargas verticales que son perpendiculares al plano se puede considerar como una losa y cuyo momento flector actuante se determina con la siguiente ecuación:

$$M_{max} = \beta * W * a^2$$

Ecuación 14. Momento flector actuante

Dónde:

β = Es un coeficiente de momento de losa en cual se muestra en la siguiente

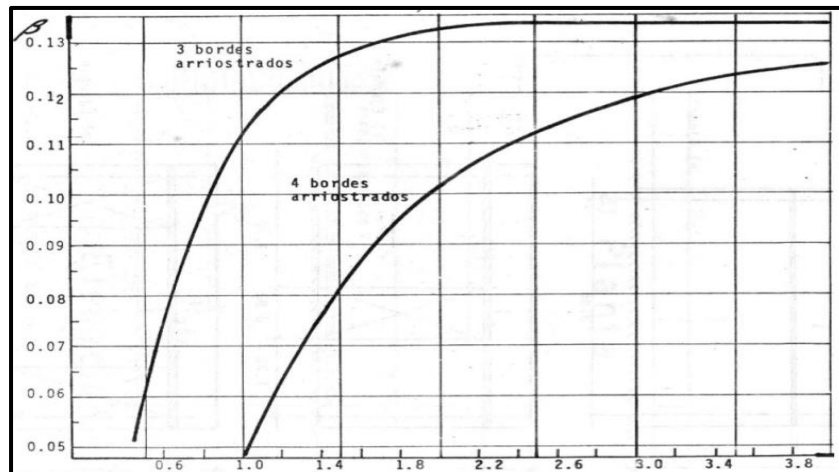


Figura 22. Determinación del coeficiente de momento de losa

Fuente: (Yamshiro, Sanchez, & Morales, 2005)

$H = C_m * P$: Esta es la fuerza sísmica en la base del muro

$W = H/h$: Esta es la intensidad de la fuerza lateral

(a): Dimensión crítica del muro

Para determinar el coeficiente sísmico (C_m) se debe emplear la ecuación del cortante basal de Nec-15 para viviendas de hasta dos pisos:

$$V = \frac{Z * C}{R} * Wt$$

Ecuación 15. Cortante basal en la base, Nec-15

Dónde:

Z = Factor de zona que depende de la situación geográfica

C = Coeficiente de respuesta sísmica

R = Factor de reducción de respuesta sísmica

Wt = Peso sísmico efectivo de la estructura, es la carga muerta mas un 25% de la carga viva.

Los valores establecidos anteriormente se los obtuvo de las tablas del Nec-15. Para la seguridad del muro se debe comprobar que con la siguiente solicitación horizontal perpendicular al plano:

$$M_{max} \leq M_r$$

Ecuación 16. Solicitación Horizontal al plano

3.4.2. Análisis por Corte.

Para el análisis por corte se considera el cociente entre la carga horizontal y el área de la misma, Se puede entonces representar al esfuerzo cortante actuante como:

$$V_a = \frac{C_m * P}{L * t} = C_m * f_{Admisible}$$

Ecuación 17. Esfuerzo cortante de admisible

En donde:

C_m : Factor sísmico

$f_{admisible}$: Es el esfuerzo por confinamiento.

El esfuerzo por corte admisible se da por la siguiente expresión:

$$V_{abm} = 0,45(\mu + f * f_{abmisible})$$

Ecuación 18. Esfuerzo admisible por cortante

Dónde:

μ = Valor de adherencia

f = Coeficiente de fricción

Estos valores se muestran en la siguiente tabla, la cual está fundamentada en base a ensayos elaborados por el departamento técnico de Lima.

Tabla 1. Esfuerzos de adherencia, peso específico y coeficiente de fricción

ADOBE	MORTERO	Esfuerzo de Adherencia μ en Kg/cm ²	Peso Específico γ_m en Kg/m ³	Coeficiente de fricción f
Común	Barro	0.15	1600 a 1700	1.09
Estabilizado con Asfalto	Cemento - Arena 1:8	0.32	1900	1.10
	Suelo – Asfalto al 1%	0.13		1.06

Fuente: Departamento técnico de Lima

Elaboración: Jose Luis Muentes A.

Calculando los esfuerzos cortantes solo queda verificar que se cumplan con la condición de seguridad:

$$V_a \leq V_{admisible}$$

Ecuación 19. Solicitación por cortante

3.4.3. Análisis por volteo.

Para la verificación por volteo se debe determinar la carga P y la fuerza horizontal, para posteriormente determinar la carga horizontal actuante por unidad lineal de altura W , con la cual se calcula el momento actuante.

Una vez hecho determina el esfuerzo actuante “fa” generado en la base del muro por dicho momento, dividiendo a éste entre el módulo resistente Z. De otro lado se determina el esfuerzo resistente fr, que será suministrado por el peso del muro de arriostre. Finalmente se verifica la condición de seguridad $f_a < f_r$. Siguiendo el procedimiento anterior se presenta la deducción de expresiones que permiten determinar la longitud mínima del muro arriostre requerido. Para simplificar se ha considerado sólo el peso del sistema. Se establece de acuerdo a los siguientes pasos:

$$f_a = \frac{6c * C_m(B * t + L a * t a) * \gamma_m . h^2}{t a * L^2}$$

Ecuación 20. Esfuerzo actuante por volteo

Dónde:

Ta= Es el ancho del muro de arriostre

T= Ancho de muro

Cm= coeficiente sísmico

L= longitud del muro

Fa = Esfuerzo actuante por volteo

B= Longitud de eje

El esfuerzo resistente será suministrado por el peso de muro por unidad de área, es decir:

$$f_r = \alpha * \gamma_m * h$$

Ecuación 21. Esfuerzo resistente por volteo

Siendo α el factor que toma en cuenta las características del material y los morteros utilizados. El mismo que se obtuvo de la siguiente tabla.

Tabla 2. Factor α para material de adobe

Adobe	Mortero	α
Común	Barro	1
Estabilizado con Asfalto	Cemento Arena 1:8	2

Fuente: (Norma E080, 2008)

Elaboración: Jose Luis Muentes A.

Finalmente se verifica que $F_a \leq F_r$, si esto fuese lo contrario el elemento estaría fallando por volteo.

3.4.4. Análisis dinámico.

Para el análisis dinámico se procedió a hacer uso del programa calculo como lo es el ETABS, para el modelado de la estructura, asignación de cargas y evaluación del comportamiento sísmico. A más de esto se determinó del periodo de vibración de la estructura, del espectro elástico de respuesta sísmica y el cálculo del cortante basal.

3.4.4.1. Modelado de la estructura

El modelado se lo hizo con la opción de rejillas para definir las distancias entre elementos y ejes de la edificación. También se implementó de una cubierta aligerada para contar así de un análisis más real de la estructura.

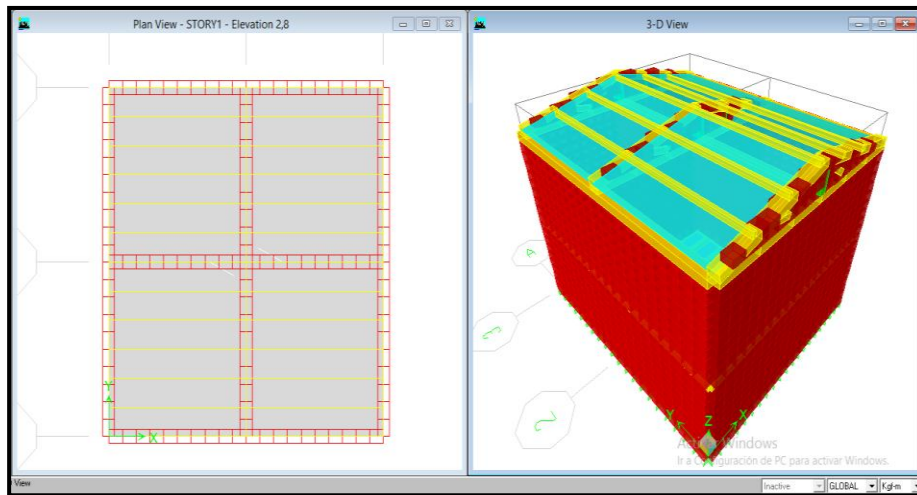


Figura 23. Modelado en ETBS Vivienda de adobe

Fuente: Jose Luis Muentes A.

3.4.4.2. Definición del material.

En la elección del tipo de material es necesario conocer las características del material con que se está trabajando; como módulo elástico, módulo de pisón, coeficiente de dilatación térmica, densidad y peso específico. Los cuales los podemos tomar de los resultados de ensayos elaborados con anterioridad, también hay que considerar la unidades con que se vaya a trabajar.

Propiedades físicas de la madera.

Material Property Data	
Material Name	MADERA
Type of Material	☒ Isotropic ☐ Orthotropic
Type of Design	Design: None
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	2.141E-03
Weight per unit Volume	0.021
Modulus of Elasticity	1000000
Poisson's Ratio	0.35
Coeff of Thermal Expansion	1.170E-05
Shear Modulus	370370.37
Design Property Data	
OK Cancel	

Figura 24. Propiedades de la madera

Fuente: Jose Luis Muentes A.

Propiedades de la mampostería de adobe, para el módulo de elasticidad de la mampostería se debe establecer por medio de ensayos de laboratorio de muretes fabricados y ensayados, calculando en la curva esfuerzo-deformación obtenida en el ensayo la pendiente de la secante desde $0.05f_m$ hasta $0.33 f_m$. Los registros históricos del módulo de elasticidad determinado experimentalmente para proyectos en construcción, pueden utilizarse en diseños posteriores de obras con materiales similares.

Figura 25. Propiedades mecánicas del adobe

Fuente: Jose Luis Muentes A.

El módulo elástico de la mampostería está dado por los siguientes parámetros

Mampostería en concreto: $E_m = 900 f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$
Mampostería en arcilla: $E_m = 750 f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$
Dónde:
E_m Módulo de elasticidad de la mampostería
f'_m Resistencia a compresión de la mampostería

Figura 26. Modulo elástico de mampostería

Fuente: (NEC, 2015)

El módulo de corte de la mampostería está dado por los siguientes parámetros

Mampostería	$G_m = 0.4E_m$
Mortero de relleno	$G_r = 0.5E_r$
Dónde:	
E_m	Módulo de elasticidad de la mampostería (MPa).
E_r	Módulo de elasticidad del mortero de relleno (MPa).
G_m	Módulo de cortante de la mampostería (MPa).
G_r	Módulo de cortante del mortero de relleno (MPa).

Figura 27. Módulo de corte de la mampostería

Fuente: (NEC, 2015)

Propiedades del hormigón

Figura 28. Propiedades mecánicas de concreto

Fuente: Jose Luis Muentes A.

3.4.4.3. Definir las secciones.

Aquí se deberá definir las dimensiones de los elementos que conforman la estructura desde sus muros hasta las vigas collar, el entrepiso y la cubierta, para el caso de los muros de adobe se los analizo como un elementos Shell, que divide al muro en subdivisiones semejantes a las de la mampostería.

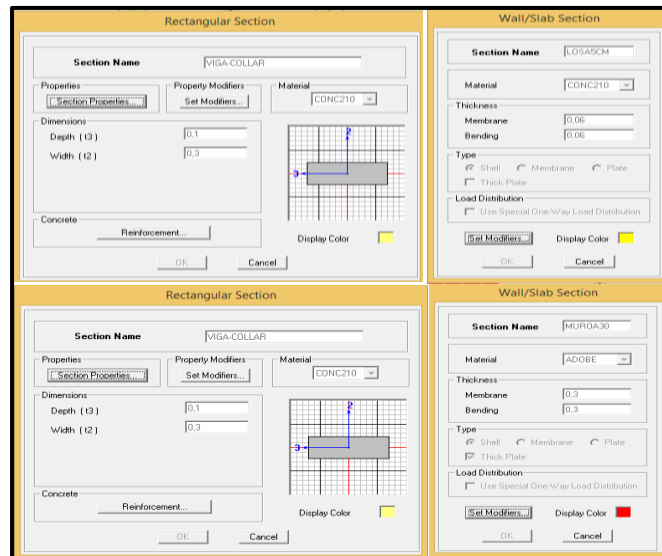


Figura 29. Modelado de secciones en ETABS

Fuente: Jose Luis Muentes A.

3.4.4.4. Definir cargas y combinaciones.

Los estados de carga son aquellas cargas que afectan a la estructura en forma permanente, y ocasional. De manera que para el programa se han considerado de los siguientes estados de carga (muerta, viva y sismo).

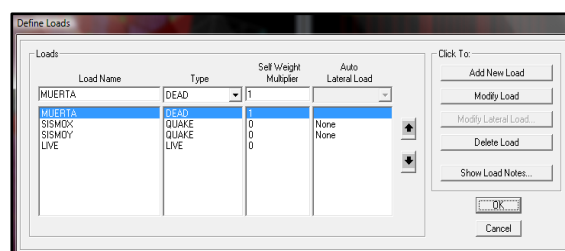


Figura 30. Cargas de diseño

Fuente: Jose Luis Muentes A.

Las combinaciones de cargas vienen dadas en el programa por el reglamento de construcción ACI- 318-14 propone para resistencia requerida para la demanda de las siguientes combos de cargas:

$$U = 1,4 D$$

$$U2 = 1,2D + 1,6L$$

$$U3 = 1,2D + 1,0L$$

$$U4 = 1,2D + 1L + 1E$$

$$U5 = 0,9D \pm 1E$$

Carga sísmica Cortante basal

El cortante basal se calculó para el análisis del modelo de la vivienda de dos niveles en el ETABS para verificar su comportamiento sísmico.

Pisos	Areas	CM	Wt	Hi	Wi*hi	Fi x	FiY
1	54,14	0,980	53,079	5,500	291,934	27,967	8,390
2	54,14	0,911	49,322	2,750	135,634	12,993	3,898
			102,400		427,568	40,960	12,288

Tabla 3. Cortante basal de Diseño

Fuente: Jose Luis Muentes A.

Tabla 4. Periodo fundamental de la estructura de adobe dos plantas

V	40,960	Ton
T	0,215	Seg
Ct	0,060	
R	3	
Cm	0,40	

Fuente: Jose Luis Muentes A.

3.4.5. Análisis de un muro con mallas galvanizada.

Para el análisis de las mallas debe conocer que las tipo esquineras simulan el uso de columnas y las longitudinales representan a las vigas este sistema puede

emplearse para rehabilitación de viviendas ya existentes y nuevas viviendas de una y dos plantas.

3.4.5.1. Malla longitudinal.

La ventaja de usar este tipo de mallas es de contra restar las grietas de tracción por flexión localizadas en la parte central de los muros de adobe, ya que el momento flector es máximo en la parte central superior y nulo en su base. Podrá trabajarse con un momento flector promedio repartido a lo largo de la altura ($\frac{1}{2} M$). De igual manera, se podrá suponerse que el muro se encuentra arriostrado en 3 bordes, con el borde superior libre y con una longitud libre $a = L - 2 t$.

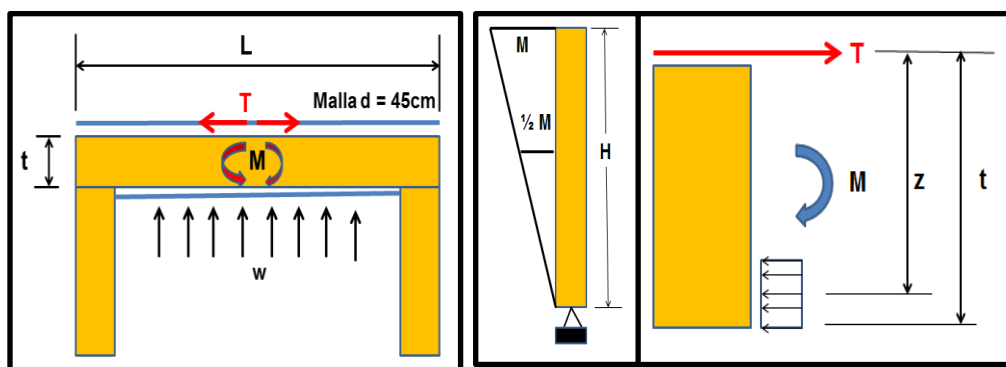


Figura 31. Diseño de malla longitudinal

Fuente: (Ángel San Bartolomé y Daniel Quiun, 2015)

Según se muestra en la Fig.28, en donde el momento flector “M” en la zona central superior, por unidad de altura, puede ser encontrado mediante la tabla 12 de la Norma E.070, (ver Anexo B), admitiéndose que el muro está arriostrado en sus 3 bordes, mediante la expresión:

$$M = m \cdot w \cdot a^2$$

Ecuación 22. Momento flector

En donde:

“m” es un coeficiente adimensional de momentos

$a = L - 2t$ = longitud del borde libre (Fig.28).

Para el diseño de la malla usar $\frac{1}{2} M$. Una vez que se calcula “ $\frac{1}{2} M$ ”, se le divide entre un brazo de palanca $z = 0.9 t$, para hallar la tracción promedio en la malla: $T = M / z$. De este modo, la carga de rotura “T” deberá ser menor que la resistencia de la malla: 220 kg/m, en caso contrario se agregará 1 o 2 capas de malla.

Otra forma más conservadora de determinar “M” es suponiendo que la franja superior está biarticulada, con lo cual: $M = 1/8 w a^2$. (Blondet, Neuman, Torrealva, & Rubiñño, 2010).

3.4.5.2. Malla esquinera.

Este tipo de mallas trabaja independientemente de la cimentación y el techo debido a que los muros de adobe se deforman por acción de la fuerza cortante. Las fallas por desgarramiento se propagan de arriba hacia abajo en los encuentros de los muros, por estos el esfuerzo de tracción (T) se basa de una altura efectiva ($h = \frac{3}{4} H$), en donde H es la altura total del muro. Para determinar la longitud total de cada franja $a = 2t + 90$ cm, donde “t” es el espesor del muro. (Blondet, Neuman, Torrealva, & Rubiñño, 2010).

Luego de que el sismo genere la fisura vertical en el encuentro entre los muros transversales, tal como se muestra en la Fig.31, el muro se articulará en sus extremos y por equilibrio se determinará:

$$T = \frac{1}{2} w L h$$

Ecuación 23. Esfuerzo de tensión

Esta fuerza de tracción se reparte entre las 2 mallas instaladas en cada esquina ($\frac{1}{2} T$) y deberá verificarse que la fuerza de rotura actuante no sobrepase la resistencia de la malla a tracción (220 H, en kg). (Blondet, Neuman, Torrevalva, & Rubiñño, 2010).

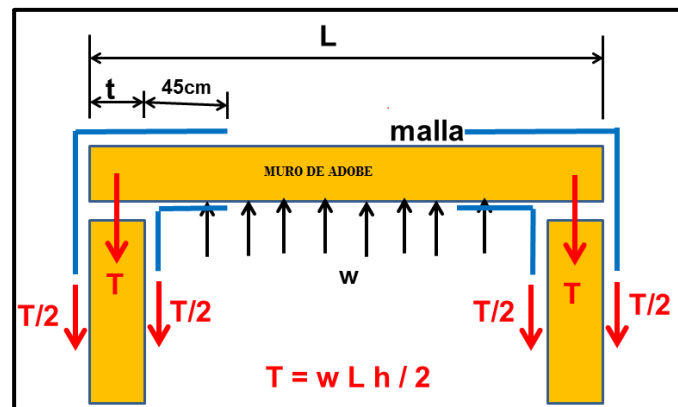


Figura 32. Diseño de malla esquinera

Fuente: (San Bartolomé y Daniel Quiun, 2015)

Los detalles de instalación y traslape con malla longitudinal y esquinera se detallan en el anexo D con sus respectivos gráficos ilustrativos. Siendo este sistema el más favorable para el confinamiento de los muros y así evitar las fallas por volteo que presento el análisis del ejemplo anterior.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE DATOS

4.1. Análisis de estudios realizados

De acuerdo a los estudios realizados de los ensayos para el suelo cemento el cual se basó en el método "Short Cut" fundamentado en las siguientes normas ASTM D558 y AASHOT T134. Se pudo analizar mediante la aplicación de los ensayos de granulometría, densidad- humedad y compresión, el comportamiento y el desempeño de las probetas prismáticas a cargas ejercidas progresivamente en sentido vertical, dichas pila de ladrillos de adobe fueron aplicadas directamente sobre una superficie incrementando las fuerzas aplicadas hasta llegar al punto de falla, obteniendo de este modo la máxima deformación permitida del material, el proceso que seguiremos para realizar el ensayo de compresión es el siguiente:

- Revisar el elemento y comprobar que no existan desperfectos sobre su superficie.
- Marca e identificar el espécimen en una tabla de control la cual lo clasificara dependiendo de su edad, tipo de mezcla.
- Tomar datos de la pila de adobe como su altura, ancho, largo y peso para ayudar a identificar el alcance máximo de su resistencia a la edad.
- Cargar la probeta con una velocidad baja de 3kg/s hasta llevarla al punto de ruptura.

- Registrar la marca alcanzada y ensayar nuevamente la siguiente probeta.

4.2. Ejecución de ensayos

Haciendo uso de las recomendaciones que dieron validez a los resultados y garantías de los mismos con los ensayos previos y el uso de diagramas se elaboró de una mezcla de suelo, cemento y agua en proporciones óptimas para la elaboración de los especímenes a ensayarse, a continuación daremos a conocer lo necesario para el ensayo de compresión:

- La prensa se calibró anualmente, cada que se la cambie de sitio o exista disconformidad en su marca.
- se aplicó un mortero del mismo contenido de suelo cemento sobre con un espesor de 2 cm a la pila de adobe a ensayar.



Figura 33. Prensa para ensayo de compresión “VERSATE TESTER 30M”

Fuente: Jose Luis Muentes A.

Cuando concluyo la prueba y habiendo hecho fallar al elemento prismático es recomendable observa los mismos para evidenciar el comportamiento e influencia que ha tenido la utilización del material dentro de la mezcla (suelo cemento con fibras).



Figura 34. Ladrillos de adobe estabilizado sometidos a carga de compresión

Fuente: Jose Luis Muentes A.

Con esta prueba se ha podido presentar el comportamiento de un apilas de 4 ladrillos de adobe con un espesor de junta de 2 cm con adición de fibras naturales (aserrín). El cual presento una mayor resistencia a la compresión frente a las cargas aplicadas gradualmente. La ejecución de este ensayo durante el proceso de evaluación de espécimen consistió en determinar la resistencia máxima admisible (f_m) que posee la pila conformada por 4 ladrillos de adobe al estar sometida a carga gradual.

Este ensayo de compresión axial en pilas de adobe se basa en **Norma ASTM C 1314-00a**. El valor obtenido anteriormente fue la base para evaluar el comportamiento por flexión, cortante y volteo de un muro de adobe con refuerzos

internos y también se plateo el diseño de un muro con refuerzos exteriores (mallas galvanizadas) las cuales simularan el comportamiento de vigas y columnas.

4.3. Análisis e interpretación de resultados

Basándonos en los resultados de las pruebas del laboratorio obtuvimos parámetros técnicos que nos sirvieron de ayuda y nos facilitaron la comprensión de la propiedad de mezcla de suelo cemento para elaborar un bloque de adobe estabilizado:

Tabla 5. Límite líquido, plástico e índice de plasticidad

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL LABORATORIO "Ing. Dr. ARNOLDO RUFFILLI"					
<i>Determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos</i>					
PROYECTO : ladrillo estabilizado			PROFUNDIDAD: 1m		
UBICACIÓN: Recinto El Chorrillo			ABSCISA:		
			Muestra N° : 1		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL) : ARCILLA			COTA: -		
LÍMITE LÍQUIDO					
RECIPIENTE #	H51	H34	T53	H20	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	17,83	17,56	17,28	17,00	
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	15,29	15,20	15,14	15,00	
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	2,54	2,36	2,14	2,00	
MASA DE RECIPIENTE (P4)	6,01	6,00	6,00	6,00	
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	9,28	9,20	9,14	9,00	
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	27,37	25,65	23,41	22,22	
# DE GOLPES	13	20	28	36	
LÍMITE PLÁSTICO					
RECIPIENTE #	T0	PC2	F21		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	10,73	10,33	10,68		
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	9,87	9,57	9,85		
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	0,86	0,76	0,83		
MASA DE RECIPIENTE (P4)	3,91	3,91	3,91		
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	5,96	5,66	5,94		
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	14,43	13,43	13,97		
					Observaciones : <i>Normas de Referencia</i> INEN 691-1982 INEN 692-1982 ASTM D 4338-98 AASHTO T 89-94 AASHTO T 90-94
					RESULTADOS
					L. Líquido = 24,14
					L. Plástico = 13,94
					I. Plasticidad = 10,19
					Clasificación Según Carta de Plasticidad de Casagrande = CL
Responsable	Laboratorista	Calculado por	Fecha Toma	Fecha Ensayo	
Ing. Julio Vargas		Jose Luis Muentes A.	agosto, 25 de 2016	agosto, 25 de 2016	

Fuente: Laboratorio Dr. Ing. Arnoldo Ruffilli

Elaborado: Jose Luis Muentes A.

Tabla 6. Análisis granulométrico

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUILLABORATORIO "Ing. Dr. ARNOLDO RUFFILI"	
ANALISIS GRANULOMETRICO	
Proyecto:	Optimización del Adobe
Localización:	Recinto El Chorrillos
Muestra:	1
Profundidad:	1
Toma de muestra:	Ejecución: 28/08/2016

Tamiz		Peso Parcial gr.	Porcentajes en peso		Pasante	Diámetro
ASTM			Retenido	Acumulado	Acumulado	Medio
Abertura No			%	%	%	
Serie gruesa	3"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	2"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	1"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	No 4	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Serie Fina	No 8	4,25	0,75	0,75	99,25	2,67
	No 10	2,62	0,46	1,22	98,78	1,01
	No 16	18,33	3,24	4,46	95,54	5,16
	No 20	23,79	4,21	8,67	91,33	4,27
	No 30	29,42	5,21	13,88	86,12	3,77
	No 40	44,98	7,96	21,84	78,16	4,08
	No 60	40,46	7,16	29,00	71,00	2,60
	No 80	73,09	12,93	41,93	58,07	3,10
	No 100	21,22	3,76	45,69	54,31	0,62
	No 200	68,74	12,17	57,85	42,15	1,37
	FONDO	238,16	42,15	100,00	0,00	
	TOTAL	565,06	100,00			0,29

Fuente: Laboratorio Dr. Ing. Arnoldo Ruffilli

Elaborado: Jose Luis Muentes A.

Nota: La cantidad de suelo requerido para el ensayo depende de la cantidad de finos que contienen, para suelos arcillo y limosos se requiere de entre 200 a 500 gr, mientras que para los suelos arenosos se requiere de 500 a 1000 gr, y para suelos gravosos esta cantidad esta entre 5000 a 10000 gm; para el análisis se requirió de una cantidad de material de 565,06 gr.

La curva granulométrica es la distribución de todo el material, grueso y fino, se relacionó los porcentajes de las proporciones de las partículas obtenidas en el análisis, para graficar la curva granulométrica en papel semi logarítmico con sus respectivos porcentajes en escala aritmética y a los diámetros en escala logarítmica.

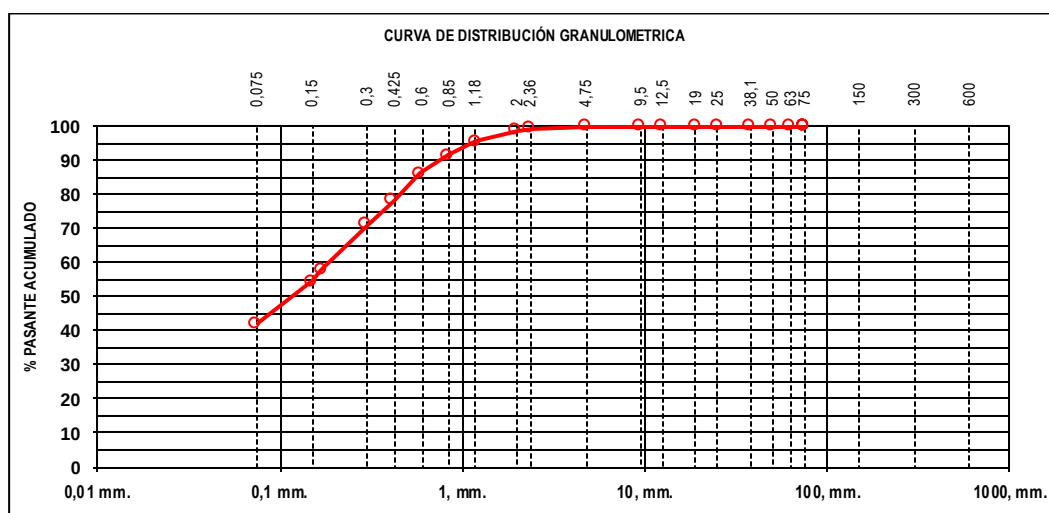


Figura 35. Grafica Granulométrica

Fuente: Jose Luis Muentes A.

Con la ayuda del diagrama I (Anexo B) se estimó una densidad máxima promedio de debido a que el material del análisis granulométrico no presento material retenido en la malla N°4, pero si en la malla N° 60 del 7,16 % retenido; para el cual se obtuvo una densidad estimada del 1964 kg/cm^3 , mientras que con

la prueba de Próctor modificado con el método A se obtuvo una densidad seca máxima de 1984 kg/cm^3 que fue la que se empleó para elaborar los especímenes.

Tabla 7. Ensayo de Próctor modificado

DETERMINACION DE LA RELACION DEL PESO UNITARIO DE LOS SUELOS VS CONTENIDO DE HUMEDAD									
Proyecto: Optimizacion para ladrillo de adobe estabilizado Localización: Recinto El Chorrillo Profundida: 1m Toma: 1 Calicata: 1									
Muestra: 1 Contratista: Solicitado por:									
SUCS		GP-GC	%P.T#200	10	W (%)	11,2			
AASHTO		A-1-a	%P.T#4	31	WI(%)	25			
					IP(%)	5			
Molde		4"	Diámetro del molde		10,40 cm.	Area	84,95 cm ²		
# de capas		5	Altura del molde		11,60 cm.	Volumen	985,4 cm ³		
# de golpes/capa		25	Peso del martillo		10,00 lb.	Altura de caída	45,72 cm		
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
Punto No			1	2	3	4			
Recipiente No			PF	NOMO	F84	A3			
Recipiente + suelo húmedo			178,71	181,36	188,03	191,26			
Recipiente+ suelo seco			171,80	171,57	174,57	175,18			
Recipiente			20,30	20,35	20,30	20,40			
Agua		Ww	6,91	9,79	13,46	16,08			
Suelo seco		Ws	151,5	151,22	154,27	154,78			
Contenido de humedad		W	4,56	6,47	8,72	10,39			
COMPACTACION DE LA MUESTRA									
Cantidad de agua añadida			120	180	240	300			
Molde			4305	4305	4305	4305			
Suelo húmedo + molde			6210,0	6362	6419,0	6371,0			
Suelo húmedo		Wt	1905,0	2057,0	2114,0	2066,0			
Suelo seco : Wt		Ws	1821,9	1931,9	1944,4	1871,6			
1+W/100									
Densida húmeda : Wt/V		γ _h	1,933	2,087	2,145	2,097			
Densidad seca : Ws/V		γ _d	1,849	1,961	1,973	1,899			
Proctor Modificado Metodo "A" Ø=4" ; 18"-10 lbs. ;  Material pasante del tamiz N°4									
Densidad seca									
máxima:		1,982 gr/cm ³							
Humedad óptima :		7,82 %							
Laboratorista :			Calculado por:			Verificado por:		Observaciones:	
Sr. Dennis Reina			Jose Luis Muentes A			Ing. Julio Vargas			

Graficando la curva del Próctor se obtiene la densidad seca máxima y humedad optima con la cual se puede compactar el material de suelo, con este valor obtenido de la gráfica se puede entrar en segundo diagrama para en contra él % de cemento de los especímenes.

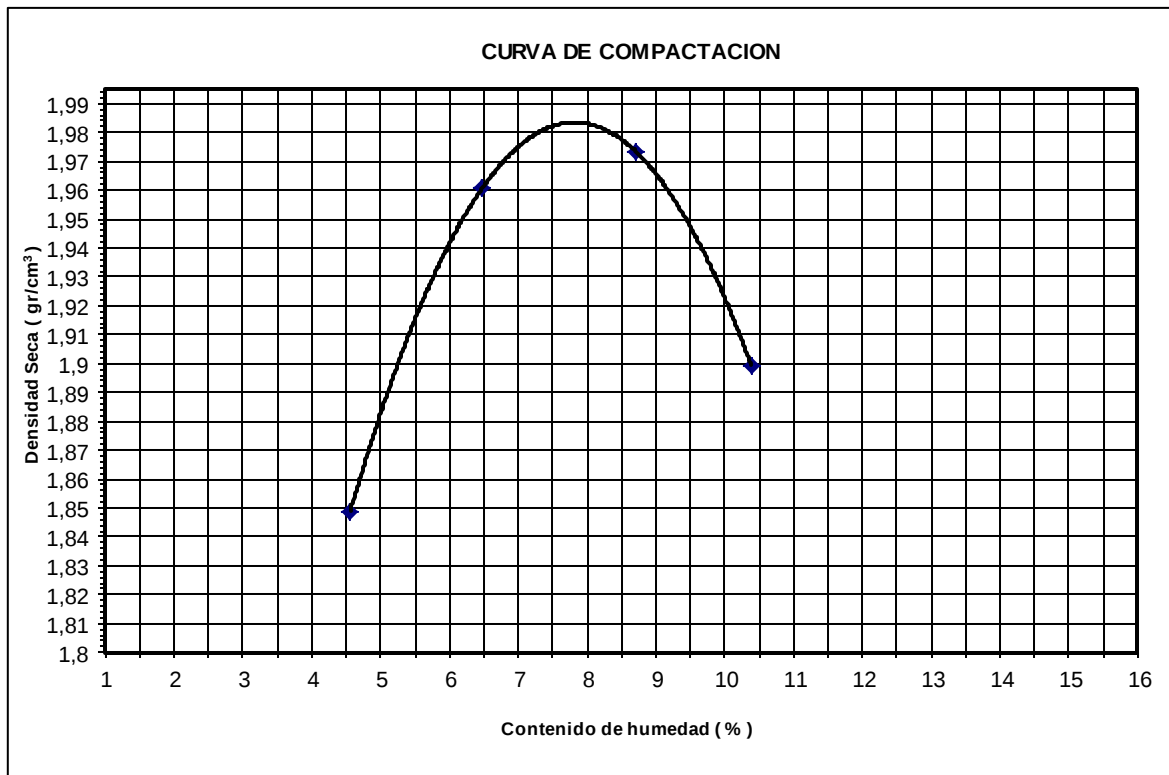


Figura 36. Grafica de Próctor Modificado

Fuente: Jose Luis Muentes A.

Para determinara la cantidad se cemento se empleó el diagrama II (Anexo B) para el porcentaje de material más pequeño que 0,05 mm y una densidad de 1984 Kg/cm³ el cual fue de un 7%, pero se trabajó con el 8% para amentar su resistencia y estabilidad en la mescal, a de más de uso fibras (aserrín y coco) para evitar la fisuras por contracción durante el secado.

Tabla 8. Resistencia a compresión de los cilindros y Pila de adobe

CILINDRO #	RESISTENCIA DE DISEÑO f_c Kg/cm ²	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	RESISTENCIA		PESO DEL CILINDRO	PESO UNITARIO Kg/m ³	REVENIMIENTO cm	OBSERVACIONES
					MPA	Kg/cm ²				
1		05-08-16	12-08-16	7	2,0	20,15	3816,28	2354		SUELO - CEMENTO 8% DE CEMENTO
2		05-08-16	19-08-16	14	3,3	33,97	3853,28	2377		
3		05-08-16	02-09-16	28	5,1	52,00	3966,11	2446		
4		05-08-16	12-08-16	7	2,5	25,64	4014,74	2476		SUELO - CEMENTO + ACERRIN 8% DE CEMENTO
5		05-08-16	19-08-16	14	4,9	49,90	4051,74	2499		
6		05-08-16	02-09-16	28	8,4	85,56	4159,07	2565		
7		05-08-16	12-08-16	7	4,6	46,67	3953,88	2439		SUELO CEMENTO + FIBRA DE COCO 8% CEMENTO
8		05-08-16	19-08-16	14	8,4	86,18	3990,88	2461		
9		05-08-16	02-09-16	28	13,1	133,37	4004,64	2470		
Pila		fecha toma	Fecha rotura	Dias	Resistencia		Peso	peso unit		PILA DE ADOBE + 8% CEMENTO
1		05-08-16	02-09-16	28	1,2	12,36	130961	80770		

Fuente: Laboratorio Dr. Ing. Arnoldo Ruffilli

Elaboración: Jose Luis Muentes A.

Con este pruebas se buscó optimizar el material de adobe con recursos de fácil accesibilidad para los usuarios; a de más de general el valor de esfuerzo a admisible para este material (FM) y módulo elástico (En) el cual ayudara a evaluar un muro de adobe estabilizado con 8% de cemento en flexión, corte, volteo y su vulnerabilidad sísmica con el uso de programa ETABS.

A continuación se muestra un ejemplo aplicado al de análisis estructural de un muro de una vivienda de 1 nivel con adobe estabilizado. La cual presenta las siguientes características

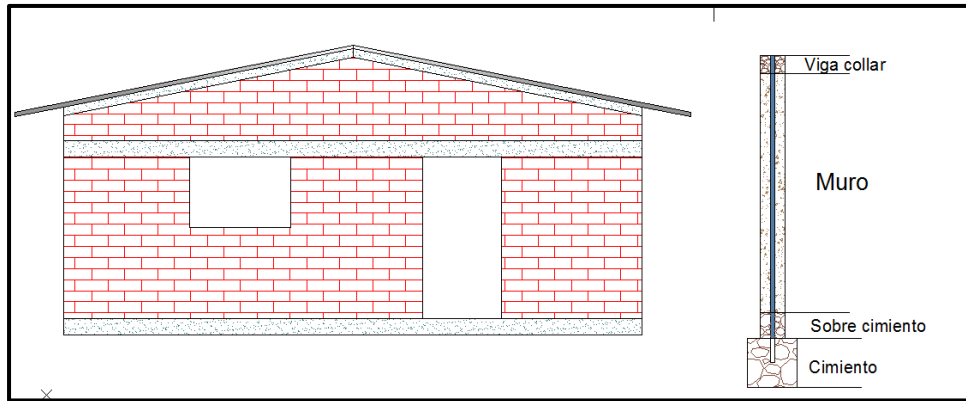


Figura 37. Fachada frontal de un prototipo de vivienda de adobe

Fuente: Jose Luis Muentes A.

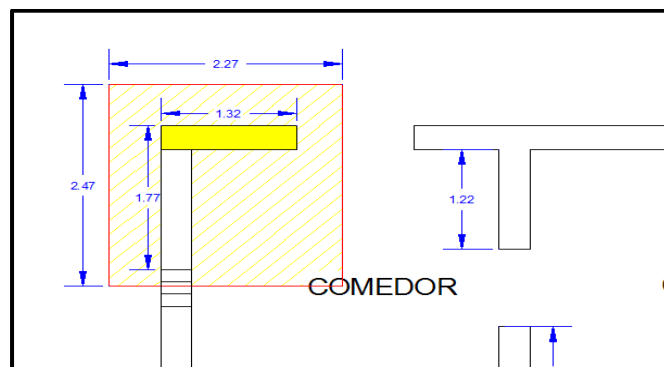


Figura 38. Análisis de Muro

Fuente: Jose Luis Muentes A.

Análisis de muro modelo

Para este ejemplo se considera la utilización de caña (carrizo partido a la mitad) para efectos de flexión tanto horizontal como vertical, así como para colaborar en los amarres de los encuentros de muros. Proporcionando mayor capacidad de deformación a la construcción (ductilidad). La viga solera se diseñará para cumplir la función de amarre de todos los muros de la construcción y puede considerarse como una viga, apoyada en los muros transversales, sometida a una carga uniformemente repartidas. Esta carga será la que transmite el muro al que sirve de amarre cuando es sometido a cargas perpendiculares a su plano.

Tabla 9. Metrado de cargas verticales que actúan en el muro de diseño

Carga del Techo		
Pp	80,00	kg/m2
S/c	25,00	kg/m2
w techo	105,00	kg/m2
Pt	588,72	Kg
Carga del muro		
γ Adobe	2470	kg/m3
L muro	1,32	M
H muro	2,65	M
e muro	0,30	M
w muro	2592,018	Kg
W tota	3180,74	Kg

Elaboración: Jose Luis Muentes A.

Tabla 10. Resultado de análisis por flexión perpendicular al plano

f. actuant.	8032,18	kg/m2
f. actuant.	0,80	kg/cm2
f. m	3,09	kg/cm2
Fv	1,07	kg/cm2
Mr	22811,39	kg-cm
H	2724,26	Kg
B	1,32	M
A	1,47	M
b/a	0,43	
B	0,52	
W	1028,02	Kg
Mmax	1155,16	kg-m

Elaboración: Jose Luis Muentes A.

Los resultados fueron favorables se cumplió las condiciones del muro portante y el diseño paso por flexión. $M_{max} \leq M_r$ ok. Para el analisis por corte los resultdos obtenidos tambien cumplieron con los parametros establecidos.

Tabla 11. Resultado del análisis por corte**Diseño por corte**

γadobe	2470,00	Kg/m3
Wcubi.	80,00	Kg/m2
S/c	25,00	Kg/m2
S/C sismo	6,25	Kg/cm2
W total cub.	86,25	Kg/cm2
W total cub.		
W MURO X-X	2592,02	Kg
W MURO Y-Y	3475,66	kg
W Total	6153,93	kg
Cm	0,40	
H	2461,57	kg
V. actuante	3614,64	kg/m2
V. actuante	0,36	kg/cm2
V. admisible	0,44	kg/cm2
V act. ≤ V adm. Ok		

Elaboración: Jose Luis Muentes

El analisis por corte tambien cumpla con sollicitacion estableciada.

Tabla 12. Resultados por volteo del muro**Estabilidad de muro**

Cm	0,400	
t	0,30	m
ta	0,30	m
La	1,80	m
h	2,75	m
B	6,00	m
γm	2,47	Ton/m3
L	2,10	m
fa ≤ fr		ok
fr	20,38	Ton/m2
fa	26,43	Ton/m2
fa ≤ fr		falla por volt

Elaboracion: Jose Luis Muentes A.

El elemento fallo por volteo, por consiguiente se puede adoptar las siguientes recomendaciones, se construira contrafuertes ente los muros para contrarrestar el efecto por volcamiento o se reforzara la estructura con malla que ayuden a un adecuado confinamiento de la estructura.

Análisis de muro con malla galvanizada

Para el elemento solido (adobe estabilizado) reforzado con mallas electro soldadas galvanizada de 1 mm de diámetro y $f_y = 220 \text{ kg/cm}^2$, se obtuvieron los siguientes resultados para los cual se pudo evaluar que el esfuerzo actuante fue menor que el que el resistente de la maya (f_y), por consiguiente la mallas no requería de refuerzo, mientras que el análisis de la maya longitudinal resulto 2,5 veces mayor que el esfuerzo resistente por lo que se requiere tres capas de mallas resistir los efectos por sismo. A continuación se presentan los resultados del diseño de mallas longitudinal y esquinera:

Tabla 13. Resultados del Diseño de malla esquinera

DISEÑO DE MALLA ESQUINERA		
L	3,00	M
t	0,30	M
U	1	factor de uso
C1	0,9	muro arrioetrado
γ_{Adobe}	2,47	T/m3
Z	0,5	Nec-15
W	0,67	T/m2
H	2,65	m
h	1,99	m
T	1,99	Ton
T/2	0,99	Ton
(T/2)/H	0,375	Ton
T malla	220	Ton/m
T rot.malla	0,22	kg/m
T < T rotura malla		
se requiere 2 Mallas galvanizadas		

Elaboración: Jose Luis Muentes A.

Tabla 14. Resultados del Diseño de malla Longitudinal

DISEÑO DE MALLA LONGITUDINAL		
L	3,00	m
t	0,30	m
U	1	factor de uso
C1	0,9	muro arrioetrado
γ_{Adobe}	2,47	T/m ³
Z	0,5	Nec-15
W	0,67	T/m ²
H	2,65	m
a (libre)	2,4	m
H/a	1,10	abaco
m	0,055	coef. Momento
M	0,211	Ton-m
M promedio	0,106	Ton-m
Z	0,270	M
T	0,391	Ton/m
T rot.malla	0,220	Ton/m
T < T rotura malla		
se requiere 2 Mallas galvanizadas		

Elaboración: Jose Luis Muentes A.

Costo beneficio de una vivienda de adobe

A continuación se hace una comparación presupuestaria de una vivienda de hormigón con materiales industriales en comparación con una de adobe para lo cual se ha investigado de una vivienda de la zona residencial de la urbanización La Joya modelo Zm. de una planta vs una de adobe construida en una zona rural del Perú ambas tienen una diferencia mínima en áreas de construcción.

Vivienda de una planta de la Joya modelo ZM de una planta

Con un área de 47,09 m²

Dormitorios: 2

Baño: 1

Sala, Comedor, Cocina, Patio, Parqueo

Precio: 65.000 mil dólares



Figura 39. Vivienda de una planta de hormigón armado

Fuente: [www. Residencias la Joya](http://www.Residencias la Joya)

Vivienda de adobe de una planta

Con un área de 48,50 m²

Dormitorio: 2

Baño: 1

Precio: 28.000 mil dólares



Figura 40. Vivienda de adobe

Fuente: [www. Mejoramiento del adobe](http://www.Mejoramiento-del-adobe)

Llegando a la conclusión que habría un costo en ahorro del 29.000 mil dólares que representaría un 48%. Y considerando que las viviendas de adobe son más económicas, pueden llegar a soportar los sismos fuertes, presentan un ambiente seguro confortable y ecológico.

4.4. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Como resultado de los estudios efectuados por parte del laboratorio de suelos “Ing. Dr. Arnoldo Ruffilli” el adobe que es considerado un material capaz de soportar cargas de gravedad de una manera aceptable y mucho más al implementarse el uso de cemento. En cuanto al análisis elaborado a un elemento sólido (Muro de adobe) por flexión, cortante y volteo se ha podido comprobar el desempeño de una manera favorable para este tipo de elementos estructurales.
- Este modelo estructural planteado dio respuesta a uso de adobe como material de construcción el cual fue mejorado con un agente estabilizante como lo es el cemento portland y los sistemas de refuerzo de confinamiento como es el uso de geo mallas o malla de alambre galvanizado la cuales garantizan confinamiento a la los muros aumentando su resistencia a la tracción causada por los sismos.
- Las bondades que este elemento (adobe estabilizado) presenta, son las más aceptables y aplicables para nuestro entorno, además de se cuenta con los recursos necesarios para elaborar este tipo de construcciones de origen ecológico.

Recomendaciones

- Para garantizar de una adecuada sistema constructivo para viviendas de adobe es recomendable seguir los siguientes pasos para garantizar su eficiencia y evitar ciertas vulnerabilidades a agentes externos como el agua y los sismos:
- Elaborar bloques de adobe que tengan las siguientes dimensiones (30x30x10) cm y medios bloques de (30x14x10) cm; los cuales deberán ser uniformes y sin grietas (Uso de fibras naturales)
- Se recomienda elaborar los bloques en lugares amplios, limpios y con sombra suficiente para evitar grietas causadas por los rayos solares durante el secado. Para épocas de lluvias la elaboración será en un lugar cubierto.
- Hacer pruebas de campo para determinar la cantidad de arcilla; una prueba sencilla es la de elaborar un rollito de tierra de uno 20 cm y de 1cm de diámetro, si este se rompe entre los 5 o 15 cm el material es adecuado.
- Trabajar con tierra libre de material orgánico y si agregados grueso como la presencia de piedras. Usar una proporción para una medida barro agregar cuatro de tierra blanca.
- Aumentar la resistencia y consistencia del adobe con fibras naturales y cemento portland en una proporción no mayor al 20% del material.
- Elaborar los bloques con uso de prensa manual para evitar la presencia de bolsas de aire o espacios sin rellenar que afecten a la

resistencia del elemento. Enrasar la cara superior para tener uniformidad.

- Moldeado el bloque se dejara secar por tres días para posteriormente dejarlos en forma de canto para un secado uniforme por otros diez días.
- Hacer prueba resistencia, la cual consiste en aplicar una carga de 60 kg por unos 2 minutos, para esto el adobe deberá estar seco y poco agrietado.
- Elaborar una cimentación en un terreno plano seco y lejos de factores que amenacen a la vivienda.
- Su diseño debe ser lo más cuadrado posible o circular (forma óptima) y con una cubierta aligerada, de preferencia una planta para zonas de alto riesgo sísmico.
- Las cimentaciones deberán ser tazadas y de una profundidad de 50 cm mínimo con un ancho de 45 cm; la cual se hará con piedra cuarta y mortero de cemento (muro ciclópeo) se dejara secar por dos días para su posterior sobre cimientto.
- Los sobre cimientos son muros ciclópeos de 30 cm de alto, los cuales serán rallados en su superficie para mejorar la adherencia con el bloque adobe, también serán cubiertos en su superficie rallada con una capa de asfalto para protegerá a los muros de la humedad.
- Los muros de adobe no deben ser muy altos, se recomienda un alto que no exceda 8 el tamaño del bloque antes de la primera solera,

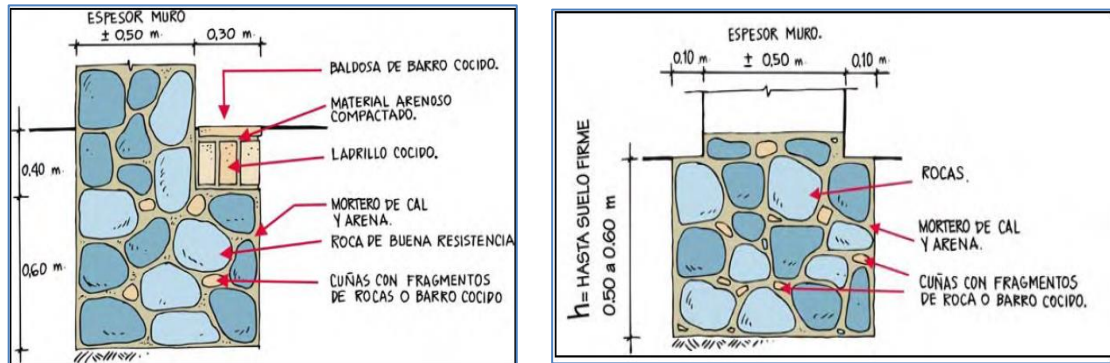
las cuales tendrán refuerzos internos de caña o varilla de acero que irán desde la cimentación hasta la viga collar de 20x30 cm.

- Si se va a trabajar con bloques prensados huecos se usara de varillas de 8 mm como refuerzo interno del muro; donde se rellenara de mortero simulando columnas.
- Para los casos de adobe estabilizado con cemento portland si refuerzos internos de acero, se empleara de malla galvanizada de 1cm de diámetro en sentido horizontal y vertical las cuales continuaran a la estructura en los encuentro del muro simulado vigas y columnas, estas no requerirán esta unidas a la sobre cimentación o la vigas collar.
- La cubierta debe ser de carácter liviano para aligerar peso a la estructura.

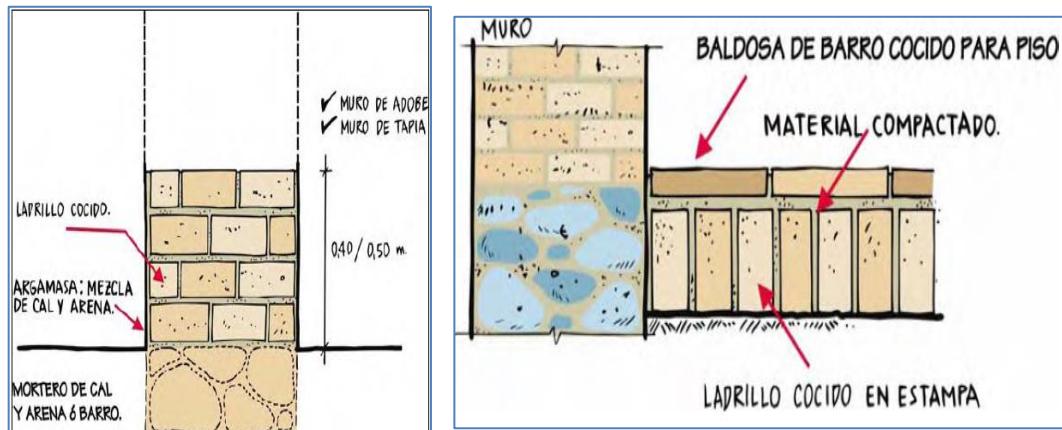
ANEXOS

Anexos A

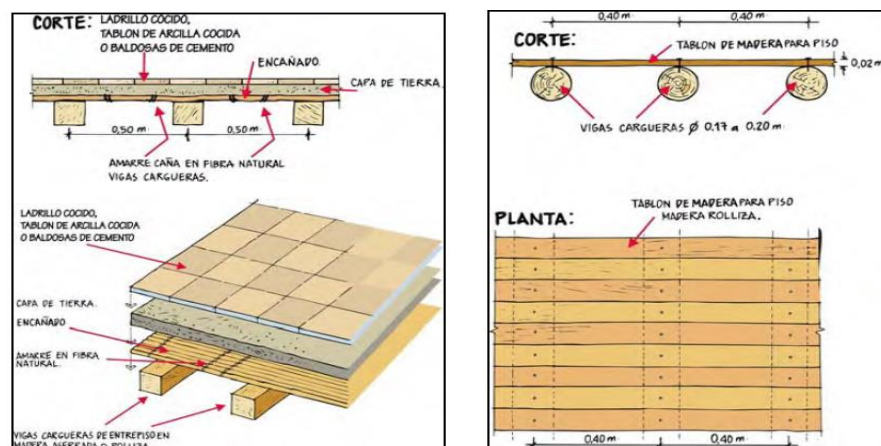
SISTEMA ESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA DE ADOBE



Cimientos de una vivienda de adobe



Sobre cimientos y pisos



Anexos B

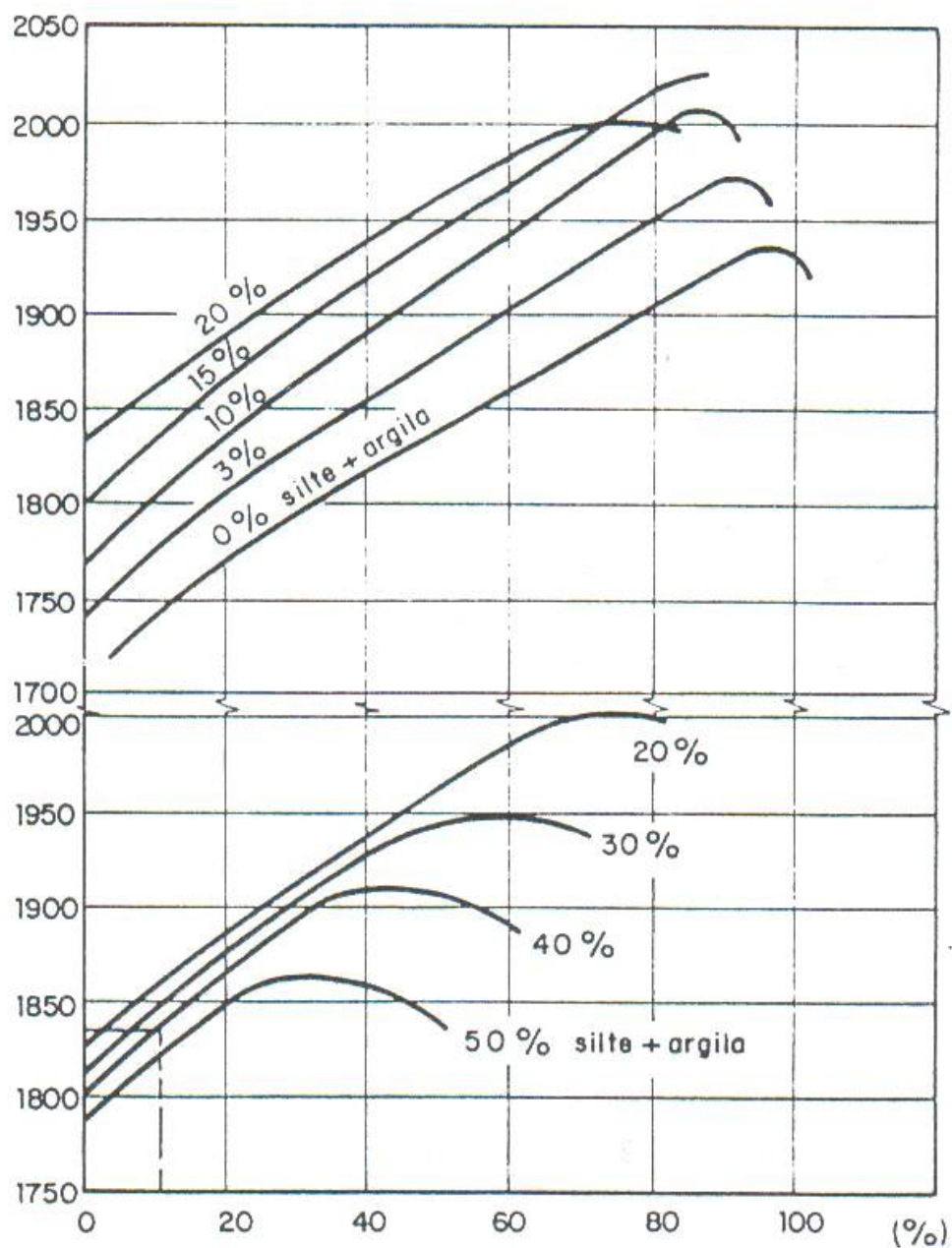
REGISTRÓ FOTOGRAFICOS DE ENSAYOS



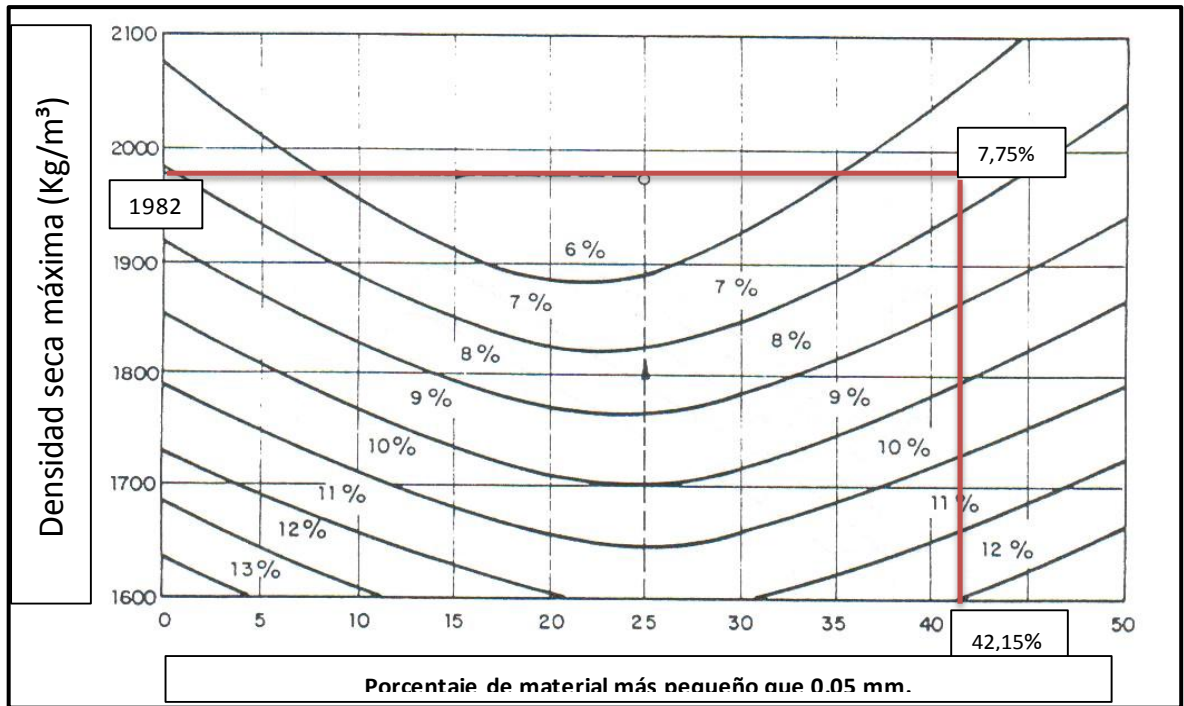
Anexos C

DIAGRAMAS PARA CALCULAR LA CANTIDAD

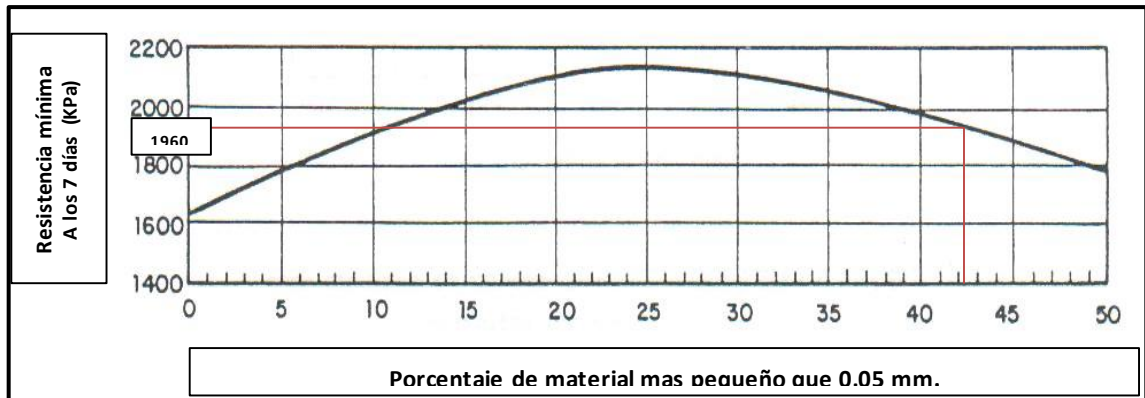
Estimación promedio de la densidad seca máxima



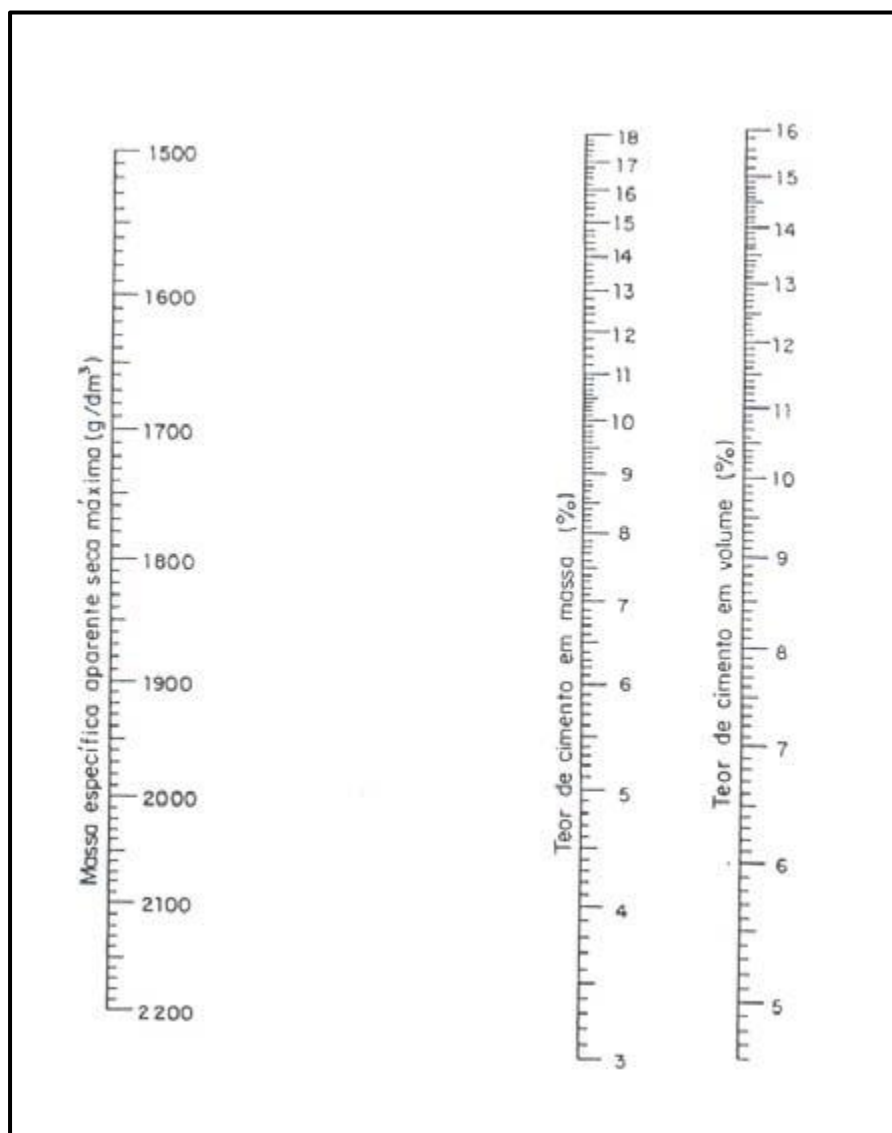
Cantidad de cemento en %



Resistencia a los 7 días



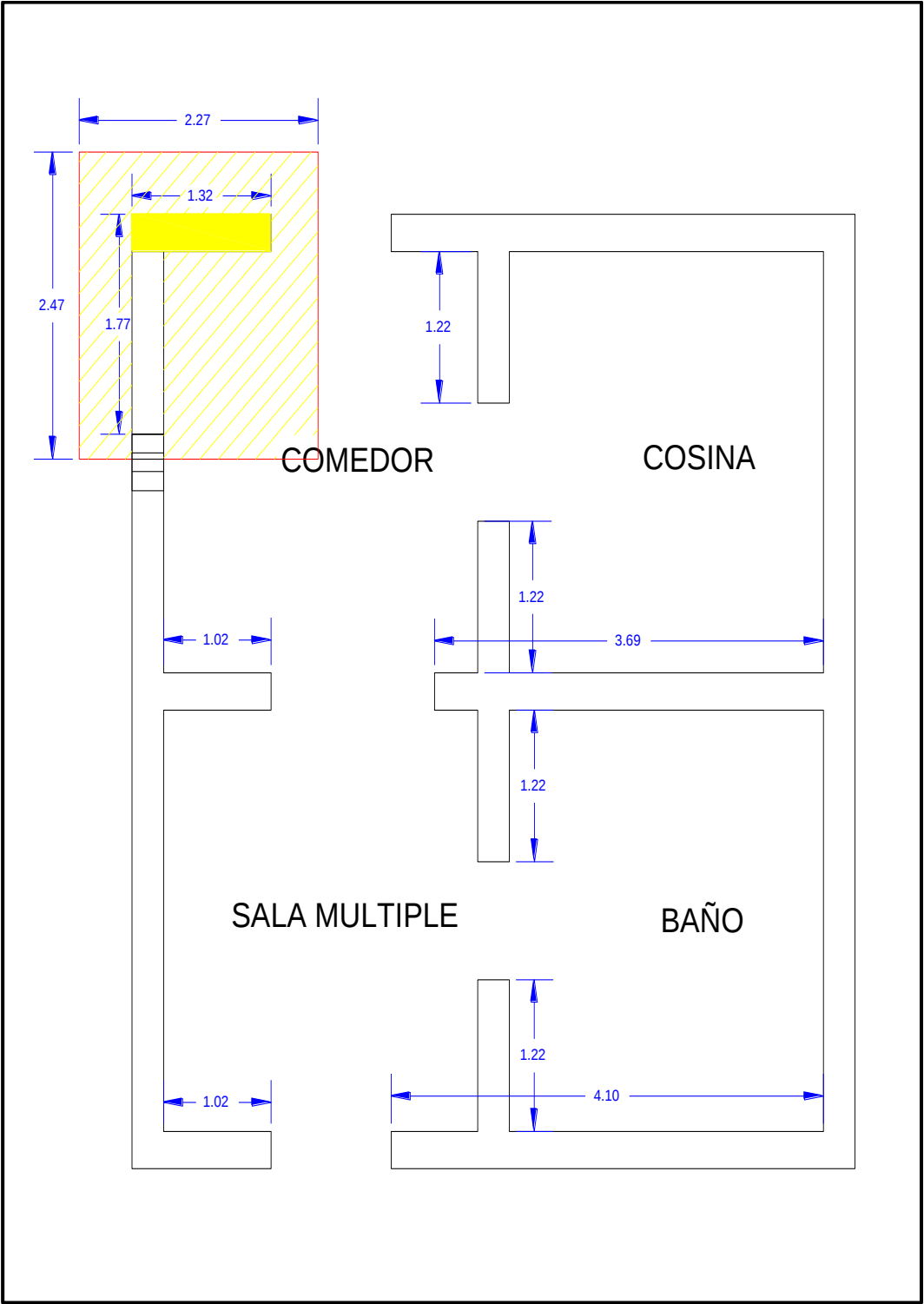
Abaco para transformar la cantidad de cemento en peso volumétrico



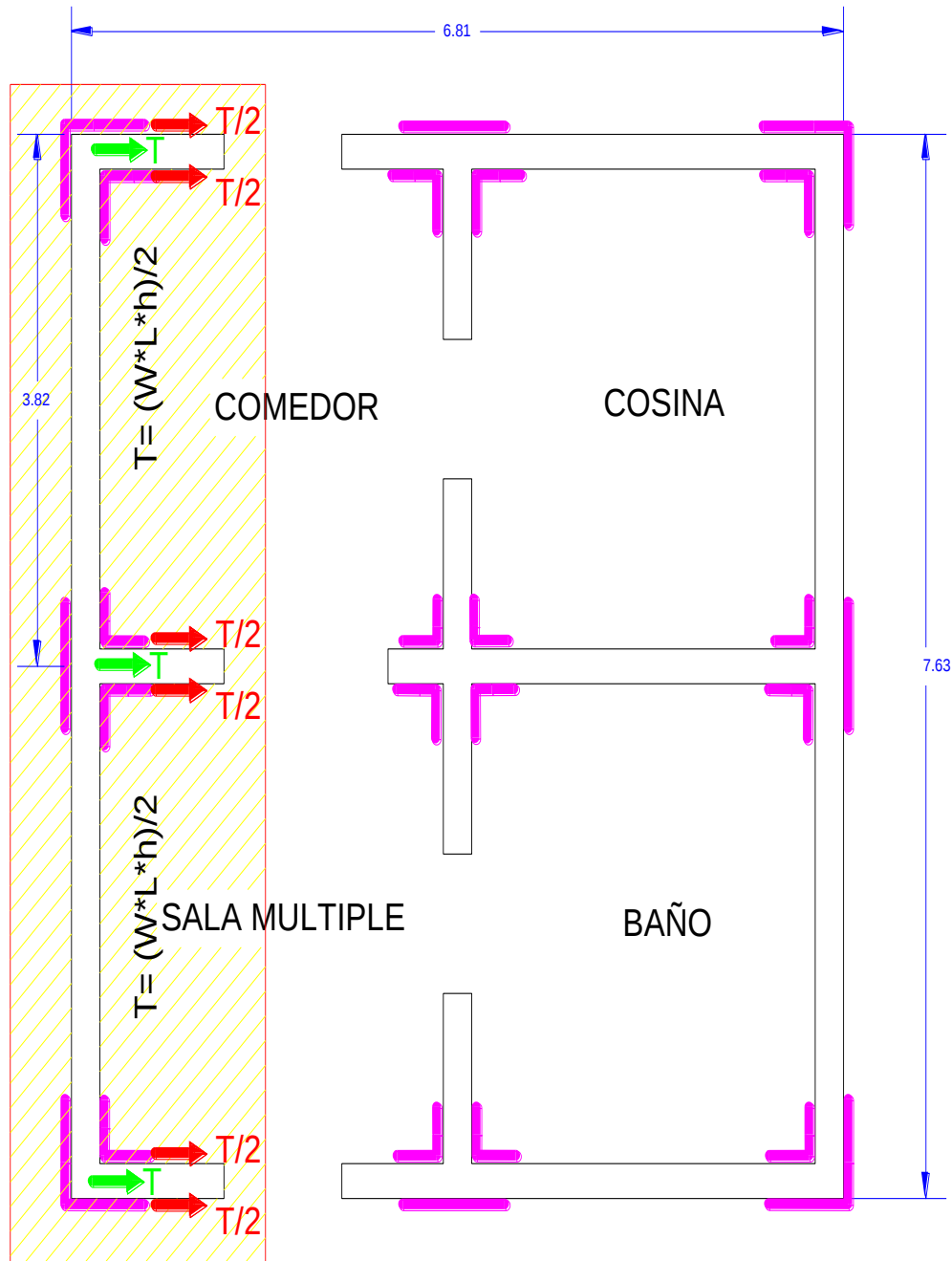
Anexos D

PLANOS DE PLANTA

Primera planta de la vivienda modelo

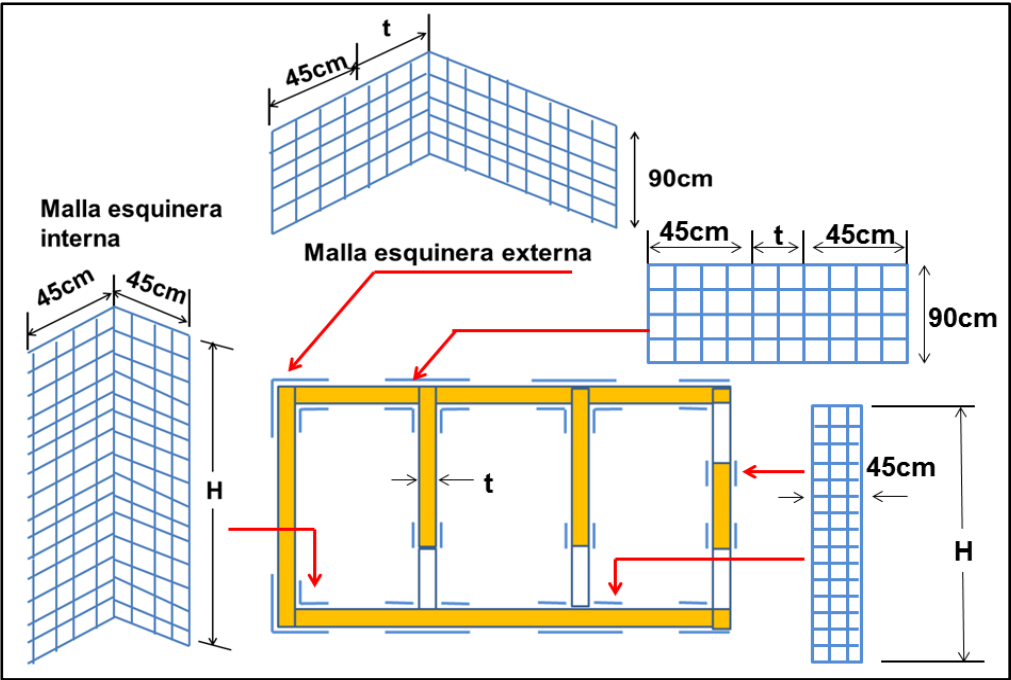


Diseño de muro con malla galvanizada

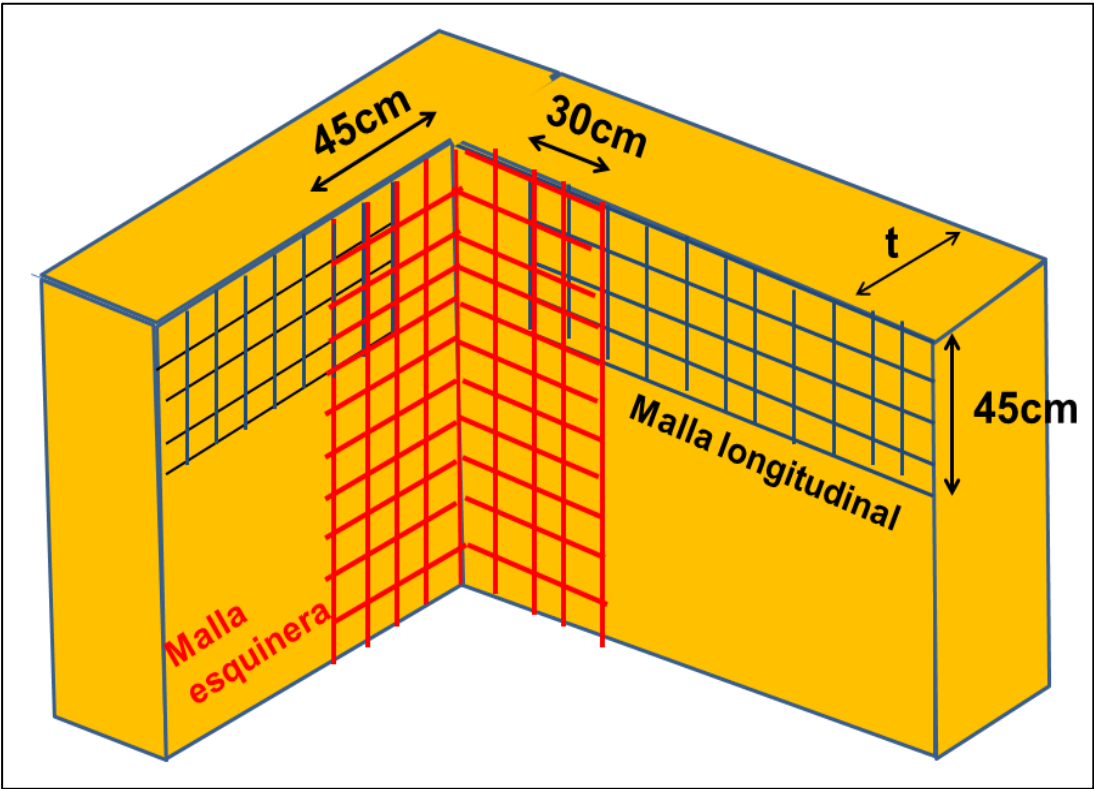


Vivienda reforzada con mallas electro soldadas

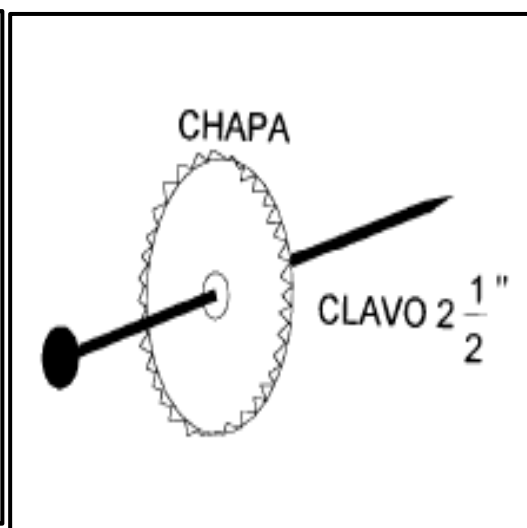
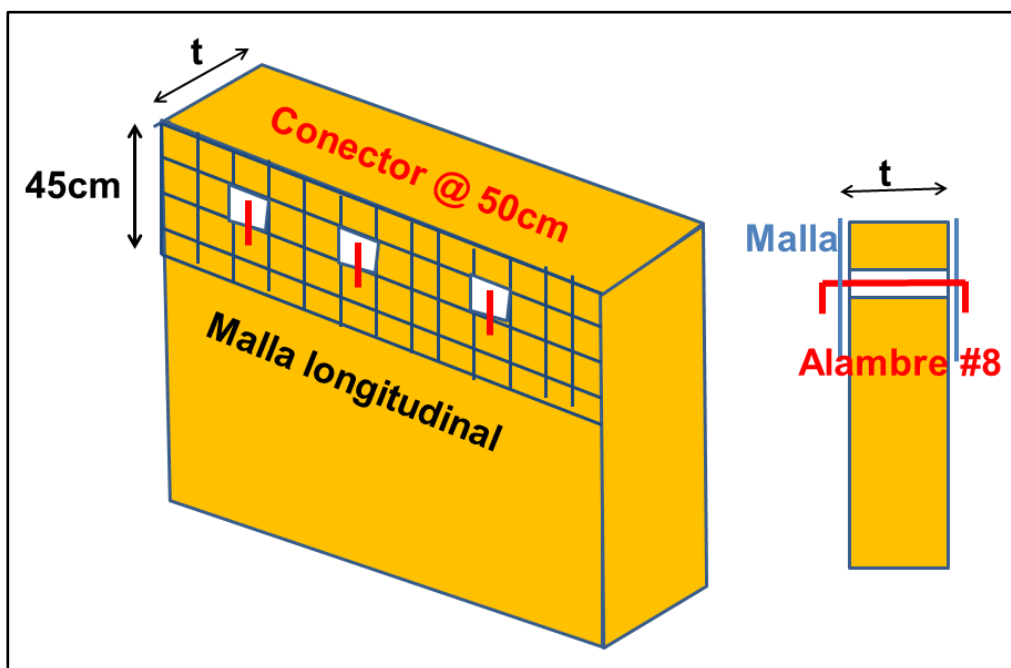
Diseño de malla esquinera



Diseño de malla longitudinal y su traslape con malla esquinera

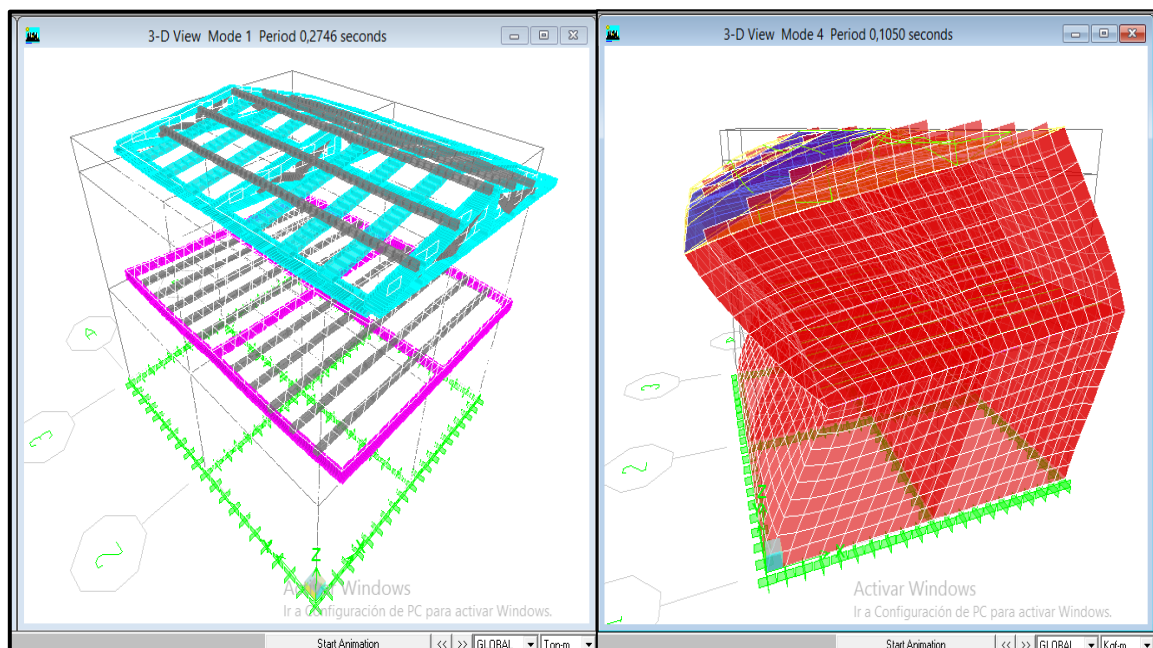
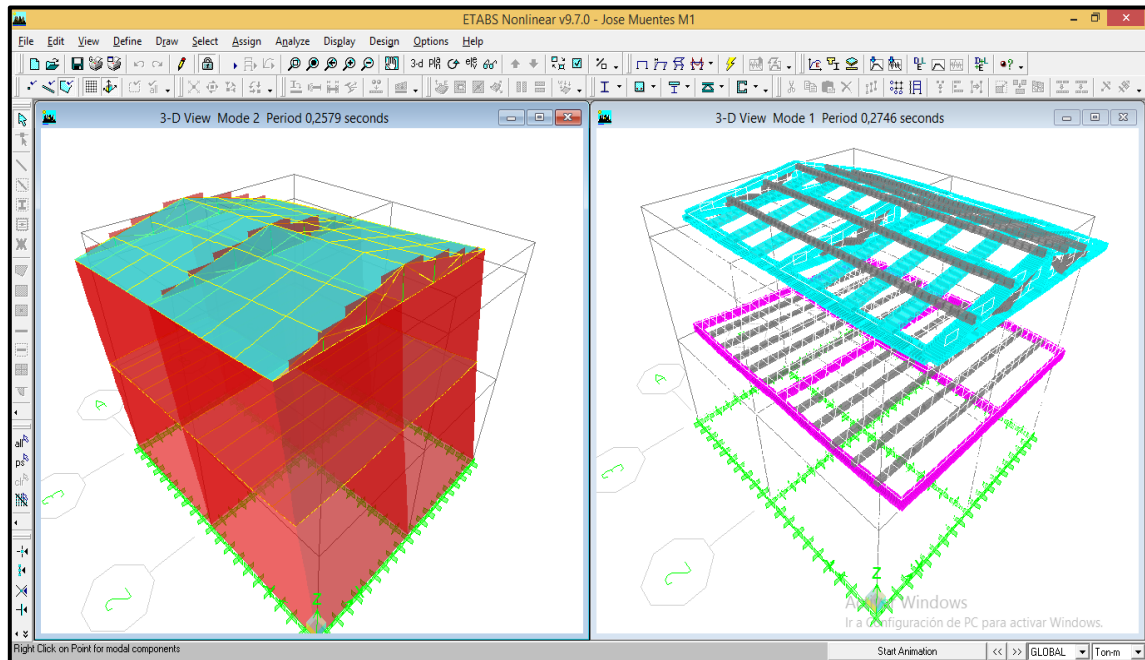


Instalación de la malla y fijación con clavo y chapa

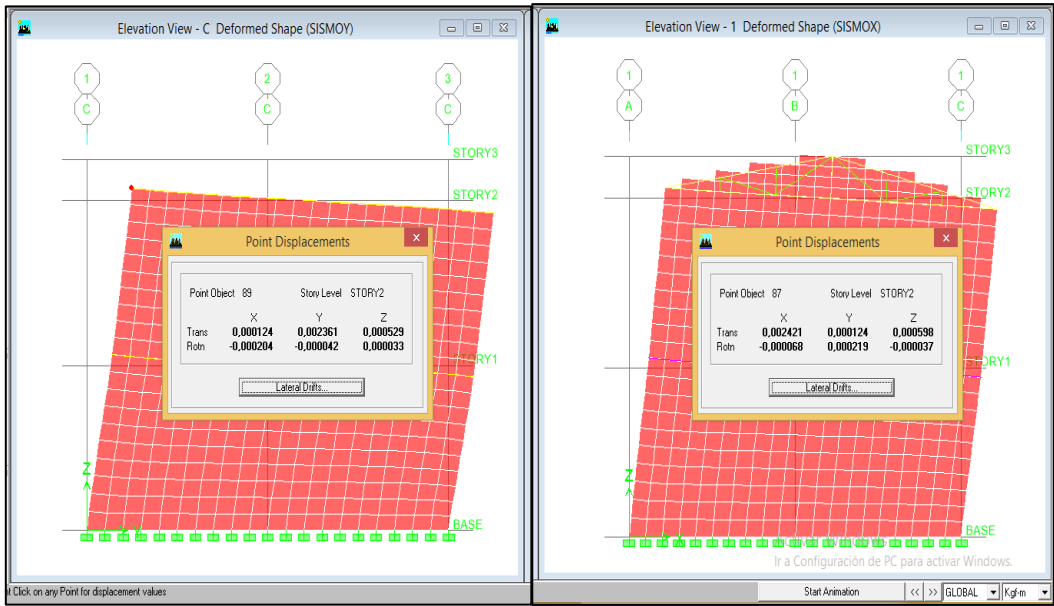


Resultados del análisis dinámico en ETABS

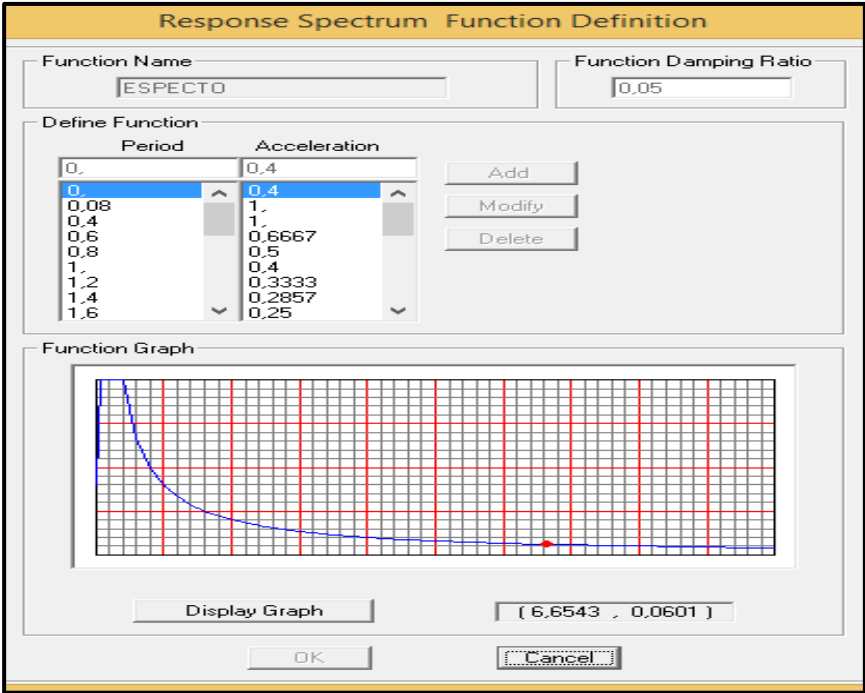
Periodos 1, 2,3 y 4 de vibración de la edificación de adobe



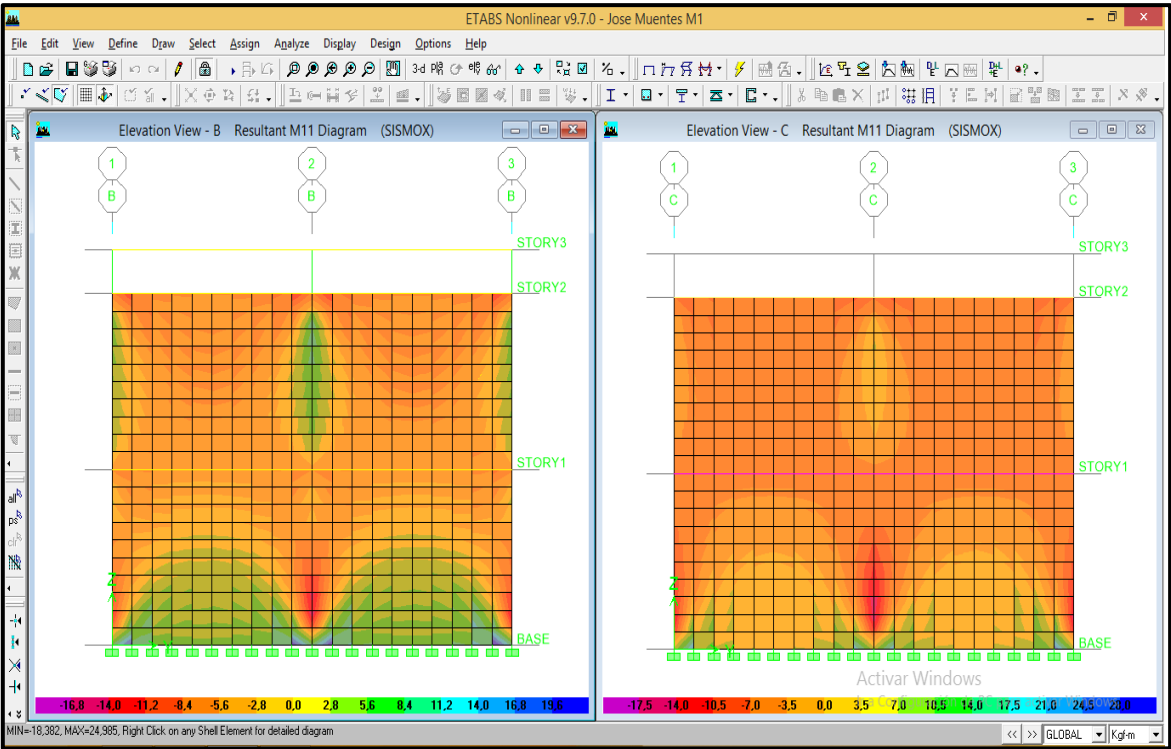
Desplazamiento por sismo en X y en Y de la vivienda de adobe



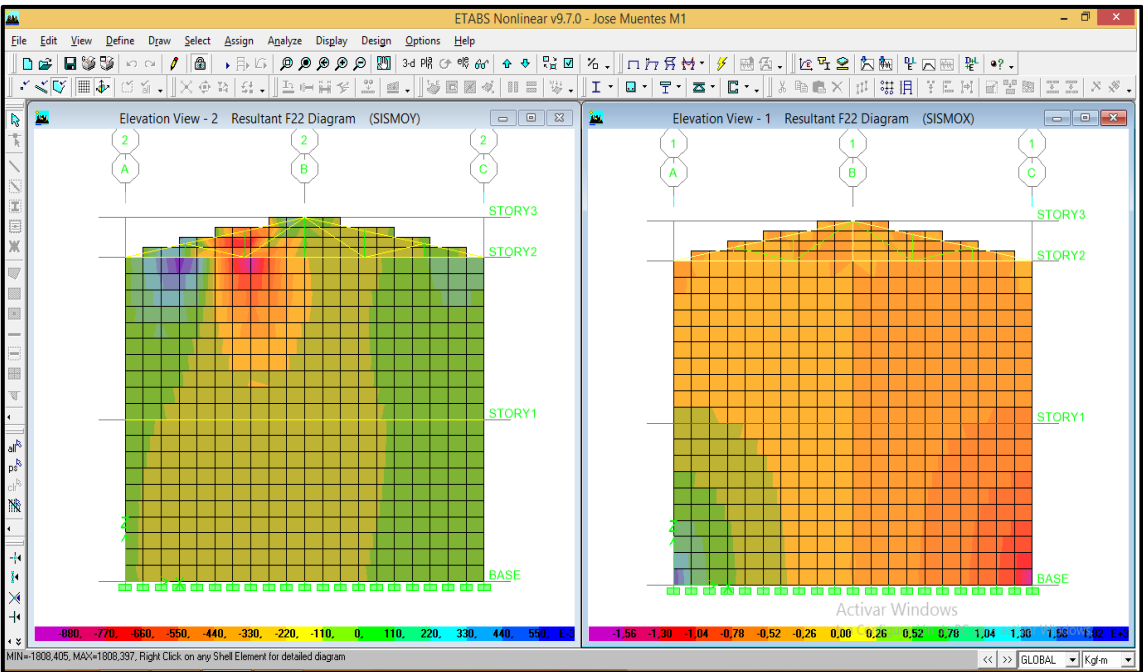
Espectro elástico



Resultado del M11 (Sismo X)



Resultado del M11 (Sismo X)



Centro de masas

Center Mass Rigidity

EditView

Center Mass Rigidity

	Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
▶	STORY2	D1	6.0561	6.0561	3,400	3,800	6.0561	6.0561	3,400	3,800	3,400	3,800
	STORY1	D1	8.8313	8.8313	3,400	3,800	14.8874	14.8874	3,400	3,800	3,400	3,800

◀◀▶▶

OK

Bibliografía

- (AIS), A. C. (2004). *Manual para la rehabilitacion de viviendas construidas de adobe y tapia* . Bogota : Asiciasion Colombiana de ingenieria sismica .
- Blondet, D. M., Neuman, I. J., Torrealva, I. D., & Rubiñño, I. A. (2010). Manual de construccion con adobe reforzado con geomalla . En D. M. Blondet, I. J. Neuman, I. D. Torrealva, & I. A. Rubiñño, *Manual de construccion con adobe reforzado con geomalla* (págs. 46-48). Lima: Editorial de pontificia Universidad Catolica del Peru .
- Cotera, M. G. (2014). CONSTRUCCIONES DE ADOBE. En M. G. Cotera, *CONSTRUCCIONES DE ADOBE* (págs. 15-16). Peru.
- Diéguez, F. (1 de julio de 2016). *Tecnologías y Materiales de Construcción Para el Desarrollo* . Obtenido de Tecnologías y Materiales de Construcción Para el Desarrollo : <http://blog.construmatica.com/>
- Gonzales, A. P. (24 de 06 de 2014). *Mecapedia- enciclopedia virtual de ingenieria mecanica* . Obtenido de Mecapedia- enciclopedia virtual de ingenieria mecanica : http://www.mecapedia.uji.es/modulo_de_elasticidad.htm
- Gonzales, A. P. (2014). Coeficiente de Poisson. *Mercapedia-Enciclopedia virtual de ingenieria mecanica* , 12.
- Gonzales, R., Aguilar, J., & Narcia, C. (7 de 5 de 2010). www.javeriana.edu.co. Recuperado el 14 de 6 de 2016, de www.javeriana.edu.co: <http://www.javeriana.edu.co/arquidis/deparq/documents/ComportamientoestructurasenMejico.pdf>
- Jara, I. V. (2007). Estudio sobre Diseño Sísmico en construcciones de adobe . En V. A. Jara, *Estudio sobre Diseño Sísmico en construcciones de adobe* (pág. 25). Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL.
- Mchenry, P. (2013). Adobe: Como construccion facilmente. En P. Mchenry, *Adobe: Como construccion facilmente* (pág. 12). Mexico: TRILLAS EDITORIAL,S.A.

Pachuca, H. (415 de 7 de 2013). *Causas, características y impacto de los sismos*.

Recuperado el 8 de 6 de 2016, de Causas, características y impacto de los sismos: <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/riesgos/sismos>

Timonel, F. (11 de Marzo de 2011). *Origen de un sismo*. Recuperado el 2 de 06 de 2016, de REEDITOR.COM:

<http://www.reeditor.com/columna/256/6/ciencias/la/tierra/origen/un/sismo>

Yamshiro, R., Sanchez, A., & Morales, R. (2005). *Diseño sísmico de construcciones de adobe y bloque estabilizado*. Lima: Universidad Nacional de Ingenierías.



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia y Tecnología
Innovación y saberes



senescyt
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y
SUBTÍTULO

OPTIMIZACION EN EL USO DE ADOBE SISMO RESISTENTE, COMO MATERIAL
CONSTRUCTIVO PARA VIVIENDAS FAMILIARES DE BAJO COSTO

AUTOR/ES:

MUENTES ALVARADO JOSE LUIS

REVISORES:

Ing. Douglas Iturburu Salvador, MSc.

Ing. Jhon Galarza Rodrigo, MSc.

Ing. Adolfo Villacreses, MSc.

INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil

FACULTAD: De Ciencias Matemáticas y Físicas

CARRERA: Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN: 2016-2017

Nº DE PÁGS: 82

ÁREAS TEMÁTICAS: Estructuras

PALABRAS CLAVE: OPTIMIZACION-ADOBE SISMO RESISTENTE-MATERIAL
VIVIENDAS-BAJO COSTO

RESUMEN:

Este trabajo busca dar a conocer las bondades del adobe como material de construcción, mediante la optimización del ladrillo de barro estabilizado con un aditivo químico como es el cemento, el cual garantiza un elemento más resistente, durable y ecológico. Para esto se realizó el ensayo de suelo cemento con el método abreviado "SHORT CUT", el cual comprende los siguientes análisis: granulométrico, límites de consistencia, humedad-densidad (Próctor modificado método A) y resistencia a la compresión de cilindros de suelo cemento como pila de adobe. También esta investigación cuenta con un análisis numérico del comportamiento de un muro de adobe a las fallas como flexión, cortante y volteo. Se elaboró un ejemplo con un muro reforzado con malla galvanizada, con la finalidad de dar conocer el tema del adobe como material de construcción.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

Nº. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTOS PDF:

☒

SI

☐

NO

CONTACTOS CON AUTOR/ES:

Teléfono: 0992006127

E-mail:

joseluis_muent1992@hotmail.com

CONTACTO EN LA

Nombre: Facultad de Ciencias Matemáticas Y Físicas

INSTITUCIÓN:

Teléfono: 2-938237

Quito: Av. Whymper E7-37 y Alpallana, edificio Delfos, teléfonos (593-2) 2505660/ 1: y en la
Av. 9 de octubre 624 y Carrión, edificio Prometeo, teléfonos: 2569898/9, Fax: (593 2) 250-9054