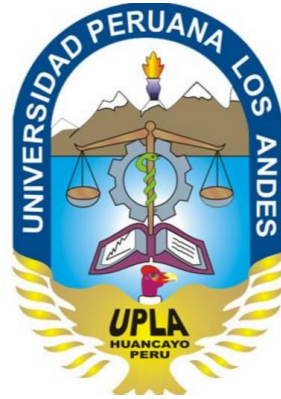


**“UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS  
DEL ADOBE MEJORADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
VIVIENDAS – CHURCAMP A – HUANC AVELICA”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: NUEVAS TECNOLOGIAS Y PROCESOS

PRESENTADO POR:

**Bach. SAMAEL SALAZAR PAUTRAT**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

**INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO – PERÚ

2018

ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA

**ASESOR**

### **DEDICATORIA**

A Dios y mis padres, quienes se merecen mi más profunda gratitud y respeto, cada meta que alcance sea para enorgullecerlos.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A Dios, por los padres que me regaló, la vida llena de bendiciones y dicha.
- A mis padres, Walde Pautrat Aguilar y Luis Alberto Salazar Quiñones; quienes me han sabido educar con responsabilidad y mucho amor para enseñarme lo necesario para afrontar la vida y con su esfuerzo, apoyo y cariño, me han formado con principios para lograrme como persona a través de una carrera universitaria.
- A mis hermanos Neftalí y Gibson, con quienes en las dichas y tristezas me alentaron a estudiar y esforzarme en todo lo que me propuse. Espero que siempre estemos juntos para seguir apoyándonos como lo estamos haciendo.
- A todos mis tíos, amigos y conocidos, quienes con cada consejo y aliento mostraban su preocupación por enseñarme el camino más adecuado, para lograr mis objetivos y cumplir mi meta.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ  
PRESIDENTE

---

JURADO

---

JURADO

---

JURADO

---

MAG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES  
SECRETARIO DOCENTE

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE .....	VI
RESUMEN .....	XI
ABSTRAC .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII

### CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.2. FORMULACION Y SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	15
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3.1. PRÁCTICA O SOCIAL.....	15
1.3.2. METODOLÓGICA.....	16
1.4. DELIMITACIONES .....	16
1.4.1. ESPACIAL.....	16
1.4.2. TEMPORAL.....	16
1.5. LIMITACIONES.....	16
1.5.1. LIMITACIONES ECONÓMICAS.....	16
1.5.2. LIMITACIONES TECNOLÓGICAS.....	16
1.6. OBJETIVOS.....	17
1.6.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17

### CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	18
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	18
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	21
2.3. DEFINICION DE TERMINOS .....	24

2.4. HIPÓTESIS .....	25
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	25
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	25
2.5. VARIABLES.....	26
2.5.1. DEFINICION CONCEPTUAL DE LA VARIABLE.....	26
2.5.2. DEFINICION OPERACIONAL DE LA VARIABLE.....	26
2.5.3. OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE.....	27

### CAPITULO III: **METODOLOGIA**

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	28
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	28
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	28
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	28
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
3.5.1. POBLACIÓN.....	28
3.5.2. MUESTRA.....	28
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	29
3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION .....	29
3.8. TECNICAS Y ANALISIS DE DATOS .....	29

### CAPITULO IV: **RESULTADOS**

4.1. ADOBE MEJORADO .....	30
4.2. MODELAJE ESTRUCTURAL.....	47
4.3. DISEÑO SEGÚN LA NORMA DE ADOBE E-080.....	57

### CAPITULO V: **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

<b>CONCLUSIONES</b> .....	84
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	85

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** ..... 86

**ANEXOS** ..... 88



## ÍNDICE DE TABLAS

**Pág.**

Tabla N° 1 – Operacionalización de la variable .....	27
Tabla N° 2 – Resistencia a la compresión de la unidad de adobe .....	33
Tabla N° 3 – Resultado de compresión de las pilas de Adobe.....	35
Tabla N° 4 – Resultado prueba de succión adobe convencional.....	41
Tabla N° 5 – Resultado prueba de succión adobe impermeabilizado .....	43
Tabla N° 6 – Resultado prueba de absorción adobe impermeabilizado .....	47
Tabla N° 7 – Cuadro comparativo prueba de absorción .....	47
Tabla N° 8 – Metrado de cargas .....	53
Tabla N° 9 – Metrado de cargas – carga viva .....	55
Tabla N° 10 – Metrado de cargas – carga muerta.....	56
Tabla N° 11 – Fuerza cortante en la base ... ..	61
Tabla N° 12 – Verificación por cortante.....	62
Tabla N° 13 – Esfuerzo córtate actuante .....	63
Tabla N° 14 – Calculo para hallar $\delta$ .....	63
Tabla N° 15 – Calculo para hallar en V actuante .....	64
Tabla N° 16 – Resistencia al corte .....	65
Tabla N° 17 – Resistencia al agrietamiento diagonal norma E.070 .....	67
Tabla N° 18 - $V_m$ .....	67
Tabla N° 19 – Verificación para sismos moderados.....	68
Tabla N° 20 - Elaboración de la cimentación.....	79
Tabla N° 21 - Elaboración de los muros .....	81
Tabla N° 22 - Elaboración de los refuerzos verticales .....	82
Tabla N° 23 - Elaboración de los refuerzos horizontales.....	83
Tabla N° 24 - Elaboración de la cubierta .....	84
Tabla N° 25 - Elaboración del recubrimiento de muros.....	85

**ÍNDICE DE FIGURAS****Pág.**

Figura N° 1: Unidad de adobe sometido a ensayos de compresión.....	34
Figura N° 2: Unidad de adobe sometido a ensayos de compresión.....	34
Figura N° 3: Adobes aun frescos después de ser construidos .....	36
Figura N° 4: Máquina de ensayo de compresión.....	36
Figura N° 5: Traslado y montaje de la pila en la celda de ensayo.....	37
Figura N° 6: Toma de dimensiones de la muestra.....	40
Figura N°7: Pesado Inicial de Unidades de Adobe Convencional.....	40
Figura N° 8: Prueba de Succión en Adobe Convencional.....	41
Figura N° 9: Toma de Dimensiones.....	42
Figura N°10: Pesaje Inicial.....	42

## RESUMEN

La presente tesis tiene como problema general: ¿De qué manera influye la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas en la provincia de Churcampa departamento de Huancavelica?, el objetivo general: Determinar de qué manera influye la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas en la provincia de Churcampa departamento de Huancavelica, y la hipótesis general: Los resultados de las evaluaciones de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado empleando un diseño sísmico influyen directamente en la construcción de viviendas.

El método de investigación es científico, el específico es el deductivo - inductivo, el tipo de investigación es aplicada; el nivel de investigación es explicativo, el diseño de investigación es experimental; la población está considerada por las edificaciones construidas con adobe convencional, la muestra no probabilística, considerada por interés del investigador son las viviendas ubicadas en la calle Ccahuacata 1ra cuadra ubicadas en el distrito De el Carmen.

Se concluye: según la hipótesis general, la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado influye directamente en el diseño sísmico y que el resultado de las evaluaciones de las propiedades físicas: respecto resistencia a compresión simple  $24.68 \text{ kg/cm}^2$ , siendo 105% más resistente. Compresión de pilas:  $2.72 \text{ kg/cm}^2$ , 36% más resistente. Propiedad mecánica: impermeabilización del adobe satisfactorio y soporta lluvias moderadas, resistencia a movimientos sísmicos moderados.

Palabras Claves: Adobe Mejorado, Impermeabilización del adobe – diseño Sísmico.

## ABSTRACT

The present thesis has as a general problem: How does the evaluation of the physical and mechanical properties of improved adobe influence the seismic design for housing construction in the province of Churcampa, department of Huancavelica, the general objective: To determine how does the evaluation of the physical and mechanical properties of improved adobe influence the seismic design for housing construction in the province of Churcampa, department of Huancavelica, and the general hypothesis: The results of evaluations of the physical and mechanical properties of improved adobe using seismic design directly influence the construction of houses.

The research method is scientific, the specific is deductive - inductive, the type of research is applied; the level of research is explanatory, the research design is experimental; the population is considered by the buildings built with conventional adobe, the non probability sample, considered by the interest of the researcher are the houses located in the street Ccahuacata 1st block located in the district of Carmen.

It is concluded: according to the general hypothesis, the evaluation of the physical and mechanical properties of the improved adobe directly influence the seismic design and that the result of the evaluations of the physical properties: with respect to simple compressive strength 24.68 kg/cm<sup>2</sup>, being 105% more resistant. Battery compression: 2.72 kg/cm<sup>2</sup>, 36% more resistant. Mechanical property: waterproofing of the adobe is satisfactory and withstands moderate rainfall, resistance to moderate seismic movements.

Keywords: Adobe Improved, adobe waterproofing - Seismic design.

## INTRODUCCIÓN

El estudio realizado se enfoca en las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado, referido al departamento de Huancavelica por las características y necesidades poblacionales durante el 2018. Se observó las técnicas y criterios ancestrales; así como las actuales, que unidas propician una alternativa de solución ante la problemática que aqueja a la población huancavelicana, la falta de viviendas seguras y resistentes a movimientos sísmicos moderados hace sean vulnerables a las mismas.

Huancavelica se caracteriza básicamente por su temporada de friaje crítico, la alta tasa de viviendas rústicas construidas en adobe que son a la vez ineficientes; la pobreza y pobreza extrema que predomina en gran parte de la población Huancavelicana, escasa intervención de entidades y organismos que contribuyan técnicamente en la construcción de este tipo de viviendas.

El barro como material de construcción ha perdido credibilidad debido al desconocimiento de sus amplias posibilidades, al prejuicio de ser considerado el material de los pobres ya que gran parte de las viviendas recientemente construidas en tierra colapsaron por el efecto de los últimos sismos. (Construyendo fácil.com). Esta investigación muestra una edificación efectiva y económica, pues se estudió las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado mediante ensayos de laboratorio, siendo una solución práctica para que puedan ser construidas en zonas rurales del Perú.

El adobe mejorado cuya materia prima esencial está presente en la tierra tales como la arena y las arcillas a los que se les agrega agua para hacer un barro moldeable y otros elementos como paja, *ramas ichu* o incluso estiércol para aumentar su cohesión son indiscutiblemente la mejor manera de mejorar un adobe y hacerlos más resistentes a los sismos.

En el primer capítulo de la tesis presentada, se describe la visible realidad problemática del Perú, ya que en toda su historia se observa que hemos tenido innumerables movimientos sísmicos y las precarias viviendas de adobes no resisten

a estas, principalmente en la Región Huancavelica que son los más vulnerables por tener este tipo de viviendas.

En este segundo capítulo tenemos el marco teórico, en el cual contempla los antecedentes de la investigación tanto internacionales como nacionales que nos hablan sobre las bondades del adobe y su fabricación, formulando así las hipótesis generales y específicas del proyecto.

En el tercer capítulo Hablamos sobre la metodología, en el cual detalla el método, el tipo, el nivel y el diseño de investigación, de al cual representa dicha tesis, culminando con las técnicas y análisis de datos.

Contemplamos en este cuarto capítulo los resultados en el cual detalla temas como el adobe mejorado – ensayos de control e impermeabilización, dotando de pruebas realizadas en el laboratorio tales como ensayo de compresión simple de la unidad de adobe y pilas, también se realizó la prueba de impermeabilización, ensayos de succión y absorción, contempla el modelaje estructural con el programa ETABs y cálculos que se realizó según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-030. E-070. y E-080.

En este último, capítulo quinto tenemos la discusión de resultados de la investigación, presentación y análisis de la información obtenida, teniendo en consideración lo estudiado.

Conclusiones.

Recomendaciones.

Referencias bibliográficas.

Anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

El proyecto titulado Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado para la construcción de viviendas – Churcampa – Huancavelica, investigará las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado y se someterá a ensayos de laboratorio para determinar la mejora del adobe, como también a un diseño sísmico, obteniendo así una estructura resistente a los efectos climatológicos y a movimientos sismos; la cual de ser efectiva dará solución desde el enfoque de la ingeniería civil a prevenir el colapso súbito de la estructura, evitara que la humedad perjudique la construcción de adobe y al friaje que padecen miles de personas en las zonas más altas del Perú, quienes casi siempre son personas de bajos recursos económicos.

Propongo una vivienda de un piso que brinde la protección necesaria, que cumpla con los requisitos para satisfacer las necesidades básicas del ser humano, y como indica Zegarra y Quiun “además de ser una solución práctica al colapso súbito de las construcciones tradicionales de adobe durante los terremotos”, (1999:2) y de las fuertes precipitaciones que muchas veces humedecen la base de la construcción de adobe debilitándolas.

De ser un trabajo efectivo y de calidad, se difundirán las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado, obteniendo así una construcción económica, cálida y de fácil disponibilidad, que a la vez son mucho más saludables según muchos expertos en el tema.

## **1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA:**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL:**

¿De qué manera influye la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas en la provincia de Churcampa departamento de Huancavelica?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS:**

- a) ¿Cómo influye la permeabilidad del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas?
- b) ¿Cómo establecer la plasticidad del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas?
- c) ¿De qué manera influye la resistencia a compresión del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN:**

### **1.3.1 Justificación Social:**

Esta investigación es de importancia porque en nuestro país se construyen innumerables viviendas de adobe, pues servirá para que las personas que construyan sus viviendas de adobe tengan alternativas de mejoramiento tanto



en la resistencia de la unidad como en la impermeabilización del adobe, proporcionando seguridad y confort para sus habitantes.

Socialmente beneficiara a las personas que habiten en este tipo de viviendas, ya que tendrán mayor seguridad y una mejor calidad de vida.

### **1.3.2 Justificación Metodológica:**

El investigador para resolver los problemas planteados empleara metodologías propias que servirán para la recolección de datos, así mismo estas metodologías podrán servir de base para otras investigaciones similares.

## **1.4. DELIMITACIONES:**

### **1.4.1. Espacial**

El estudio de la tesis está delimitado en:

Departamento: Huancavelica

Provincia: Churcampa

Distrito: El Carmen

Calle: Ccahuacata 1ra cuadra

### **1.4.2. Temporal:**

La investigación está delimitada para el año 2018.

## **1.5. LIMITACIONES**

1.5.1. Limitaciones Económicas: Principalmente se da por la falta del recurso económico, pues no se pudo realizar pruebas más específicas o retornar con más frecuencia al lugar.

1.5.2. Limitaciones Tecnológicas: Basada básicamente a la falta de tecnología como laboratorio, una mesa vibratoria en escala 1 en 1 para poder someter a ensayos de simulación sísmica, vibración la edificación estudiada.

## **1.6. OBJETIVOS:**

### **1.6.1. Objetivo general:**

Determinar de qué manera influye la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas en la provincia de Churcampa departamento de Huancavelica.

### **1.6.2. Objetivos específicos:**

- a) Determinar de qué manera influye la permeabilidad del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas.
  
- b) Determinar de qué manera influye la plasticidad del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas.
  
- c) Determinar de qué manera influye la resistencia a compresión del adobe mejorado en el diseño sísmico para la construcción de viviendas.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO – CIENTÍFICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales:

Blondet, Villa y Brzev (2003), publicaron *Construcciones de Adobe Resistente a los Terremotos*, en el que uno de los principios esenciales de la construcción de adobe sismo resistentes es el uso de distribuciones en planta compactas y tipo caja, las recomendaciones principales se resumen en construir la casa de solo un piso, como usar un techo liviano y aislado en lugar de un techo de tierra pesado y compacto, disponer la distribución de muros para proveer soporte mutuo, y por medio de muros transversales e intervalos regulares en ambas direcciones, o usar contrafuertes, mantener los vanos de los muros pequeños y bien distribuidos, así como construir sobre una cimentación firme.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2008), publicó el *Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas en Adobe y Tapia Pisada* que tiene como propósito ilustrar la manera de las construcciones ancestrales para identificar las principales deficiencias ante los terremotos y sugerir la manera como intervenir o rehabilitar aquellas edificaciones existentes, muchos de ellos de reconocido valor patrimonial, pues el propósito es que sirva como una guía técnica idónea donde se presenten alternativas de intervención o rehabilitación sísmica, para disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones existentes de adobe y así disminuir la pérdida de vidas humanas.

Gernot Minke (2005), realizó estudios en Viviendas Antisísmicas de Tierra, Resultados de Investigación y Ejecución en zonas Sísmicas de los Andes *con participación de la Universidad Kassel de Alemania* que resulto en el análisis de los daños presentados en viviendas de un piso afectadas por

sismos de alta intensidad en diferentes zonas rurales de los andes, permite establecer que son siempre algunos de los mismos típicos errores de diseño estructural o de ejecución de obra; que conducen al colapso o a daños considerables. Para estas investigaciones se construyeron seis prototipos de viviendas con diferentes sistemas estructurales en Méjico, Ecuador, Guatemala, Bolivia, Chile y Argentina, con muros de tierra apisonada reforzados con bambú, muros dúctiles de bahareque (quincha), muros dúctiles de elementos textiles rellenos con tierra cúpula y bóveda de adobe pre tensado.

Nuevamente Gernon Minke (2001) publicó el *Manual de construcción para viviendas Antisísmicas de Tierra con apoyo de la universidad de Kassel*, se concluyó que cuando la tierra húmeda se compacta en una prensa manual o mecánica se denominan bloques de suelo. Los ladrillos producidos mediante un extrusor en una ladrillera se denominan ladrillos crudos. Los bloques más grandes compactados en un molde se denominan adobones.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales:**

Miguel Hadzich (1999), presentó un manual de construcción titulado *Vivienda antisísmica de adobe* con la colaboración de la Pontífice Universidad Católica del Perú (PUCP), en el cual detalla un modelo de vivienda de adobe antisísmico autosuficiente energéticamente que además puede ser adoptada con pequeñas modificaciones en zonas de la sierra como en la costa, el cual tiene mejoras en la calidad del adobe y en la estructura, contando con refuerzos horizontales(cañas partidas que forman parrillas colocadas cada tres o cuatro hiladas a lo largo de los muros) y verticales (cañas que van sobre sientto hasta la viga superior).

Neumann, Torrealva y Blondet presentaron el proyecto *Construcción de casas saludables y sismo resistentes de adobe reforzado con geomallas para la zona Sierra* con el respaldo de la PUCP, se propuso el refuerzo sísmico con geomallas para las edificaciones de adobe, con el proceso de diseño de los modelos de vivienda ya contribuido con las soluciones, saneamiento y cocina mejorada.

Regal y Ávila (2000), publicaron su obra titulada *Materiales de construcción* en la que especifican con precisión características principales del

adobe y su fabricación; especifica que las principales ventajas del adobe son que proporcionan muros a prueba de sonidos y que son muy malos conductores de calor, por lo que las habitaciones construidas con ellas son frescas en verano y abrigadas e invierno, añade también que la densidad del adobe es aproximadamente 1.6 y que la resistencia a la compresión es de 33 a 47 kg/cm.

Zegarra, Wong y San Bartolomé (1994), presentaron el programa de reconstrucción titulado *Técnicas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe*, en el cual se plantea un sistema de refuerzo para viviendas de adobe existentes y una adaptación del mismo para viviendas nuevas con el objetivo de evitar el colapso ante terremotos severos, llegando a la conclusión de que la técnica más apropiada consiste en reforzar los muros con franjas horizontales y verticales de malla electro soldadas recubiertas con mortero y cemento.

CARE en colaboración con reconocidas instituciones peruanas (SENCICO, PUCP, UNI, MINISTERIO DE VIVIENDA, ONG PREDES, ONG ITDG) (2006), desarrollaron el proyecto Características técnicas de viviendas de adobe reforzado en la cual un módulo básico de vivienda basado por requisitos mínimos de habitabilidad con área de construcción 51 m<sup>2</sup>, y con un sistema sismo resistentes que comprende la estructura de cimentación, la construcción de muros de 40 cm de ancho, la colocación de una viga collar, el refuerzo de los muros con geomallas y el revestimiento de las paredes con barro.

En la década para la reducción de desastres, declarada por las Naciones Unidas (1990 – 2000), se propició el desarrollo de un proyecto de investigación con la participación del Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) y la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), quienes realizaron el proyecto titulado *Técnicas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe (2002)*, el cual se basa en “muros reforzados con franjas verticales y horizontales con malla electro soldada recubiertas con mortero de cemento como técnicas de reforzamiento para viviendas de adobe.

Zegarra, San Bartolomé y otros comentan que *entre (1998 y 1999) la técnica se aplicó en viviendas reales ubicadas en zonas sísmicas del Perú. Las cuales se comportaron con éxito ante el terremoto del 23 de junio del 2001 (Ms=7.9) que afectó el sur del Perú. Lamentablemente, pese a ser una técnica muy útil para este tipo de construcción, las mallas electro soldadas elevan los costos de construcción los cuales son inalcanzables para los pobladores de zonas rurales, quienes en su mayoría optan por este tipo de construcción.* (2002).

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL:**

Ignacio (2017), sostiene que los sistemas constructivos utilizan tecnologías que factibilizan la realización de un determinado proyecto, con lo cual se vuelven competitivos para la producción de viviendas; constan de métodos, técnicas, procesos, procedimientos, subsistemas y elementos que se combinan coherentemente de forma permanente; identificados y planificados de acuerdo a sus limitaciones y restricciones, para cumplir con determinada función. Los sistemas constructivos menos simples son cimiento, estructura y techo; entre otros están los sistemas para control ambiental (calefacción, ventilación, iluminación y acústica), entre otros.

Sea de menor o mayor complejidad debe asegurar la calidad, economía y versatilidad de la edificación, es decir el sistema debe ser eficiente.

Cuando se trabaja en base a un correcto proceso constructivo se obtiene una construcción segura, la cual se aprecia en una infraestructura hecha en base a estudios especializados de ingeniería civil que involucra mano de obra calificada, materiales apropiados, herramientas y equipo especializado en cada una de las actividades que se realizaran en obra, acompañadas de dirección técnica profesional para la buena finalización, acreditando las siguientes características:

- **Funcionalidad:** Proporcionalidad en espacios o instalaciones en relación a necesidades de uso, permanencia, adaptación, adecuación, tales como dimensiones y superficies mínimas para los diferentes ambientes para la vivienda, altura de techos, iluminación y ventilación natural pendiente para desfogue de aguas, alturas y achos mínimos para puertas y ventanas.

- Durabilidad (Ignacio, 2017, p11): “Perpetuación en el tiempo de los diversos materiales, inmuebles u objetos, expuestos y sometidos a agentes atmosféricos; acción sísmica, impactos; garantizando las buenas condiciones de la estructura con mantenimiento eventual, permanente a través de la vida útil de estos”.

Un proceso constructivo debe constar como mínimo de:

Procesos manuales, los cuales deben cumplir de pasos lógicos para efectuar uno o más objetivos finales, obteniendo así un resultado concreto, a través del uso de fuerza de trabajo mediante herramientas apropiadas, equipos y mano de obra calificada; por ejemplo, en proyectos, obras parciales o totales.

Materiales, la selección de materiales y el diseño de componentes de una estructura son factores inseparables; un material se optimiza cuando se relaciona con los parámetros que requieren el diseño, resistencia, versatilidad, economía y seguridad. El diseño toma en cuenta todos los requerimientos funcionales, factores económicos, selección de materiales con la cantidad de atributos favorables a la buena calidad. Para que un material pueda satisfacer todas las necesidades de diseño, también se deben considerar factores como combinación de materiales, sistemas de protección o modificación del propio diseño. De cualquier forma, el resultado será un componente o sistema que satisface necesidades de diseño mediante materiales seguros, confiables, que cumplan con su función y también que sean de costos razonables (Ignacio, 2017, p10).

Normas de la Asociación Americana para ensayo de materiales

Como señala Bonilla Rene y Rodríguez, “La Asociación Americana para Ensayo de Materiales (A.S.T.M.) fue creada en 1898, proporciona un foro para fabricantes y usuarios; con un interés general; se conoce un grupo común de las normas escritas para materiales, productos, sistemas y servicios. La (A.S.T.M.) ha dado a conocer más de 9,500 normas cada año, referentes a construcción en hierro, y productos de acero, plásticos, electrónica, textiles, etc. Las normas de la asociación contienen guías, clasificaciones, instrucciones y documentos que proporcionan discusiones en programas de pruebas dentro de laboratorios, especificaciones para materiales, productos o sistemas, terminología, descripción, símbolos, abreviaturas o siglas, métodos de prueba proporcionando una o más

cualidades, características o propiedades de un material, producto o sistemas; todo esto, estandarizado y ya convencionalmente aceptado para toda América.

Los procedimientos constructivos, de materiales y control de calidad se regulan en el país por lo establecido en las Normas de la (A.S.T.M., A.C.I., A.I.S.C.); en ellos se establece la calidad del material a emplear, la calidad en la realización de la obra, los procedimientos para realización; por ejemplo, encofrados, dobleces del hierro de refuerzo, compactación y demás según el material de constitución.

Estas asociaciones que rigen la construcción en general también consideran a la Construcción Tradicional; que con el desarrollo de la tecnología condiciona la mano de obra calificada existente y su relación de precios con materiales y mano de obra de fabricación.

Este es el punto de partida para el tema de interés para la presente investigación; las construcciones tradicionales involucran a los métodos, pasos y sistemas antiguos que se han modificado a través del tiempo, pero que no han cambiado su esencia; siendo una forma primaria en la industria de la construcción, utilizan materiales térreos, madera o concreto para fijar sus viviendas, teniendo en consideración que para cada tipo de obra es necesario conocer previamente la función que van a cumplir, la disponibilidad, la repercusión económica del elemento acabado y las medias que conllevan su puesta en obra. La construcción tradicional compleja puede resultar menos ventajosa por su tiempo de realización, garantía de calidad y aspecto estético.

“Sin embargo, no debemos olvidar que los sistemas constructivos que utilizan materiales tradicionales o no tradicionales deben ser eficaces, utilizando tecnología de innovación, buscando mejores alternativas y soluciones constructivas en la industria de la vivienda”, (Bonilla, 2003:115), y ya que las construcciones tradicionales tienen como principal material de construcción al adobe, es este el material a explotar e investigar a profundidad.

Entre los beneficios que ofrece la construcción tradicional resaltan:

- Al usar materiales térreos, su nivel de contaminación es mínimo.
- El suelo común es utilizado para hacer adobes, barro para las juntas y estuco para dar el acabado y protección a las paredes de la casa.



- El adobe en las noches mantiene el calor, y por las mañanas es fresco.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

- **Arcilla:** El componente más importante del suelo; provee la resistencia seca y causa la contracción por secado del suelo.
- **Aditivos:** Paja y en una menor proporción arena gruesa son aditivos que controla la microfisuración del mortero durante la contracción por secado y por ende, mejoran la resistencia de la albañilería de adobe.
- **Amasado de barro:** Llamado también dar temple, consiste en agregar la cantidad de agua necesaria para hacer posible el molde.
- **Adobe:** Es un bloque macizo de tierra sin cocer, también llamado ladrillo crudo, es de barro amasado con agua y alguna sustancia como cal, paja, arena, estiércol, etc. Que mejoran la resistencia ante agentes externos (terremotos, lluvias, etc.). Su origen recae en la misma Tierra, el cual son sedimentos, acumulaciones, degradaciones consolidadas o no, de partículas sólidas.
- **Ensayo de la pastilla:** que se observa si la pastilla se deforma al ser está sometido a presión manual, determinando así si el suelo es el ideal para poder fabricar adobes.
- **Ensayo de compresión:** mide la resistencia de un material al aplicar una carga de compresión, se toma la máxima carga para la cual las muestras fallan, esto para calcular el esfuerzo de ruptura". (RNE, 2006:330).
- **Ensayo de pilas:** mide la resistencia a la compresión de la albañilería de adobe, según la norma E-080 dichas pilas deben estar compuestas por un número de unidades enteras de adobe que permita obtener una esbeltez (altura/espesor) del orden de 3, aproximadamente. El número mínimo de

pilas a ensayar es 3 y mediante estos ensayos se obtiene la resistencia última f<sub>m</sub> a compresión de la pila. (RNE, 2006:330).

- **Ensayo de succión:** ensayo para determinar la absorción temprana de tiene un bloque de adobe en un tiempo de 1 minuto  $\pm$  1 segundo.
- **Ensayo de Absorción:** Ensayo para determinar la capacidad de absorción durante 24 horas de inmersión en agua.
- **Gavera:** Molde de madera, que sirve para formar los adobes.
- **Moldeado:** Se realiza sobre un terreno previamente nivelado que se llama tendal.

## 2.4. HIPÓTESIS:

### 2.4.1. Hipótesis general:

La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado influye directamente en el diseño sísmico para la construcción de viviendas en la provincia de Churcampa departamento de Huancavelica.

### 2.4.2. Hipótesis específicas:

- a) La permeabilidad del adobe mejorado influye directamente en el diseño sísmico para la construcción de viviendas
- b) La plasticidad del adobe mejorado influye directamente en el diseño sísmico para la construcción de viviendas
- c) La resistencia a compresión del adobe mejorado influye directamente en el diseño sísmico para la construcción de viviendas

## 2.5. VARIABLES:

### 2.5.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE:

#### Variable Independiente (X):

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado:** Los organismos oficiales encargados de normalizar las características de los materiales de construcción, se encuentran un poco obstaculizados frente a este material, en efecto la tierra cruda no resiste ninguna de sus pruebas estandarizadas, pero fuera de su laboratorio, en condiciones reales, resiste pruebas atmosféricas severas, durante siglos. Otro punto esencial, son las cualidades reales necesarias, para una vivienda de un solo piso: la resistencia requerida en la parte baja de un muro es de 1 kg. /cm<sup>2</sup>; con un coeficiente de seguridad de 21 (cifra universalmente adoptada) se tendrá suficiente calidad con un elemento de tierra que puede resistir a 21 kg./cm<sup>2</sup>. se comprueba así, que, en la mayoría de los casos, la tierra satisface plenamente.

#### Variable Dependiente (Y):

**Diseño sísmico para la construcción:** Es una tecnología que diseña y ejecuta procesos constructivos con elementos estructurales, distribuidas previa aplicación de principios básicos como la simplicidad, simetría, resistencia, rigidez y continuidad de las obras, que les permita resistir los usos y las cargas sísmicas a que estarán sometidas durante su vida útil y también a los sismos.

### 2.5.2. DEFINICION OPERACIONAL DE LA VARIABLE

#### Variable Independiente

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado:**

Son las diversas propiedades propias del adobe tales como la permeabilidad, la plasticidad y la resistencia a la compresión.

## Variable Dependiente

### Diseño sísmico para la construcción:

Se han de tener en cuenta: Las Propiedades de los materiales de construcción, Características dinámicas del sistema del edificio, Características de las cargas de flexión de los componentes del edificio

### 2.5.3. OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE

Tabla 1  
Operacionalización de las Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>V. INDEPENDIENTE</b> Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado	Edificación de una estructura para ser habitada	Son las diversas propiedades propias del adobe tales como la permeabilidad, la plasticidad y la resistencia a la compresión.	• Permeabilidad.	Transmisión de agua Transmisión de aire
			• Plasticidad.	Resistir deformaciones rápidas, sin cambiar de volumen
				Resistir deformaciones rápidas, sin agrietarse. Resistir deformaciones rápidas, sin desagregarse.
			• Resistencia a compresión.	Valor de carga última del suelo
<b>V.DEPENDIENTE</b> Diseño sísmico para la construcción:	Masa cruda de tierra, agua y aditivos especiales que garantizan la resistencia de este	Se han de tener en cuenta: Las Propiedades de los materiales de construcción, Características dinámicas del sistema del edificio, Características de las cargas de flexión de los componentes del edificio.	• Propiedades de los materiales de construcción.	Propiedades físicas. Propiedades térmicas. Propiedades acústicas. Propiedades ópticas. Propiedades químicas. Propiedades mecánicas.
			• Características dinámicas del sistema del edificio.	Control de calidad de una obra. Control de daños causados por un sismo. Verificación de reparaciones o modificaciones. Control de una estructura durante su vida útil.
			• Características de las cargas de flexión de los componentes del edificio	Las secciones transversales al eje baricéntrico se consideran en primera aproximación indeformables y se mantienen perpendiculares al mismo tras la deformación.
				Las secciones transversales perpendiculares al eje baricéntrico pasen a formar un ángulo con ese eje baricéntrico por efecto del esfuerzo cortante.

## **CAPITULO III: METODOLÓGIA**

### **3.1. METODO DE INVESTIGACION**

#### **MÉTODO CIENTÍFICO:**

Deductivo: puesto que infiere los hechos observados basándose en la ley general.

Inductivo: se caracteriza por cuatro etapas básicas, la observación y el registro de todos los hechos, el análisis y la clasificación de los hechos.

### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es aplicada, porque está basada en solucionar problemas que aquejan a la población.

### **3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

El nivel de investigación es explicativo, ya que se explica la causa - efecto que existe entre ambas variables.

### **3.4. DISEÑO DE INVESTIGACION**

El diseño de investigación es experimental puesto que se van a desarrollar ensayos de laboratorio.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.5.1 POBLACIÓN:**

La población considerada para esta investigación son las edificaciones construidas con adobe convencional ubicadas en el distrito El Carmen, en la provincia de Chuarcompa del departamento de Huancavelica, el cual cuenta con 560 viviendas.

#### **3.5.2. MUESTRA:**

El tipo de muestreo es no probabilístico, y la muestra considerada por interés del investigador; las viviendas ubicadas en la calle Ccahuacata 1ra cuadra ubicadas en el distrito de El Carmen, en la provincia de Chuarcompa del departamento de Huancavelica, son en total 5 viviendas.

### **3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

- Observación directa.
- Observación controlada.
- Libreta de campo.
- Reconocimiento del terreno.
- Pruebas de resistencia a compresión simple.
- Prueba de resistencia de pilas.
- Prueba de absorción.
- Prueba de succión.
- Pruebas caceras de impermeabilización del adobe.
- Goma de penca.

### **3.7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:**

Análisis descriptivo: los datos obtenidos se presentarán en cuadernos de campo, libretas, transcritas a tablas de puntajes y niveles, utilizando gráficos y/o circunferencias.

### **3.8. TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS**

- Traslado al distrito de Huancavelica escogido por la prueba aleatoria simple.
- Se recogerá la cantidad necesaria para la aplicación de las diversas pruebas.
- Se realizará una calicata de 1.50 metros de profundidad, se obtendrá muestras para llevarlas al laboratorio y determinar su capacidad portante del suelo.
- Se analizará el tipo de tierra con las técnicas adecuadas.
- Se anotará todo cambio o procedimiento en el cuaderno de campo o bitácora.
- Se agregarán los aditivos necesarios para cubrir los objetivos.
- Se realizarán las pruebas de resistencia a cada muestra.
- Se analizará los resultados y presentaran en tablas, cuadros y demás técnicas apropiadas.

## RESULTADOS - CAPITULO IV

### 4.1. EL ADOBE MEJORADO:

Es un bloque macizo de tierra sin cocer, también llamado ladrillo crudo, es de barro amasado con agua y alguna sustancia como cal, paja, arena, estiércol, etc. Que mejoran la resistencia ante agentes externos (terremotos, lluvias, etc.). Su origen recae en la misma tierra, el cual son sedimentos, acumulaciones, degradaciones consolidadas o no, de partículas sólidas.

Por ejemplo, la desintegración física y/o química de las rocas, genera productos, terrosos de distinta calidad, superficialmente según la profundidad a que se localicen.

Aditivos: Paja y en una menor proporción arena gruesa son aditivos que controla la micro fisuración del mortero durante la contracción por secado y por ende, mejoran la resistencia de la albañilería de adobe, pues también se le adicione piedra chancada de ½" en una proporción del 5% del total de adobe, este para dar mayor resistencia a la unidad de adobe, obteniendo así un adobe mejorado.

#### **Usos de la tierra en la construcción.**

La tierra es uno de los materiales de construcción más antiguo, que ha sido utilizado para hacer paredes, pisos, techos y viviendas enteras. Las técnicas de construcción con tierra más conocida en el país, son el adobe y el bahareque. Modernamente en los últimos años, se ha incrementado el uso de la tierra estabilizada o mejorada, respecto a sus propiedades físicas y mecánicas, haciéndola más favorable; así, con tierra blanca se hacen bloques y ladrillos de suelo-cemento.

#### **Propiedades Físicas y Mecánicas.**

Las propiedades físicas de la tierra o suelo, dependen de su origen y composición; su mineralogía está determinada por su composición; la granulométrica va de 0.002 mm para los finos, y los gruesos mayor que 0.2 mm.

**La propiedad física más importante:**

Plasticidad, capacidad que presentan los suelos a deformarse hasta cierto límite, sin romperse; para conocer la plasticidad de los suelos se ensayan en el laboratorio, los límites de Atterberg; así, límite líquido, es el contenido de humedad de un suelo con el cual se tiene una resistencia de 25 Kg/ cm<sup>2</sup>; límite plástico, es el contenido de humedad en un suelo que se cuartea cuando se rola hasta el diámetro de 1/8 de pulgada o tres milímetros; límite de contracción, es el contenido de humedad en un suelo, para el cual este no cambia de volumen, o aquel en el que se detiene la contracción de su masa, aun cuando se continúe evaporando el agua presente. Los suelos finos en estado natural son consistentes, cualitativamente se identifican los estados blando, medio, firme y duro.

**La propiedad mecánica de los suelos:**

La permeabilidad, esta representa la facilidad que tiene el agua de pasar a través de un medio poroso; el flujo que circula está determinado a partir de la ley de Darcy. La resistencia al esfuerzo cortante también conocido por fuerza de corte o cortante, representa la capacidad de los suelos para soportar cargas sin fallar. En suelos gruesos es importante la compacidad relativa, indicando suelo compacto, semi compacto, suelto; la forma de los granos y la granulometría. En suelos cohesivos se considera que resistencia al corte, depende del esfuerzo efectivo y de la trayectoria del esfuerzo.

Pasos para escoger un buen suelo:

El suelo o tierra es utilizado para hacer adobes, barro para las juntas y revestimiento de las paredes de la casa. Sin embargo, todos los suelos no son adecuados para estos fines. Estos son una mezcla de gravilla, arena y arcilla. Combinados con agua, se les puede dar la forma necesaria.

Los materiales se seleccionan para diversas aplicaciones, esta selección sirve para determinar las características más importantes que deben poseer los materiales. Los principales ensayos que se utilizan para juzgar la calidad de los materiales son:



- Ensayo de la pastilla: que se observa si la pastilla se deforma al ser está sometido a presión manual, determinando así si el suelo es el ideal para poder fabricar adobes.
- Ensayo de compresión: mide la resistencia de un material al aplicar una carga de compresión, se toma la máxima carga para la cual las muestras fallan, esto para calcular el esfuerzo de ruptura.
- Ensayo de absorción: este ensayo permite determinar el porcentaje de agua que absorbe un material seco, al sumergirlo durante un período de tiempo establecido, preferible 72 horas.

### **Sismo resistencia de la edificación**

Dentro de la Zonificación sísmica, en que se divide el territorio peruano, Huancavelica se encuentra en la zona 2, con coeficiente sísmico  $C = 0.15$ , esto según la norma E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), la cual las construcciones de adobe se limitaran a un solo piso en zona sísmica 3 y dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1 definidas en la NTE E-030 Diseño Sismo resistente, para nuestro caso y para mayor seguridad trabajaremos con un solo piso (RNE, 2006).

**Dimensión de los adobes:** Para la fabricación de adobes necesitamos también una gavera esta puede ser de madera o metálico con o sin fondo, el cual tendrá 40 cm de ancho, 10 cm de alto y 30 de largo, estas medidas es según el ancho de las paredes. Una vez construidas las sumergimos en agua para evitar que el barro se pegue al molde, luego espolvoreamos arena fina en el suelo dentro del molde para que no se pegue el barro, con el barro previamente dormido, formar una bola y tirarla con fuerza, emparejamos primero con las manos, debemos tener en cuenta que para el tendal el suelo debe estar plano; luego rellenamos y emparejamos con regla de madera mojada, sacar con cuidado el molde para no deformar el adobe recién hecho; en el caso de que la gavera tuviera fondo voltear el molde muy rápido y retirar con cuidado el molde.

#### 4.1.1 Pruebas de resistencia de los adobes:

La carga puntual de la unidad se determina ensayando cubos labrados, cuya arista tendrá como dimensión la menor de la unidad de adobe, en pocas palabras sobre dos apoyos colocados en el piso, asentamos un adobe seco apoyado en sus dos esquinas dejando su parte central libre, un adobe de buena calidad debe resistir en esta posición el peso de una persona durante 1 minuto como mínimo y si se rompe significa que tiene poca arcilla, la prueba de la carga puntual resulto positiva soportando el peso de una persona de aproximadamente 70 Kg durante 1 minuto, pasando por el ensayo de carga puntual. (RNE, 2006).

“La resistencia a compresión de las unidades adobe se obtuvo al someter a ensayos de compresión axial a 3 unidades, los valores obtenidos de este ensayo se muestran en la tabla siguiente, siendo “fo” la resistencia última obtenida de dividir la carga máxima resistida entre el área de la unidad”. (RNE, 2006).

Tabla N° 02

#### *Resistencia a compresión de la unidad de Adobe*

	Largo (cm)	e (cm)	Alto (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	P (kn)	P (kg)	fo (kg/cm <sup>2</sup> )
Unidad1	40	28	9.5	213.33	40.1	4,330.80	21.17
Unidad 2	39.5	27	9.3	213.33	54.8	5,918.40	26.65
Unidad 3	40	30	10	213.33	51.7	5,583.60	26.22
Fuente: Elaboración propia					fo promedio:		24.68 kg/cm <sup>2</sup>

La Norma **E.80** acepta como valor mínimo aceptable **fo= 12 Kg /cm<sup>2</sup>**, por lo tanto, con el valor obtenido **24.68 Kg /cm<sup>2</sup>** se está por encima del valor mínimo especificado.



*Figura 1:* Unidad de adobe sometido a ensayos de compresión. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 2:* Unidad de adobe sometido a ensayos de compresión. Fuente: Elaboración propia.

Refuerzo sísmico vertical y horizontal en muros: El refuerzo vertical sería de caña brava de 1" de diámetro, separadas cada 0.30 cm a cada lado. Colocamos las cañas verticales y las sujetamos al encofrado del sobre cimiento, para así unir las con los adobes y la viga cumbreira. Así mismo se reforzará horizontalmente a los muros colocando cada 4 hiladas de adobes una de caña brava cortadas por la mitad y amarradas entre sí.

#### 4.1.2 Pilas de adobe

Para obtener la resistencia a la compresión de la albañilería de adobe la Norma E.080, en su acápite 8.2, indica que se pueden realizar ensayos de pilas. Dichas pilas deben estar compuestas por un número de unidades enteras de adobe que permita obtener una esbeltez (altura/espesor) del orden de 3, aproximadamente. El número mínimo de pilas a ensayar es 3 y mediante estos ensayos se obtiene la resistencia última  $f_m$  a compresión de la pila. En este caso, se construyeron 3 pilas con unidades enteras de 3 hiladas cada una, con juntas de 2 cm de grosor. Durante el proceso constructivo se verificó continuamente la verticalidad de las unidades conforme se iban apilando y se usó el mismo mortero de barro que en la construcción del módulo. Las dimensiones de las pilas fueron 30x10x40cm. Siendo la esbeltez de la pila de  $40/10 = 4$  (dentro del rango indicado en la Norma). Las pilas fueron ensayadas a los 28 días de haber sido construidas. Para el ensayo se trasladaron cuidadosamente las pilas hasta la máquina de ensayos. Los valores obtenidos del ensayo fueron los indicados en la tabla siguiente: (RNE, 2006).

Tabla N° 03

#### *Resultado del ensayo de compresión de las pilas de Adobe*

	Largo (cm)	e (cm)	Alto (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	P (kn)	P (kg)	fo (kg/cm <sup>2</sup> )
Pila 1	40	30	36	213.83	21.1	21.552	10.4
Pila 2	40	30	36	213.83	21.9	22.409	11.2
Pila 3	40	30	36	213.83	22.2	22.695	11.07
Fuente: Elaboración propia					fo promedio:		10.89 kg/cm <sup>2</sup>

De los valores indicados en la tabla, la resistencia última de las pilas  $f_m$  es de **10.89 Kg /cm<sup>2</sup>**.

El esfuerzo admisible a compresión del muro ( $f_m$ ) se obtiene de la siguiente expresión (**Norma E.080**):  $f_m = 0.25 f'_m$

Entonces:  $f_m = 0.25 \times 10.89 = 2.72 \text{ Kg /cm}^2$

La Norma E.080 señala que cuando no se realizan ensayos de pilas el esfuerzo admisible a compresión de los muros puede tomarse como  $2 \text{ Kg /cm}^2$ , valor que queda verificado en este proyecto.



*Figura 3:* Adobes aun frescos después de ser construidos. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 4:* Máquina de ensayo de compresión. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 5:* Traslado y montaje de la pila en la celda de ensayo. Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.3 Impermeabilización de los adobes:**

Actualmente el uso de impermeabilizantes es común en la sociedad, pero tiene un grave problema ambiental debido a las sustancias tóxicas que contiene. Se buscó aprovechar los recursos naturales al realizar el impermeabilizante con baba de penca (nopal) con las mismas características de los impermeabilizantes comunes, pudimos reconocer que ese impermeabilizante sirve como pintura de exteriores y como repelente de plagas en árboles y se necesitan pocos elementos o ingredientes. El desarrollo fue sencillo, nos dimos cuenta que podemos utilizar los nopales maduros y mezclarlos con cal y sal para obtener un impermeabilizante casero. Se puede aplicar con una brocha debido a su consistencia líquida, este impermeabilizante casero es económico, además sirve como aislante térmico y acústico, ayuda al control de hongos, es amigable con el ambiente y funciona como pintura para exteriores e interiores.

Ingredientes para preparar una cubeta de 08Lt:

- 6 litros de agua.
- 2 ½ kg de cal.
- 5 a 7 pencas de nopal, grandes y de preferencia maduras.

- 2 tazas de sal de mesa.

Modo de preparación:

1. En un recipiente con los 08 litros de agua se colocan los nopales previamente picados; se tapa y se deja reposar de 1-3 días para que suelten la baba.
2. Se retiran los nopales, se agrega cal y sal revolviendo constantemente para evitar grumos.
3. aplicamos con brocha o cepillo en los adobes de muestras.
4. Se puede agregar algún colorante para dar color a la pintura.

#### **4.1.3.1. Ensayo de Succión**

Tomamos como base la siguiente norma, NTP 399.613 donde describe el procedimiento de muestreo y ensayo en ladrillos de arcilla, puesto que la norma Técnica E-080 no establece algún parámetro para dicho ensayo.

Mediante este ensayo buscamos determinar la absorción temprana que tiene un bloque de adobe en un tiempo de 1 minuto  $\pm$  1 segundo.

Empleamos seis unidades de adobe tres de ellos impermeabilizados con goma de penca y los otros tres restantes sin impermeabilizar.

Primero: se secan las unidades en un horno a una temperatura de 100°C durante 24 horas. Ya que nuestros adobes estuvieron secando por un periodo de dos meses este procedimiento lo obviamos.

Segundo: Tomamos las dimensiones de área que estará en contacto con el agua durante el ensayo.

Se procede a pesar cada una de las muestras antes del ensayo, para obtener el peso seco de cada unidad.

Procedimiento:

- Se ubica la bandeja en un lugar nivelado y limpio.

- Se ubican los soportes que sostendrán al bloque de adobe durante el ensayo sobre la bandeja.
- Se llena agua en la bandeja hasta los 3 mm sobre los soportes.
- Se procede a ubicar el bloque de adobe durante 1 minuto  $\pm$  1 segundo.
- “Transcurrido éste tiempo se retira el bloque de adobe y se seca el agua superficial con un paño húmedo, para luego volver a pesar el bloque de adobe, éste peso incluirá el agua succionada.
- El secado del agua superficial se hace durante los 10 segundos siguientes y el pesado durante los 2 minutos siguientes.
- Por último se procede a calcular la succión, diferencia de peso en gramos entre el peso final y el inicial, el resultado es el peso del agua absorbida por el adobe durante 1 minuto  $\pm$  1 segundo de contacto con el agua. Si el área de contacto del adobe no difiere en  $\pm$  2.5 % de 200 cm<sup>2</sup>, se dará como resultado el aumento de peso en gramos. Si el área del espécimen difiere en más de 2.5 % de 200 cm<sup>2</sup> se corregirá el peso mediante la fórmula siguiente:

$$S = \frac{200 W}{L B}$$

En donde:

W: aumento de peso en gramos.

L: largo de la superficie de contacto en centímetros.

B: ancho de la superficie de contacto en centímetros.

S: aumento de peso corregido en gramos”. (Garay, 2013:45).



#### 4.1.3.1.1. Ensayo de succión para adobes convencionales:



*Figura 6:* Toma de dimensiones de la muestra. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 7:* Pesado Inicial de Unidades de Adobe Convencional. Fuente: Elaboración propia.



Figura 8: Prueba de Succión en Adobe Convencional. Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que el adobe convencional tuvo pérdidas de partículas en baja proporción, el ascenso por capilaridad estuvo en el orden de los 2 cm, y de los tres especímenes sufrieron desprendimientos de partículas en la cara de contacto con el agua.

Tabla N° 04

Datos Obtenidos del Ensayo de Succión

UND	PESO SECO (gr)	MEDIDAS			AREA DE CONTACTO	PESO CON AGUA (gr)	AGUA	SUCCION	SUCCION
		L (cm)	B (cm)	H (cm)	SUCCION (cm <sup>2</sup> )		SUCCIONADA (gr)	(CM <sup>2</sup> )	PROMEDIO
1	4215	19.5	14.3	9.5	278.85	5900	-	-	NO PUDO
2	4305	19.8	14	9.8	277.2	5798	-	-	EVALUARSE
3	4300	20	14.3	9.7	286	5835	-	-	

Fuente: Elaboración propia

A pesar de que los tres especímenes presentaron un peso seco menor que el peso con agua succionada, la succión fue imposible determinarla, debido a que en el peso final no se contabiliza al peso de las partículas que se desprendieron (desintegraron) en la cara en contacto con el agua debido al desprendimiento de partículas de la muestra al entrar en contacto con el agua, concluyendo que esta prueba no es aplicable para los adobes convencionales (Garay, 2013).

#### 4.1.3.1.2. Ensayo de succión para adobes impermeabilizados:

Se utilizaron tres unidades de adobes impermeabilizados con goma de penca, previamente secos se sometieron a prueba:



*Figura 9:* Toma de Dimensiones. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 10:* Pesaje Inicial. Fuente: Elaboración propia.



Figura 11: Prueba de Succión en Adobe Impermeabilizado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 05

Datos Obtenidos del Ensayo de Succión en Adobes Impermeabilizados

UND	PESO SECO (gr)	MEDIDAS			AREA DE CONTACTO SUCCION	PESO CON AGUA (gr)	AREA SUCCIONADA	SUCCION	SUCCION PROMEDIO
		L (cm)	B (cm)	H (cm)					
1	4500	20	13.5	10	270	4505	5	3.7	
2	4508	19	14.5	9.9	275.5	4520	12	8.7	4.8
3	4512	19.8	14.7	9.8	291.06	4515	3	2.1	

Fuente: Elaboración propia

En esta segunda parte del ensayo con adobes impermeabilizados, se tuvo un comportamiento distinto porque nuestros especímenes no sufrieron el desprendimiento de particular (succión positiva), se apreció un ascenso por capilaridad del orden 1.2 cm. se determinó una succión promedio de 4.8 gr/min/200cm<sup>2</sup>; por lo que se puede afirmar que los adobes impermeabilizados con goma de penca tuvieron mayor resistencia al contacto con el agua.

#### 4.1.3.2. Ensayo de Absorción:

Nos regiremos únicamente a la NTP 399.613, puesto que tampoco existe en la norma técnica E-080 este tipo de ensayo.

Mediante éste ensayo buscamos determinar la capacidad de absorción durante 24 horas de inmersión en agua.

Empleamos seis unidades de adobe tres de ellos convencionales y los otros tres restantes impermeabilizados con goma de penca.

Se secan las unidades en un horno a una temperatura de 100°C durante 24 horas. Ya que nuestros adobes estuvieron secando por un periodo de dos meses este procedimiento lo obviamos.

Procedimiento:

- Ubicamos las bateas en un lugar protegido de la intemperie.
- Procedemos a pesar los bloques de adobes antes de ser sumergidos en las bateas.
- Se sumergen los especímenes cada uno en una batea.
- Transcurridas las 24 horas de inmersión, se procede a extraer cada bloque de adobe secándolos ligeramente con un paño húmedo, para luego pesarlos dentro de los 5 minutos siguientes.

“Finalmente procedemos a calcular la absorción mediante la siguiente formula:

$$A (\%) = 100 \frac{(W_s - W_d)}{W_d}$$

En donde:

Wd: peso seco del espécimen.

Ws: peso el espécimen saturado, después de la inmersión en agua durante 24 horas”. (Garay, 2013:53)



Figura 12: Bateas – Ensayo de Absorción. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3.2.1. Ensayo de Absorción - adobes convencionales:

“El proceso de degradación en los adobes convencionales se dio de manera inmediata al simple contacto con el agua, generándose el desmoronamiento de partículas ubicadas en el contorno.

Pasados diez minutos de inmersión, la desintegración en los adobes convencionales pasó a un estado más crítico, perdiendo su forma original pero conservando aún su consistencia en el núcleo del bloque. Unas horas después, el agua llegó a ingresar al núcleo, saturándolo casi por completo, haciendo del mismo una masa de barro sin consistencia ni capacidad portante.

Finalizando las 24 horas de inmersión, los especímenes de adobe terminaron por desintegrarse, produciéndose un desmoronamiento total y formándose un desmonte trapezoidal, perdiendo totalmente su resistencia y consistencia, haciendo imposible su extracción para la medición de los pesos en estado saturado”. (Garay, 2013:55).



Figura 13: Ensayo de Absorción Adobe convencional. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3.2.2. Ensayo de absorción - Adobes Impermeabilizados:

Al momento de iniciar con el ensayo se observaron algunas burbujas pues significaba que estaban entrando partículas de agua. Transcurridos los primeros 15 minutos las unidades de adobe

impermeabilizados se mantuvieron íntegros, sin desprendimiento de partículas.



*Figura 14:* Unidades de Adobe Impermeabilizado. Fuente: Elaboración propia.

Una vez cumplidas las 24 horas de sumergidos los adobes impermeabilizados, se apreció la pérdida de la capa de impermeabilizante y la desintegración del adobe mejorado, con lo cual podemos decir este tipo de material no ayuda a la protección contra los efectos del agua en un periodo prolongado.

El ensayo fue insatisfactorio.



*Figura 15:* Adobes Impermeabilizados transcurridas las 24 horas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 06 Resultado prueba de absorción adobe impermeabilizado

*No se obtuvieron Datos*

UND	Wd	Ws	%	%
	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	ABSORCION	ABSORCION PROMEDIO
1	4215	0	0	
2	4305	0	0	0
3	4300	0	0	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 07 Cuadro comparativo prueba de absorción

*No se obtuvieron Datos*

UNIDAD	MEDIDAS ANTES DEL ENSAYO			MEDIDAS DESPUES DEL ENSAYO		
	L (cm)	B (cm)	H (cm)	L (cm)	B (cm)	H (cm)
1	19.5	14.3	9.5	-	-	-
2	19.8	14	9.8	-	-	-
3	20	14.3	9.7	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. MODELAJE ESTRUCTURAL

El módulo a escala reducida fue modelado en la técnica de elementos finitos, subdividiendo a los confinamientos a la albañilería de adobe en una serie de elementos tipo "shell" de 40 cm de espesor. Para el análisis se utilizó el programa ETABS, conectándose los nudos de cada nivel a diafragmas rígidos, en los cuales se concentró la masa correspondiente. La información proporcionada al ETABS fue la siguiente:

Módulo de elasticidad (Adobe): 65000 Ton/m<sup>2</sup>

Módulo de Poisson: 0.25

Peso volumétrico: 1600 Kg /m<sup>3</sup>



Para la dirección correspondiente a los muros de corte se obtuvo para el primer modo de vibración un periodo de 0.07 seg (14.3 Hz de frecuencia natural), con lo cual, el espécimen es muy rígido". (Ericka Flor, 2006).

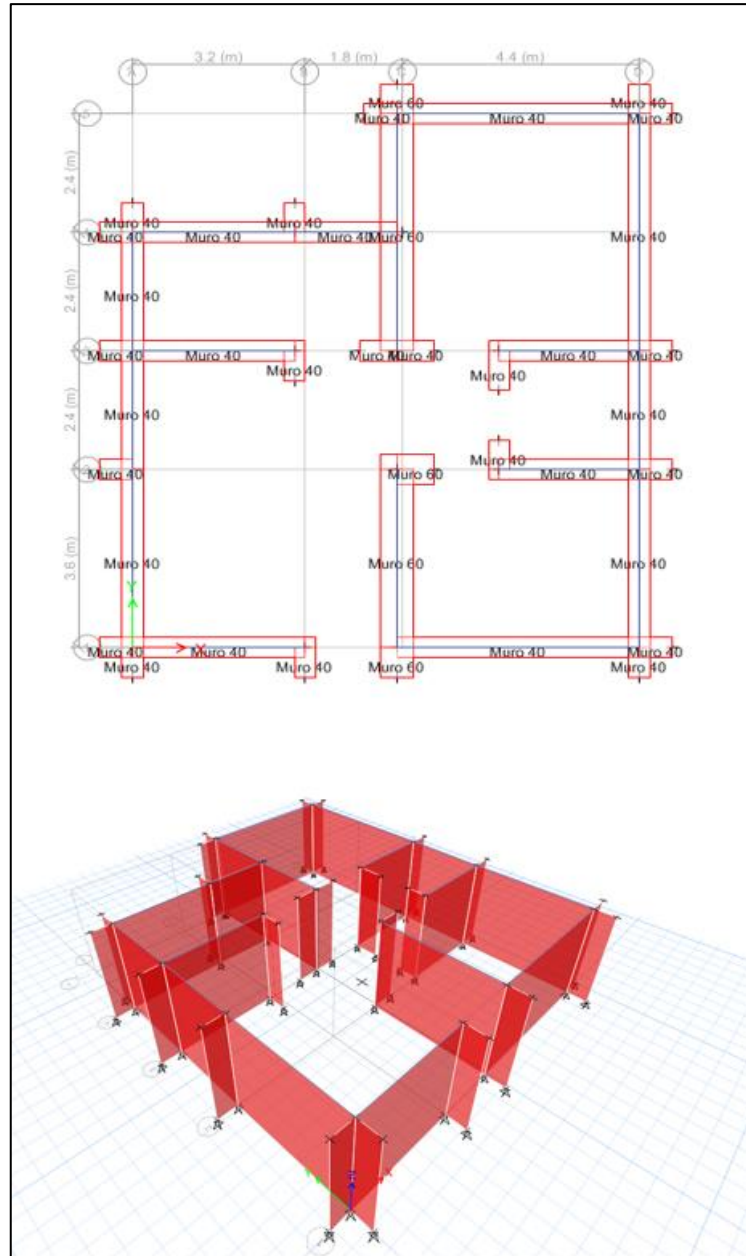


Figura 16: Modelado de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

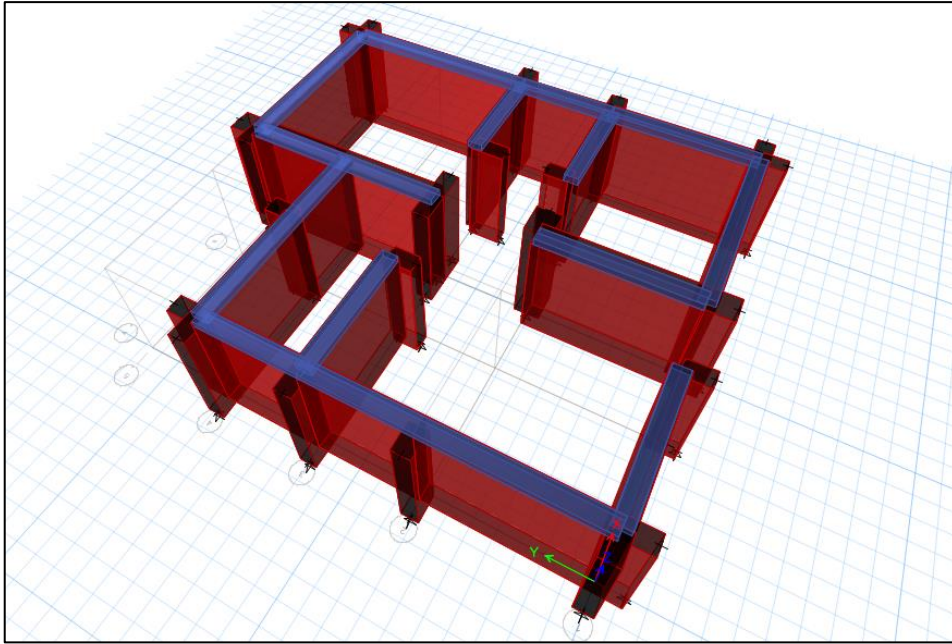


Figura 17: Modelado de la estructura extruida donde se muestra de color azul la viga collar y color rojo los muros de adobe. Fuente: Elaboración propia.

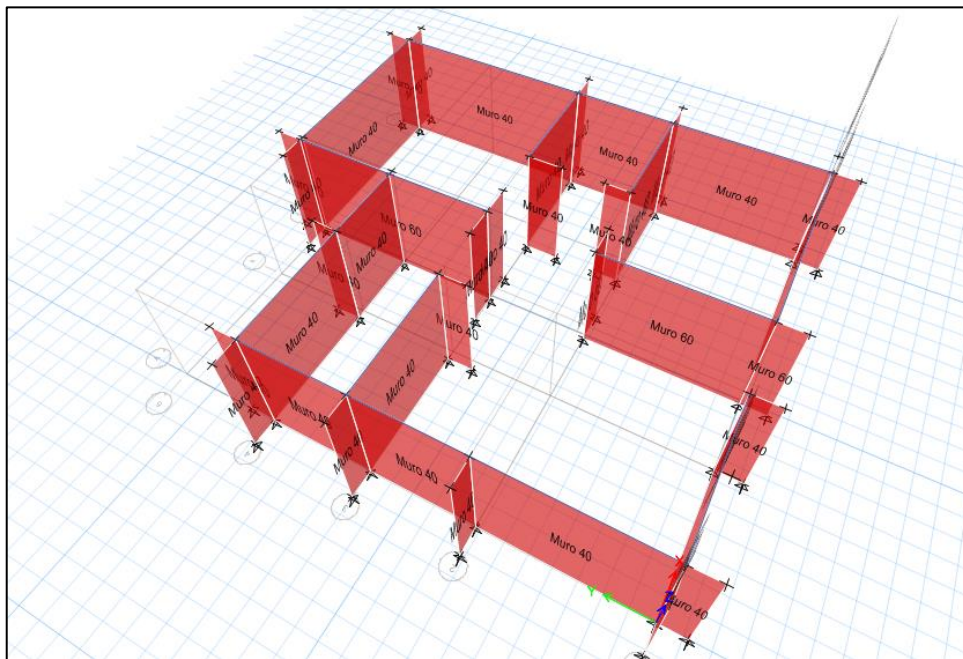


Figura 18: Modelado de la estructura – espesores de muro. Fuente: Elaboración propia.

FIG. 2.3

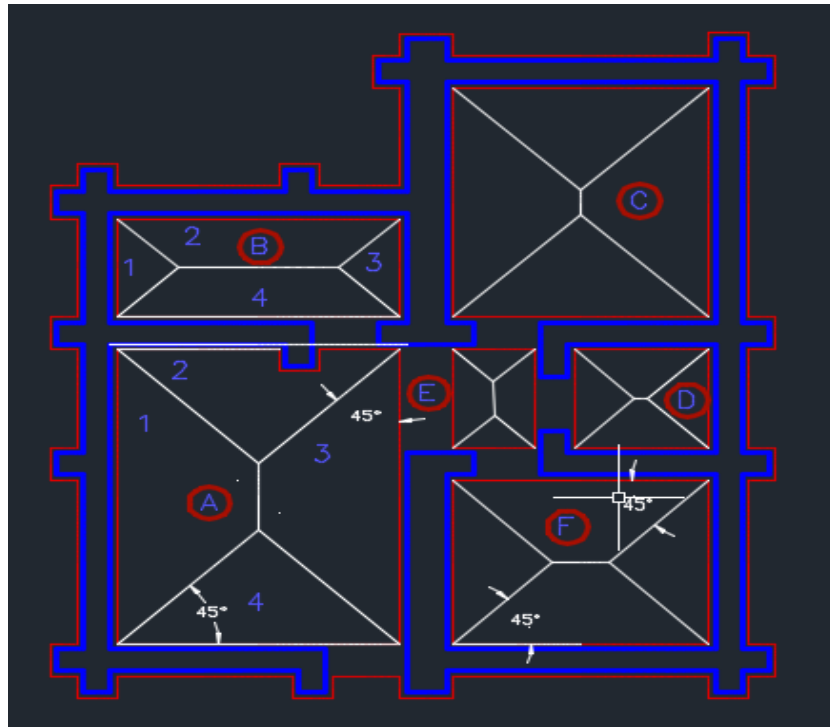


Figura 19: Modelado de la estructura – vista en planta, áreas tributarias. Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.1 .METRADO DE CARGAS**

Tabla N° 08  
*Metrado de Cargas*

LADO	AREA M2	PESO TECHO UNITARIO Kg	PROMEDIO	LONGUITUD DEL MURO	CARGA DISTRIBUIDA
A					
1	6.95	87.5	608.13	5.6	108.59
2	4.39	87.5	384.13	4.4	87.3
3	6.95	87.5	608.13	5.6	108.59
4	4.39	87.5	384.13	4.4	87.3
B					
1	0.81	87.5	70.88	2	35.44
2	2.97	87.5	259.88	4.4	59.06
3	0.81	87.5	70.88	2	35.44
4	2.97	87.5	259.88	4.4	59.06
C					
1	4.41	87.5	385.88	4.4	87.7
2	3.57	87.5	312.38	4	78.09
3	4.41	87.5	385.88	4.4	87.7
4	3.57	87.5	312.38	4	78.09
D					
1	0.81	87.5	70.88	2.2	32.22
2	0.99	87.5	86.63	2	43.31

	3	0.81	87.5	70.88	2.2	32.22
	4	0.99	87.5	86.63	2	43.31
E						
	1	0.72	87.5	63	1.4	45
	2	0.36	87.5	31.5	2	15.75
	3	0.72	87.5	63	1.4	45
	4	0.36	87.5	31.5	2	15.75
F						
	1	2.22	87.5	194.25	3.2	60.7
	2	3.48	87.5	304.5	4	76.13
	3	2.22	87.5	194.25	3.2	60.7
	4	3.48	87.5	304.5	4	76.13

Fuente: Elaboración propia

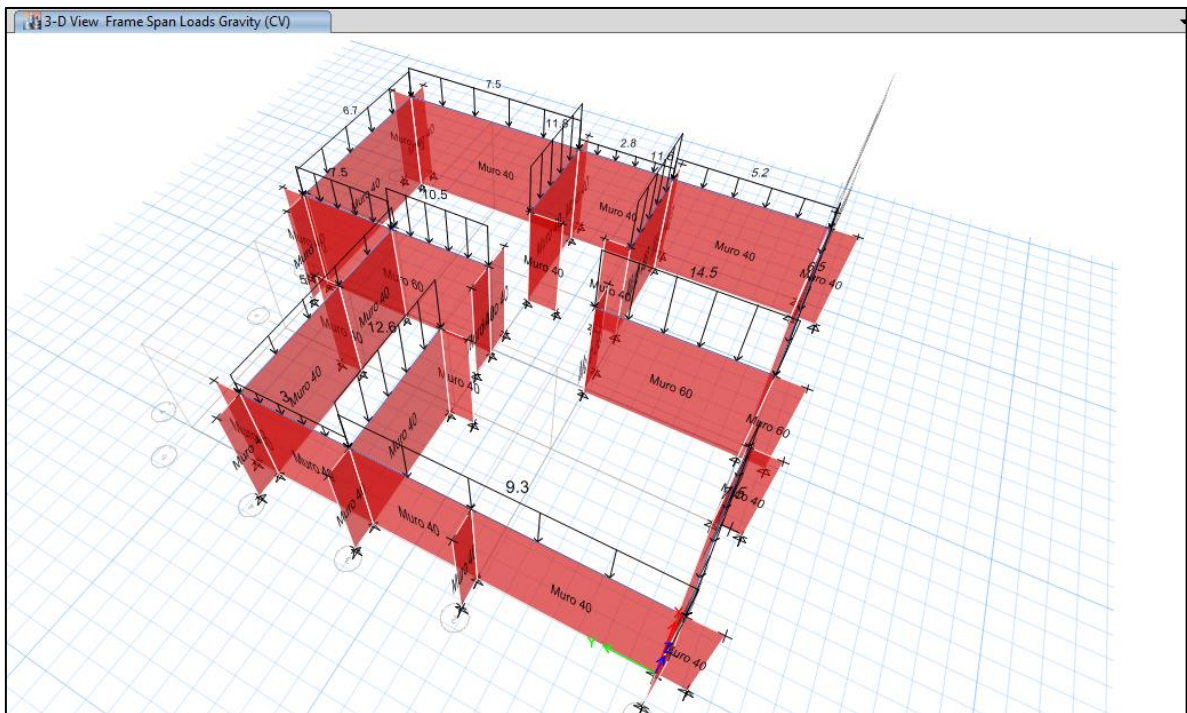


Figura 20: Modelado de la estructura – asignando carga viva a la estructura. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2 METRADO DE CARGAS - CARGA VIVA

Tabla N° 09  
Metrado de Cargas – Carga viva

LADO	AREA M2	S/C Kg/m2	PROMEDIO Kg	PROMEDIO TN	0.5CV TN	LONGITUD DEL MURO	CARGA DISTRIBUIDA
<b>A</b>			KG				
1	6.95	7.5	52.13	0.05	0.0260625	5.6	9.31
2	4.39	7.5	32.93	0.03	0.0164625	4.4	7.48
3	6.95	7.5	52.13	0.05	0.0260625	5.6	9.31
4	4.39	7.5	32.93	0.03	0.0164625	4.4	7.48
<b>B</b>							
1	0.81	7.5	6.08	0.01	0.0030375	2	3.04
2	2.97	7.5	22.28	0.02	0.0111375	4.4	5.06
3	0.81	7.5	6.08	0.01	0.0030375	2	3.04
4	2.97	7.5	22.28	0.02	0.0111375	4.4	5.06
<b>C</b>							
1	4.41	7.5	33.08	0.03	0.0165375	4.4	7.52
2	3.57	7.5	26.78	0.03	0.0133875	4	6.69
3	4.41	7.5	33.08	0.03	0.0165375	4.4	7.52
4	3.57	7.5	26.78	0.03	0.0133875	4	6.69
<b>D</b>							
1	0.81	7.5	6.08	0.01	0.0030375	2.2	2.76
2	0.99	7.5	7.43	0.01	0.0037125	2	3.71
3	0.81	7.5	6.08	0.01	0.0030375	2.2	2.76
4	0.99	7.5	7.43	0.01	0.0037125	2	3.71
<b>E</b>							
1	0.72	7.5	5.4	0.01	0.0027	1.4	3.86
2	0.36	7.5	2.7	0	0.00135	2	1.35
3	0.72	7.5	5.4	0.01	0.0027	1.4	3.86
4	0.36	7.5	2.7	0	0.00135	2	1.35
<b>F</b>							
1	2.22	7.5	16.65	0.02	0.008325	3.2	5.2
2	3.48	7.5	26.1	0.03	0.01305	4	6.53
3	2.22	7.5	16.65	0.02	0.008325	3.2	5.2
4	3.48	7.5	26.1	0.03	0.01305	4	6.53

Fuente: Elaboración propia

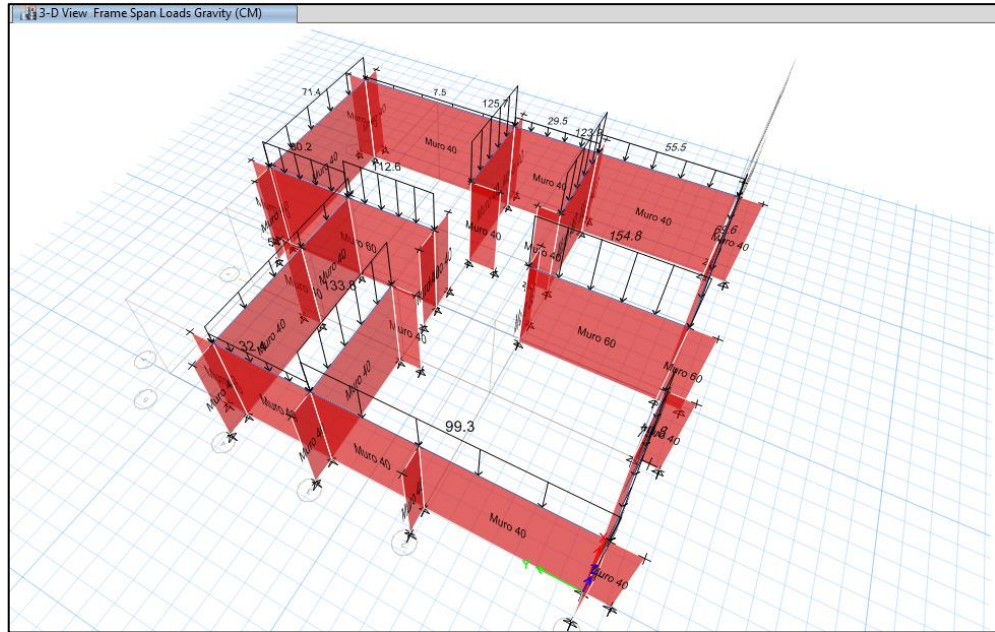


Figura 21: Modelado de la estructura – asignando carga muerta a la estructura. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3. METRADO DE CARGAS - CARGA MUERTA

Tabla N° 10  
Metrado de Cargas – Carga Muerta

LADO	AREA M2	PESO PROPIO Kg/m2	PROMEDIO KG	PROMEDIO TN	LONGUITU D DEL MURO	CARGA DISTRIBUID A Kg
<b>A</b>						
1	6.95	80	556	0.556	5.6	<b>99.29</b>
2	4.39	80	351.2	0.3512	4.4	<b>79.82</b>
3	6.95	80	556	0.556	5.6	<b>99.29</b>
4	4.39	80	351.2	0.3512	4.4	<b>79.82</b>
<b>B</b>						
1	0.81	80	64.8	0.0648	2	<b>32.4</b>
2	2.97	80	237.6	0.2376	4.4	<b>54</b>
3	0.81	80	64.8	0.0648	2	<b>32.4</b>
4	2.97	80	237.6	0.2376	4.4	<b>54</b>
<b>C</b>						
1	4.41	80	352.8	0.3528	4.4	<b>80.18</b>

	2	3.57	80	285.6	0.2856	4	<b>71.4</b>
	3	4.41	80	352.8	0.3528	4.4	<b>80.18</b>
	4	3.57	80	285.6	0.2856	4	<b>71.4</b>
<b>D</b>							
	1	0.81	80	64.8	0.0648	2.2	<b>29.45</b>
	2	0.99	80	79.2	0.0792	2	<b>39.6</b>
	3	0.81	80	64.8	0.0648	2.2	<b>29.45</b>
	4	0.99	80	79.2	0.0792	2	<b>39.6</b>
<b>E</b>							
	1	0.72	80	57.6	0.0576	1.4	<b>41.14</b>
	2	0.36	80	28.8	0.0288	2	<b>14.4</b>
	3	0.72	80	57.6	0.0576	1.4	<b>41.14</b>
	4	0.36	80	28.8	0.0288	2	<b>14.4</b>
<b>F</b>							
	1	2.22	80	177.6	0.1776	3.2	<b>55.5</b>
	2	3.48	80	278.4	0.2784	4	<b>69.6</b>
	3	2.22	80	177.6	0.1776	3.2	<b>55.5</b>
	4	3.48	80	278.4	0.2784	4	<b>69.6</b>

Fuente: Elaboración propia

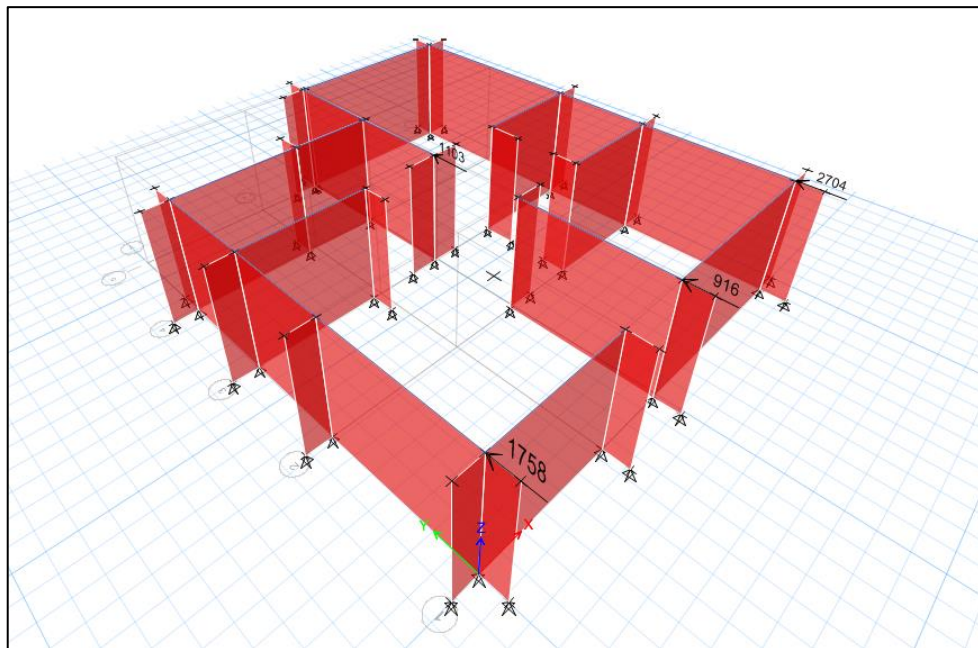


Figura 22: Modelado de la estructura – asignado fuerzas horizontales en el eje y. fuente: Elaboración propia.

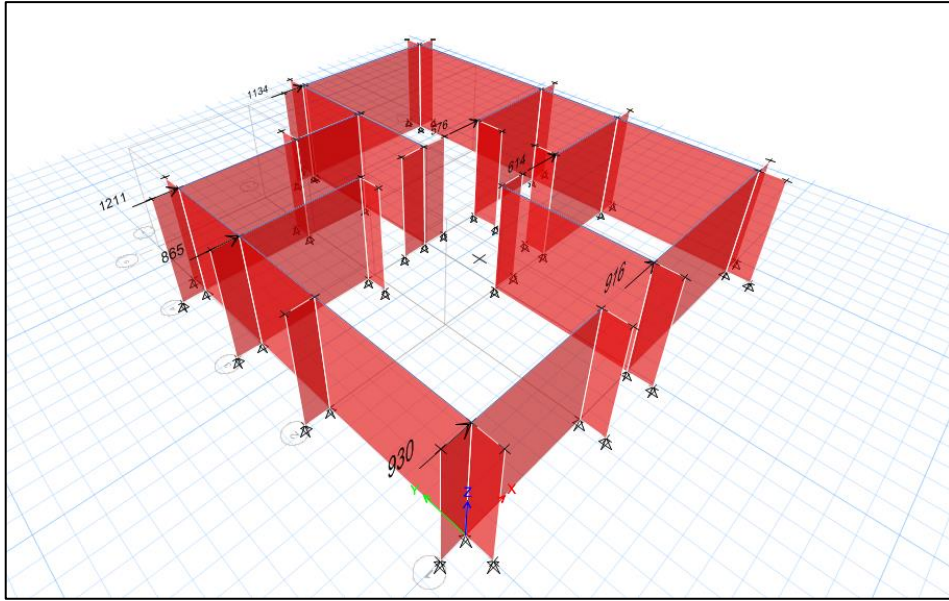


Figura 23: Modelado de la estructura – asignando fuerzas horizontales en el eje x. Fuente: Elaboración propia.

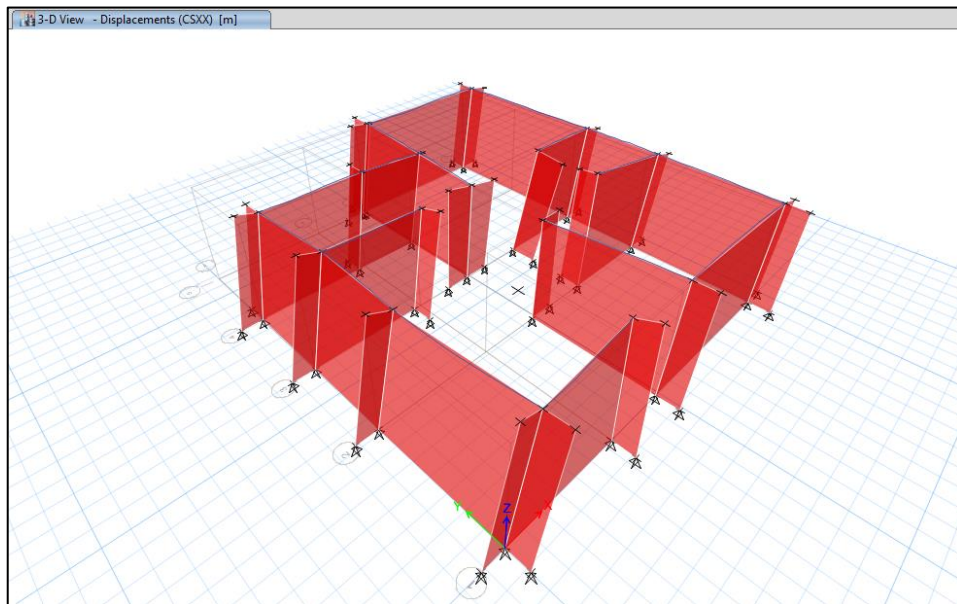


Figura 24: Modelado de la estructura – desplazamiento en el eje xx. Fuente: Elaboración propia.



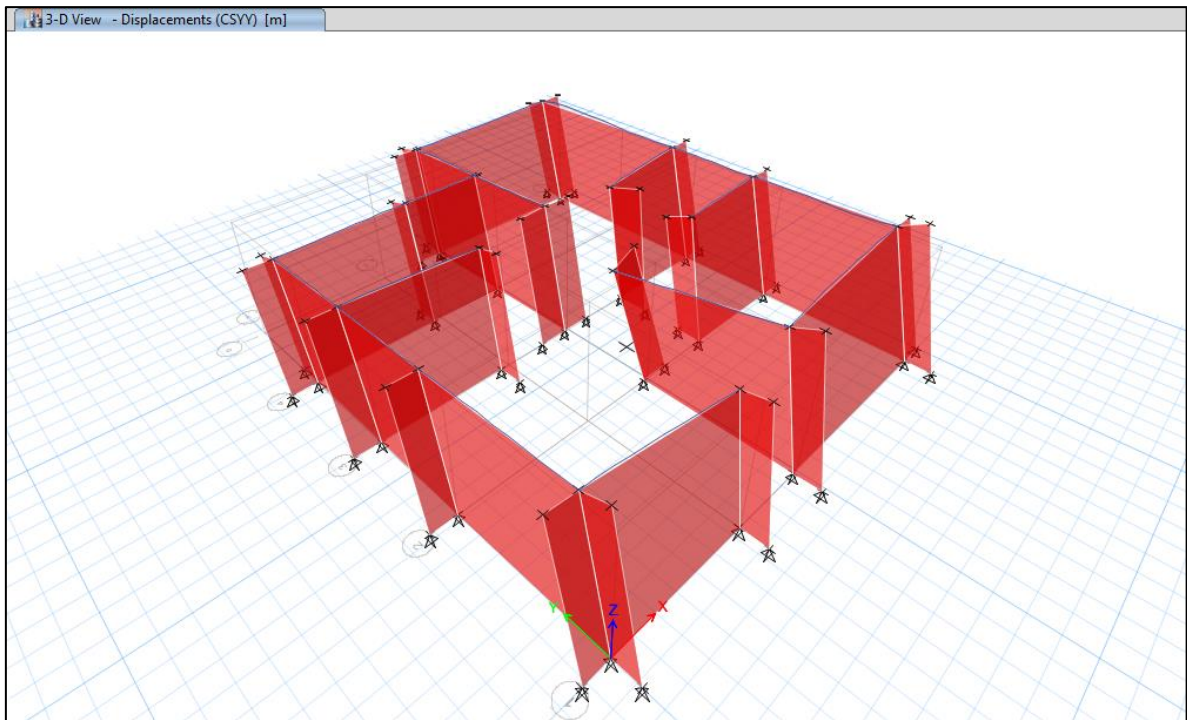


FIG. 2.10 MODELADO DE LA ESTRUCTURA – DESPLAZAMIENTO EN EL EJE YY

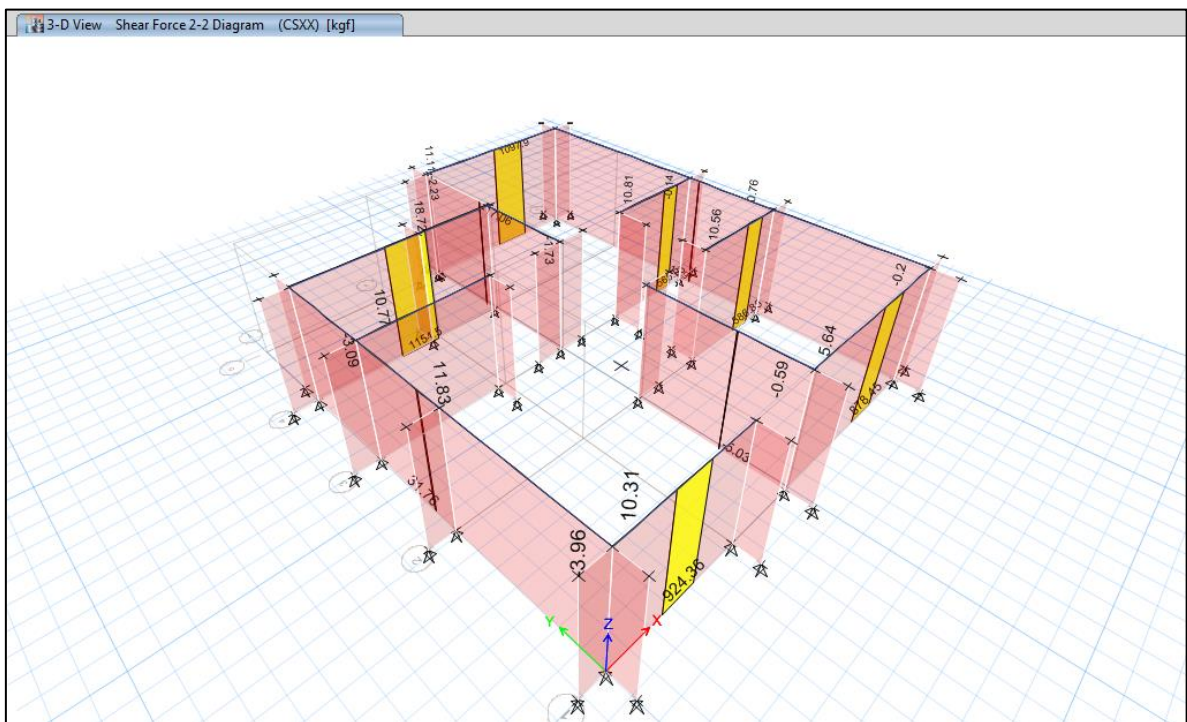


FIG. 2.11 MODELADO DE LA ESTRUCTURA – DIAGRAMA DE LA CORTANTE EN CADA MURO EJE XX

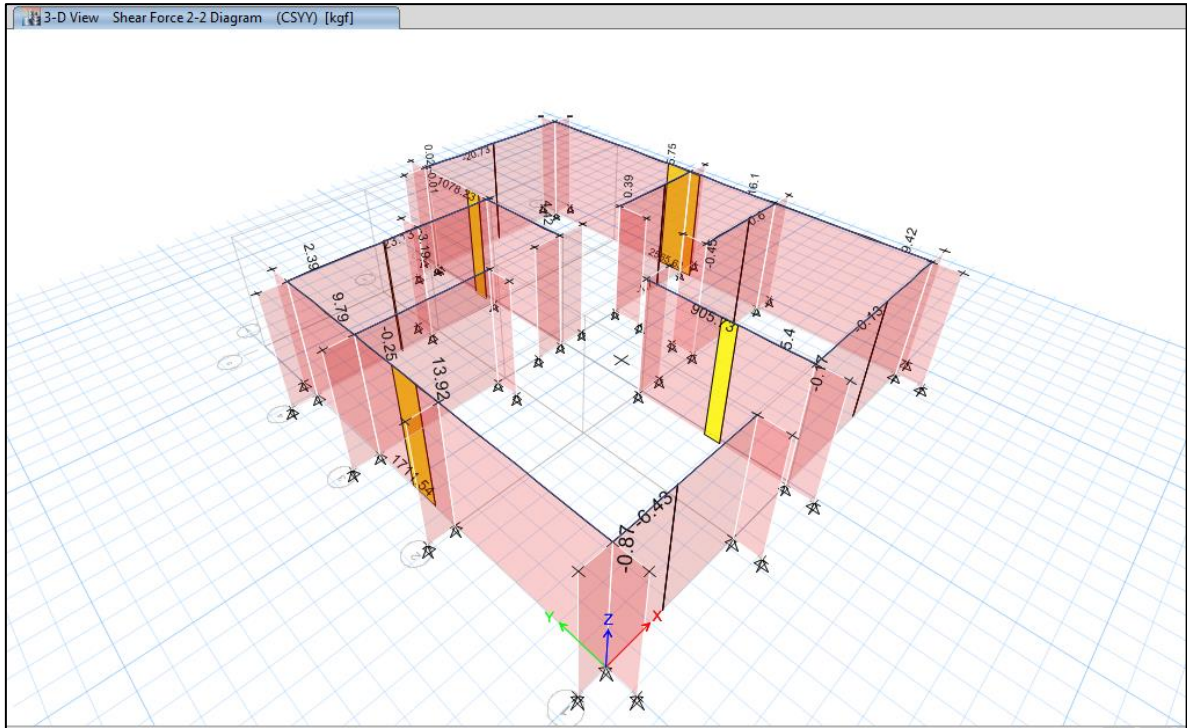


FIG. 2.12 MODELADO DE LA ESTRUCTURA – DIAGRAMA DE LA CORTANTE EN CADA MURO EJE YY

		Centers of Mass and Rigidity							
Story	Diaphragm	Mass X kgf-s <sup>2</sup> /m	Mass Y kgf-s <sup>2</sup> /m	XCM m	YCM m	Cumulative X kgf-s <sup>2</sup> /m	Cumulative Y kgf-s <sup>2</sup> /m	XCCM m	YCCM m
Story1	D1	7135.57	7135.57	5.0793	5.183	7135.57	7135.57	5.0793	5.183

FIG. 2.13 MASA TOTAL DE LA ESTRUCTURA OBTENIDA DEL MODELAMIENTO.

**4.3. DISEÑO SEGÚN LA NORMA DE ADOBE E-080:**

Para efectos del diseño se consideró al prototipo ubicado en la sierra del Perú y se realizó el análisis sísmico estático, los valores obtenidos se presentan a continuación.

De acuerdo a la Norma Sismo resistente E.030 se usaron los siguientes parámetros:

Factor de Zona (Z)	0.3 (Sierra)
Factor de Uso (U)	1 (Vivienda)
Factor de Suelo (S)	1,2 (Suelo intermedio)

**4.3.1. Factor de amplificación sísmica (C): según Artículo 7. Norma E-030**

$$C = 2.5 \times \frac{(T_p)}{T}$$

$$C \leq 2.5$$

Dónde:  $T_p = 0.6$  seg  
 Periodo fundamental:  $T = h_n/C_t = 2.50/60 = 0.042$  seg

T:	Periodo de vibración
Ct:	60 para estructuras con muros
Hn:	altura total del módulo sin cimentación = 2.50 m

$$c = 2.5 \times \frac{0.6}{0.042} = 35.71$$

Se usará  $C = 2.5$  por la Norma

Según análisis de la teoría de elementos finitos se tiene:  $T = 0.07$  seg.  
 al ser  $T < T_p$  obtuvimos  $C = 2.5$

**4.3.2. La Fuerza cortante en la base:** según Artículo 17. Acápito 17.3 Norma E-030

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P}{R}$$

$$= \frac{0.3 \times 1 \times 1.2 \times 2.5 \cdot P}{2} = 0.9P$$

TABLA N° 11

CALCULO PARA HALLAR LA FUERZA SISMICA HORIZONTAL											
MURO	CARGA MUERTA TN	CARGA VIVA TN	0.5 CV TN	PESO DEL TECHO TN		VOLUMEN		PA = PESO ESPECIFICO X VOLUMEN	P= PESO TOTAL	FUERZA SISMICA HORIZONTAL	FUERZA SISMICA HORIZONTAL
										E-080	E-030
1	0.556	0.05	0.0260625	0.58	0.65	9.6	TOTAL	15.36	16.01	2.882	7.204455
	0.3512	0.03	0.0164625	0.37							
	0.556	0.05	0.0260625	0.58							
2.1	0.3512	0.03	0.0164625	0.37		4.4		7.04	7.04	1.267	3.168
	0.0648	0.01	0.0030375	0.07							
2.2	0.2376	0.02	0.0111375	0.25		3		4.8	4.80	0.864	2.16
	0.0648	0.01	0.0030375	0.07							
2.3	0.2376	0.02	0.0111375	0.25		3.2		5.12	5.12	0.922	2.304
	0.3528	0.03	0.0165375	0.37		2.25		3.6	3.60	0.648	1.62
4.1	0.2856	0.03	0.0133875	0.30		4.8		7.68	7.68	1.382	3.456
5.1	0.3528	0.03	0.0165375	0.37	0.62	12	TOTAL	19.2	19.82	3.568	8.920395
	0.2856	0.03	0.0133875	0.30							
	0.0648	0.01	0.0030375	0.07							
4.2	0.0792	0.01	0.0037125	0.08		2.6		4.16	4.16	0.749	1.872
5.2	0.0648	0.01	0.0030375	0.07							
4.3	0.0792	0.01	0.0037125	0.08		2.6		4.16	4.16	0.749	1.872
	0.0576	0.01	0.0027	0.06							
	0.0288	0.00	0.00135	0.03							
	0.0576	0.01	0.0027	0.06							
	0.0288	0.00	0.00135	0.03							
3.2	0.1776	0.02	0.008325	0.19		4.4		7.04	7.04	1.267	3.168
	0.2784	0.03	0.01305	0.29							
5.3	0.1776	0.02	0.008325	0.19							
4.4	0.2784	0.03	0.01305	0.29		4.8		7.68	7.68	1.382	3.456



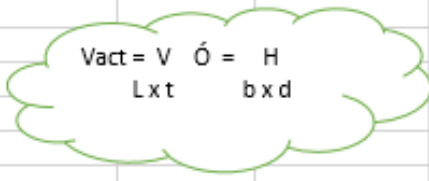
FUERZAS SISMICAS HORIZONTALES		FUERZA CORTANTE EN LA BASE	
 $H = S.U.C.P$		 $V = \frac{Z.U.S.C.P}{R}$	
E-080		E-030	
S	1.2	Z	0.3
U	1	U	1
C	0.15	S	1.2
P		C	2.5
	0.18	R	2
			0.45

TABLA N° 12

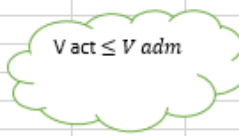
VERIFICACION POR CORTANTE				ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE	
 $V_{act} = \frac{V}{Lxt} = \frac{H}{bxd}$				V ó H	carga horizontal
				l ó b	longitud del muro
				t ó d	0.4 espesor de muro
	CARGA HORIZONTAL			VERIFICACION POR CORTANTE	
MURO	E-030	E-080	LONGITUD DEL MURO	E-030	E-080
P2	14.41	2.88	9.6	3.75	0.75
P3	6.34	1.27	4.4	3.60	0.72
P11	4.32	0.86	3	3.60	0.72
P1	4.61	0.92	3.2	3.60	0.72
P5	3.24	0.65	5.60	0.96	0.19
P10	6.91	1.38	4.00	4.32	0.86
P4	17.84	3.57	12.00	3.72	0.74
P7	3.74	0.75	2.60	3.6	0.72
P8	3.74	0.75	2.60	3.6	0.72
P9	6.34	1.27	4.40	2.4	0.48
P6	6.91	1.38	4.00	4.32	0.86

ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE		
$V_{adm} = 0.45(u + f \times \delta)$		
u	0.12	esfuerzo de adherencia
f	0.67	coeficiente de friccion
$\delta$		compresion unitaria normal
Vadm		
1.311		
1.260		
1.260		
1.260		
0.539		
1.501		
1.299		
1.260		
1.260		
1.260		
1.501		

TABLA N° 13

$\delta = \frac{P \text{ total}}{b \times d}$			
u	0.12	esfuerzo de adherencia	
b		longitud de muro	
d	0.4	espesor del muro	
MURO	P TOTAL	LONGITUD DEL MURO	$\delta$
P2	16.01	9.6	4.17
P3	7.04	4.4	4.00
P11	4.80	3	4.00
P1	5.12	3.2	4.00
P5	3.60	5.60	1.61
P10	7.68	4.00	4.80
P4	19.82	12.00	4.13
P7	4.16	2.60	4.00
P8	4.16	2.60	4.00
P9	7.04	4.40	4.00
P6	7.68	4.00	4.80

TABLA N° 14



$V_{act} \leq V_{adm}$

según Norma E-030				según Norma E-080			
V act	≤	Vadm	RESULTADO	V act	≤	Vadm	RESULTADO
3.752	≤	1.311	NO PASA	0.750	≤	1.311	PASA
3.600	≤	1.260	NO PASA	0.720	≤	1.260	PASA
3.600	≤	1.260	NO PASA	0.720	≤	1.260	PASA
3.600	≤	1.260	NO PASA	0.720	≤	1.260	PASA
0.964	≤	0.539	NO PASA	0.193	≤	0.539	PASA
4.320	≤	1.501	NO PASA	0.864	≤	1.501	PASA
3.717	≤	1.299	NO PASA	0.743	≤	1.299	PASA
3.600	≤	1.260	NO PASA	0.720	≤	1.260	PASA
3.600	≤	1.260	NO PASA	0.720	≤	1.260	PASA
2.400	≤	1.260	NO PASA	0.480	≤	1.260	PASA
4.320	≤	1.501	NO PASA	0.864	≤	1.501	PASA

TABLA N° 15

#### 4.3.3. Distribución de la fuerza sísmica en la altura: según Artículo 17.

Acápites 17.4 Norma E-030

$$F_i = \frac{(P_i \cdot h_i)}{\sum P_i \cdot h_i} V$$

Por ser un piso a  $F_i = V$

#### 4.3.4. Resistencia al corte (VR):

La resistencia a fuerza cortante en condición de rotura para casos de adobe asentado con mortero de barro será la indicada por la siguiente fórmula: (ref a la tesis PUCP)

$$VR = (0.5) L_t + (0.2) P$$

(Kg y cm)

Donde:

L:	longitud total del muro
t:	espesor del muro sin tarrajeo
P:	Carga de gravedad acumulada

$$(0.5 \times t \times L) + 0.2 P$$

MURO	ESPESOR t	LONGUITUD DE MURO	P= PESO TOTAL	Vr
P2	0.4	9.6	16.0099	5.12198
P3	0.4	4.4	7.04	2.288
P11	0.4	3	4.8	1.56
P1	0.4	3.2	5.12	1.664
P5	0.6	5.6	3.6	2.4
P10	0.6	4.4	7.68	2.856
P4	0.4	4	19.8231	4.76462
P7	0.4	2.6	4.16	1.352
P8	0.4	2.6	4.16	1.352
P9	0.4	4	7.04	2.208
P6	0.4	12	7.68	3.936

TABLA N° 16

#### 4.3.5. Verificación para sismos moderados:

Asumiendo que los sismos moderados proporcionan fuerzas laterales iguales al 50% de las correspondientes al sismo severo, se verifica mediante la siguiente ecuación:

Que ningún muro sobrepase el 60% de su resistencia al corte, es decir, ante sismo moderado ningún muro debe agrietarse por fuerza cortante.

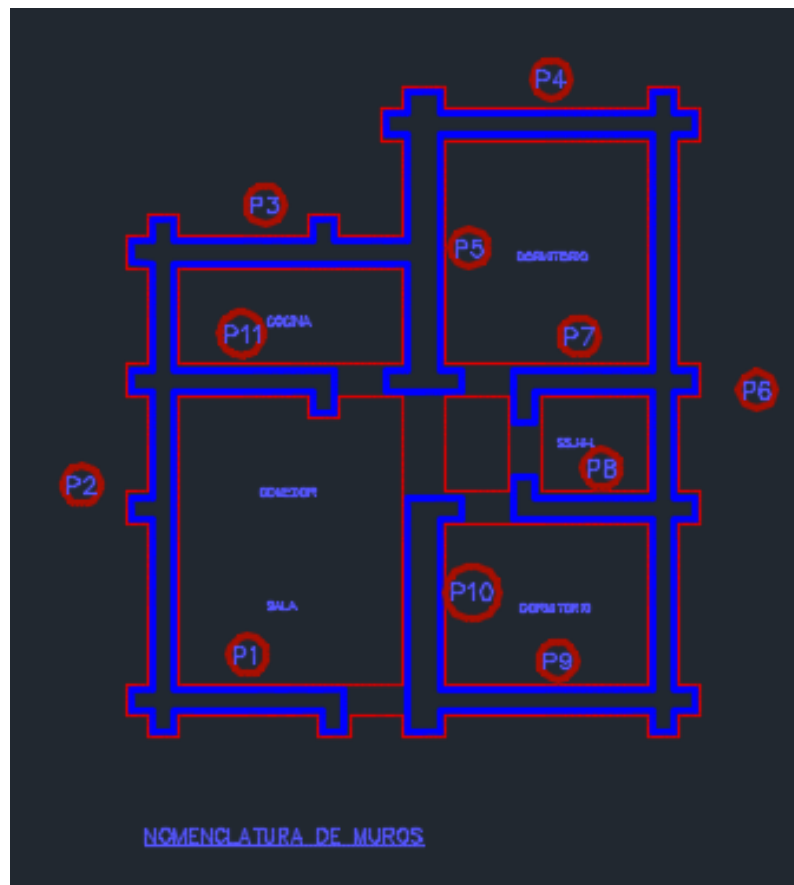
$$0.55 V_r \geq V_e$$

Donde:

$V_r$  = determinación de la resistencia al corte y control de fisuración.

$V_e$  = fuerza cortante obtenida del análisis.

MURO	0.55Vr	≥	Ve	RESULTADO
P2	2.817	≥	1.712	CUMPLE
P3	1.258	≥	1.155	NO CUMPLE
P11	0.858	≥	0.798	NO CUMPLE
P1	0.915	≥	0.924	NO CUMPLE
P5	1.32	≥	1.078	NO CUMPLE
P10	1.571	≥	0.906	CUMPLE
P4	2.621	≥	1.098	CUMPLE
P7	0.744	≥	0.566	NO CUMPLE
P8	0.744	≥	0.587	NO CUMPLE
P9	1.214	≥	0.878	CUMPLE
P6	2.165	≥	2.566	NO CUMPLE



#### 4.3.6. Resistencia al agrietamiento diagonal: según Norma E-070 Artículo 26

La resistencia al corte ( $V_m$ ) de los muros de albañilería se calculara en cada entrepiso mediante la siguiente expresión:



**RESISTENCIA AL AGRIETAMIENTO DIAGONAL NORMA E-070**

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

**E-080 SISMO MODERADO**

MURO	Ve	Me	LONGITUD DE MURO	$\alpha$
P2	1.712	397.690	9.6	0.041
P3	1.155	238.605	4.4	0.021
P11	0.798	175.109	3	0.014
P1	0.924	209.750	3.2	0.014
P5	1.078	239.524	5.6	0.025
P10	0.906	212.371	4.4	0.019
P4	1.098	225.205	4	0.020
P7	0.566	121.531	2.6	0.012
P8	0.587	127.433	2.6	0.012
P9	0.878	171.318	4	0.021
P6	2.566	486.804	12	0.063

TABLA N° 17

En vista de que  $\alpha$  no cumple, calculamos ( $V_m$ ) pero con  $\alpha = 0.33$  según norma, teniendo los siguientes resultados:

$$V_m = 0,5 v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

**E-070**

V'm	0.2	
t	0.4	
$\alpha$	0.33	

MURO	ESPESOR t	LONGITUD DE MURO	P= PESO TOTAL	Vm
P2	0.4	9.6	16.01	3.81
P3	0.4	4.4	7.04	1.68
P11	0.4	3	4.80	1.14
P1	0.4	3.2	5.12	1.22
P5	0.6	5.6	3.60	1.05
P10	0.6	4.4	7.68	1.94
P4	0.4	4	19.82	4.61
P7	0.4	2.6	4.16	0.99
P8	0.4	2.6	4.16	0.99
P9	0.4	4	7.04	1.67
P6	0.4	12	7.68	1.92
		$\Sigma$	<b>87.113</b>	

TABLA N° 18

VERIFICACION ANTE ACCION DEL SISMO MODERADO Y PARA QUE EL MURO NO SE AGRIETE:

<b>0.55 VM</b>	<b>≥</b>	<b>VE</b>	<b>RESULTADO</b>
2.095	≥	1.712	CUMPLE
0.923	≥	1.155	NO CUMPLE
0.629	≥	0.798	NO CUMPLE
0.671	≥	0.924	NO CUMPLE
0.577	≥	1.078	NO CUMPLE
1.067	≥	0.906	CUMPLE
2.537	≥	1.098	CUMPLE
0.545	≥	0.566	NO CUMPLE
0.545	≥	0.587	NO CUMPLE
0.920	≥	0.878	CUMPLE
1.059	≥	2.566	NO CUMPLE

TABLA N° 19

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. La técnica fue mejorada con la inclusión de adobes mejorados en el cual adicionamos aditivos como piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ " con un 5% de volumen total de la unidad de adobe y paja cortada cada 5cm aproximadamente, esto para dotar de mejor resistencia a la unidad de adobe, habiendo consenso en que el porcentaje de arcilla existente en el suelo debe ser siempre superior a 10%- 25% para que la mezcla del adobe tenga suficiente cohesión, agregando gravilla 15 – 25% y arena 55-70%. Según requisito general de la Norma E.080 (RNE).
2. Se realizó una calicata al aire libre de 0.80x1.00x1.50 metros, las muestras fueron transportadas a un laboratorio de mecánica de suelos autorizado, para determinar la capacidad portante del suelo, puesto que debemos establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentara la edificación , para tal efecto obtuvimos la capacidad portante del suelo 1.07 Kg/cm<sup>2</sup>.
3. Se realizó la prueba de carga puntual del adobe en los cuales el Reglamento Nacional de Edificaciones E-080 acápite 8.1 establece que la unidad se determinara ensayando cubos labrados, cuya arista tendrá como dimensión la menor de la unidad de adobe, en pocas palabras sobre dos apoyos colocados en el piso, asentamos un adobe seco apoyado en sus dos esquinas dejando su parte central libre, un adobe de buena calidad debe resistir en esta posición el peso de una persona durante 1 minuto como mínimo y si se rompe significa que tiene poca arcilla, la prueba resulto positiva soportando el peso de una persona de aproximadamente 70 Kg durante 1 minuto, para lo cual el ensayo de carga puntual salió positivo.
4. En el ensayo de resistencia a la compresión simple en adobe por unidad que se perpetró en el laboratorio de mecánica de suelos, pusimos a prueba 3 muestras en los cuales lo sometimos a la compresión simple obteniendo una resistencia total de 24.68 Kg/cm<sup>2</sup>, vs un 12 kg/ cm<sup>2</sup> que establece la presente norma E-080. Cumpliendo así con las condiciones mínimas de resistencia según el (RNE) Norma

E-080 Artículo 8 esfuerzos admisibles acápite 8.1 resistencia a la compresión de la unidad;

### Resistencia a compresión de la unidad de Adobe

	Largo (cm)	e (cm)	Alto (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	P (kn)	P (kg)	fo (kg/cm <sup>2</sup> )
Unidad 1	40	28	9.5	213.83	40.1	4,330.8	21.17
Unidad 2	39.5	27	9.3	213.83	54.8	5,918.4	26.65
Unidad 3	40	30	10	213.83	51.7	5,583.6	26.22

Tabla N° 02

**fo promedio: 24.68 kg/cm<sup>2</sup>**

La Norma **E.80** acepta como valor mínimo aceptable **fo= 12 Kg /cm<sup>2</sup>**

**fo= 12 Kg /cm<sup>2</sup> < 24.68 Kg /cm<sup>2</sup> ok**

De la misma manera se realizó los ensayos de resistencia a la compresión de la albañilería (Norma E-080), ensayo de pilas, en el laboratorio de mecánica de suelos, con un total de 3 moldes, cada molde de 3 adobes con juntas de 2cm, fueron sometidas al ensayo de resistencia compresión simple de pilas obteniendo así el esfuerzo ultimo  $f_m = 10.89 \text{ kg/cm}^2$ .

### Resultado del ensayo de compresión de las pilas de Adobe

	Largo (cm)	e (cm)	Alto (cm)	Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	P (kn)	P (kg)	fo (kg/cm <sup>2</sup> )
Pila 1	40	30	36	213.83	21.1	21.552	10.4
Pila 2	40	30	36	213.83	21.9	22.409	11.20
Pila 3	40	30	36	213.83	22.2	22.695	11.07
<b>fo promedio:</b>							<b>10.89 kg/cm<sup>2</sup></b>

Tabla N° 03

La resistencia última de las pilas f'm es de **10.89 Kg /cm<sup>2</sup>**.

El esfuerzo admisible a compresión del muro (fm) (**Norma E.080**):  $f_m = 0.25 f'm$

Entonces:  $f_m = 0.25 \times 10.89 = 2.72 \text{ Kg /cm}^2$

La Norma E.080  $f_m = 2 \text{ Kg /cm}^2 < 2.72 \text{ Kg /cm}^2$  ok

- **Frente a la Impermeabilización de los adobes** se buscó aprovechar los recursos naturales al realizar el impermeabilizante con baba de penca (nopal) con las mismas características de los impermeabilizantes comunes, pudimos reconocer que ese impermeabilizante sirve como pintura de exteriores, el cual protege al adobe frente a las inclemencias del clima (lluvias), se puede aplicar con una brocha debido a su consistencia líquida, este impermeabilizante casero es económico, además sirve como aislante térmico y acústico, ayuda al control de hongos, es amigable con el ambiente y funciona como pintura para exteriores e interiores, y para determinar si los adobes resisten a las lluvias procedimos a realizar los ensayos de absorción y succión tanto en adobes convencionales y adobes impermeabilizados obteniendo lo siguiente:

- **Ensayo de Succión**

Tomamos como base la siguiente norma, NTP 399.613 donde describe el procedimiento de muestreo y ensayo en ladrillos de arcilla, puesto que la norma Técnica E-080 no establece algún parámetro para dicho ensayo.

Mediante éste ensayo hemos buscado determinar la absorción temprana que tiene un bloque de adobe en un tiempo de 1 minuto  $\pm$  1 segundo.

Empleamos seis unidades de adobe tres de ellos impermeabilizados con goma de penca y los otros tres restantes sin impermeabilizar.

- Se pudo apreciar que el adobe convencional tuvo pérdidas de partículas en baja proporción, el ascenso por capilaridad estuvo en el orden de los 2 cm, y de los tres especímenes sufrieron desprendimientos de partículas en la cara de contacto con el agua.

UND	PESO SECO (gr)	MEDIDAS			AREA DE CONTACTO SUCCION (cm <sup>2</sup> )	PESO CON AGUA (gr)	AGUA SUCCIONADA (gr)	SUCCION (CM <sup>2</sup> )	SUCCION PROMEDIO
		L (cm)	B (cm)	H (cm)					
1	4215	19.5	14.3	9.5	278.85	5900	-	-	NO PUDO EVALUARSE
2	4305	19.8	14	9.8	277.2	5798	-	-	
3	4300	20	14.3	9.7	286	5835	-	-	

• Datos Obtenidos del Ensayo de Succión

A pesar que los tres especímenes presentaron un peso seco menor que el peso con agua succionada, la succión fue imposible determinarla, debido a que en el peso final no se contabiliza al peso de las partículas que se desprendieron (desintegraron), concluyendo que esta prueba no es aplicable para los adobes convencionales.

#### • ENSAYO DE SUCCION - ADOBES IMPERMEABILIZADOS

Se utilizaron tres unidades de adobes impermeabilizados con goma de penca, previamente secos se sometieron a prueba:

UND	PESO SECO (gr)	MEDIDAS			AREA DE CONTACTO SUCCION	PESO CON AGUA (gr)	AREA SUCCIONADA	SUCCION	SUCCION PROMEDIO
		L (cm)	B (cm)	H (cm)					
1	4500	20	13.5	10	270	4505	5	3.7	4.8
2	4508	19	14.5	9.9	275.5	4520	12	8.7	
3	4512	19.8	14.7	9.8	291.06	4515	3	2.1	

Datos Obtenidos del Ensayo de Succión en Adobes Impermeabilizados

En esta segunda parte del ensayo con adobes impermeabilizados, se tuvo un comportamiento distinto porque nuestros especímenes no sufrieron el desprendimiento de particular (succión positiva), se apreció un ascenso por capilaridad del orden 1.2 cm. se determinó una succión promedio de 4.8 gr/min/200cm<sup>2</sup>; por lo que se puede afirmar que los adobes impermeabilizados con goma de penca tuvieron mayor resistencia al contacto con el agua.

PRUEBA DE SUCCION													
ADOBE CONVENCIONAL						VS		ADOBE IMPERMEABILIZADO					
UND	PESO SECO (gr)	AREA DE CONTACTO SUCCION	PESO CON AGUA	AGUA SUCCION ADA (gr)	SUCCION (CM2)	SUCCION PROMEDIO	UND	PESO SECO (gr)	AREA DE CONTACTO SUCCION	PESO CON AGUA	AREA SUCCION ADA	SUCCION	SUCCION PROMEDIO
1	4215	278.85	5900	-	-	NO PUDO EVALUARSE	1	4500	270	4505	5	3.7	4.8
2	4305	277.2	5798	-	-		2	4508	275.5	4520	12	8.7	
3	4300	286	5835	-	-		3	4512	291.06	4515	3	2.1	

*Cuadro comparativo*

## Ensayo de Absorción

Nos regiremos únicamente a la NTP 399.613, puesto que tampoco existe en la norma técnica E-080 este tipo de ensayo.

Mediante éste ensayo determinamos la capacidad de absorción durante 24 horas de inmersión en agua.

Empleamos seis unidades de adobe tres de ellos convencionales y los otros tres restantes impermeabilizados con goma de penca.

- **Ensayo de Absorción - adobes convencionales**

“El proceso de degradación en los adobes convencionales se dio de manera inmediata al simple contacto con el agua, generándose el desmoronamiento de partículas ubicadas en el contorno.

Pasados diez minutos de inmersión, la desintegración en los adobes convencionales pasó a un estado más crítico, perdiendo su forma original pero conservando aún su consistencia en el núcleo del bloque.

Unas horas después, el agua llegó a ingresar al núcleo, saturándolo casi por completo, haciendo del mismo una masa de barro sin consistencia ni capacidad portante.

Finalizando las 24 horas de inmersión, los especímenes de adobe terminaron por desintegrarse, produciéndose un desmoronamiento total y formándose un desmorte trapezoidal, perdiendo totalmente su resistencia y consistencia, haciendo imposible su extracción para la medición de los pesos en estado saturado, concluyendo de que el ensayo de absorción para un adobe convencional no es satisfactorio". (Garay, 2103:58).

- **Ensayo de absorción - Adobe Impermeabilizado**

Al momento de iniciar con el ensayo se observaron algunas burbujas pues significaba que estaban entrando partículas de agua, transcurridos los primeros 30 minutos las unidades de adobe impermeabilizados se mantuvieron íntegros, sin desprendimiento de partículas.

Pasado 3 horas pudimos observar que empezaba el desprendimiento de la capa impermeabilizante, lentamente de su núcleo, una vez cumplidas las 24 horas de sumergidos los adobes impermeabilizados, se apreció la pérdida total de la capa de impermeabilizante y la desintegración del adobe mejorado, con lo cual podemos decir este tipo de material no ayuda a la protección contra los efectos del agua en un periodo prolongado, el ensayo fue insatisfactorio. Sin embargo determinamos que un adobe impermeabilizado si bien no pasa por esta prueba de 24 horas en sumersión, pues resiste a la sumersión un aproximado de 2.5 horas y es más que suficiente para soportar lluvias moderadas en tiempo cortos.

UND	Wd PESO SECO (gr)	Ws PESO SATURADO (gr)	% ABSORCION	% ABSORCION PROMEDIO
1	4215	0	0	0
2	4305	0	0	
3	4300	0	0	

No se obtuvieron Datos



UNIDAD	MEDIDAS ANTES DEL ENSAYO			MEDIDAS DESPUES DEL ENSAYO		
	L (cm)	B (cm)	H (cm)	L (cm)	B (cm)	H (cm)
1	19.5	14.3	9.5	-	-	-
2	19.8	14	9.8	-	-	-
3	20	14.3	9.7	-	-	-

• No se obtuvieron Datos

- Dentro de la Zonificación sísmica, en que se divide el territorio peruano, Huancavelica se encuentra en la zona 2, con coeficiente sísmico  $C = 0.15$ , esto según la norma E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), la cual las construcciones de adobe se limitaran a un solo piso en zona sísmica 3 y dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1 definidas en la NTE E-030 Diseño Sismo resistente, para nuestro caso y para mayor seguridad trabajaremos con un solo piso.
- “Para el modelaje estructural el módulo a escala reducida fue modelado en la técnica de elementos finitos, subdividiendo a los confinamientos a la albañilería de adobe en una serie de elementos tipo “shell” de 40 cm de espesor, para el análisis se utilizó el programa ETABS, conectándose los nudos de cada nivel a diafragmas rígidos, en los cuales se concentró la masa correspondiente. Para la dirección correspondiente a los muros de corte se obtuvo para el primer modo de vibración un periodo de 0.07 seg (14.3 Hz de frecuencia natural), con lo cual, el espécimen es muy rígido” (Erika Delgado, 2006:12), se realizó el modelaje estructural, espesores de muro, áreas tributarias, metrado de cargas de cada muro, asignamos carga viva y carga muerta a la estructura, asignando fuerzas horizontales en el eje X y Y, desplazamientos en el eje XX y YY, obteniendo diagramas de cortante en cada muro. Nos regimos al diseño según la norma de adobe e-080, que para efectos del diseño se consideró al prototipo ubicado en la sierra del Perú y se realizó el análisis sísmico estático, los valores obtenidos se presentan a continuación.

De acuerdo a la Norma Sismo resistente E.030 se usaron los siguientes parámetros:

Factor de Zona (Z)	0.3 (Sierra)
Factor de Uso (U)	1 (Vivienda)
Factor de Suelo (S)	1,2 (Suelo intermedio)

Factor de amplificación sísmica (C): según Artículo 7. Norma E-030

Periodo fundamental:  $T = h_n/C_t = 2.50/60 = 0.042$  seg

Según análisis de la teoría de elementos finitos se tiene:  $T = 0.07$  seg.  
al ser  $T < T_p$  obtuvimos  $C = 2.5$

Realizamos los cálculos de fuerza cortante en la base, verificación por cortante, distribución de fuerza sísmica en altura, resistencia al corte, verificación para sismos moderados, resistencia al agrietamiento diagonal, y la verificación ante acción del sismo moderado y para que el muro no se agriete obtuvimos que solo 4 muros de los 11 cumplen.

Para la ubicación de la casa hay algunos criterios que debemos tomar en cuenta. Para ello se debe elegir un terreo seco, firme y en un lugar que disminuya riesgos, no debiendo tener menos de 2 metros el cerro de nuestra casa, la casa debe tener un mínimo de 4 metros de un acantilado, la casa debe tener una vereda de 17 cm de alto como mínimo.

En pendientes pronunciadas se hará andenerías y muros de contención, contruidos con piedras y concreto, para evitar deslizamientos, también un canal de drenaje para evitar que la lluvia que baja de los cerros humedezca las paredes de la casa.

Pasos para escoger un buen suelo; el suelo o tierra es utilizado para hacer adobes, barro para las juntas y revestimiento de las paredes de la casa. Sin embargo, todos los suelos no son adecuados para estos fines. Estos son una mezcla de gravilla, arena y arcilla. Combinados con agua, se les puede dar la forma necesaria.

Como saber si el suelo a utilizar tiene suficiente arcilla:

Con el barro de cantera hacer 6 bolitas de 2 cm aproximadamente, luego dejamos secar durante dos días las 6 bolitas bajo techo; después que las bolitas estén secas se trata de romper con los dedos de una mano, si no se rompe entonces el suelo sirve porque tiene suficiente arcilla; pero si se rompe es porque no tiene suficiente arcilla por lo tanto no sirve.

Recordar que si no hay suficiente arcilla en un suelo, la mezcla de agua y suelo (barro) no será suficientemente fuerte cuando seque. Si por el contrario, no hay suficiente gravilla o arena en el suelo, el barro se encogerá y se rajará cuando seque.

Una vez obtenido el tipo de suelo óptimo preparamos el barro para los adobes, para lo cual tamizamos por una malla de abertura de  $\frac{1}{4}$ " de pulgada, la tierra debe estar limpia y sin elementos extraños, piedras, restos de plantas, basuras, etc., luego mezclamos con agua y dejamos dormir el barro por 1 o 2 días, a esta operación se llama comúnmente podrido o dormido del barro., luego agregamos al suelo la paja picada o ichu en trozos de 5 cm, esto para evitar la propagación de las rajaduras., estos materiales son mezclados en el batido.

La vivienda será de tipo sierra de un solo piso con 5 ambientes, sala comedor, 1 dormitorio principal, 1 dormitorio compartido, 1 baño compartido y cocina. La vivienda tiene un área de 102.40 M<sup>2</sup> y un perímetro de 49.80 metros.

Los ambientes reciben iluminación y ventilación por medio de las puertas y ventanas.

#### **Referente a los cimientos:**

Para la cimentación al igual que para cualquier construcción se debe construir sobre suelo firme. Se deberá utilizar para ello piedra de río y de encontrarse piedras angulosas, colocar manualmente la primera capa de piedras vaciamos un concreto ciclópeo con relación 1 cemento + 10 de hormigón + agua (mitad de cemento), hay que asegurarse que las piedras siempre estén cubiertas por la mezcla, llenar hasta la altura del terreno. Concluido esto y antes de que se endurezca el concreto, se coloca en la superficie del cimiento, sobresaliendo piedras de 4" aproximadamente; distanciadas a 50 cm y en el centro del cimiento, estas sirven para mejorar la unión entre el cimiento y el sobre cimiento.

En el sobre cimiento que se emplearan las cañas al cual se le adosará alambres en la base de la caña para una adecuada adherencia al sobre cimiento. Este cañado se ubicará en los encuentros de muros y en los paños largos a cada metro. El cañado se ubicará cada 60 cm.

Encoframos el sobre cimiento con tabloncillos anchos de unos 40 cm de alto y rectos, clavar las maderas con cuartones de tal manera que queden bien seguros. Antes de encofrar; la madera se humedecerá con petróleo o aceite quemado para protegerla de la humedad y facilitar el desencofrado; Colocar lajas de piedra caliza al contorno del sobre cimiento, esto para dar un acabado armónico con la zona, vaciar a una altura de 20 cm, los muros llevarán en su interior una malla de caña horizontal y vertical para mejorar su resistencia frente a sismos.

Elaboración de la cimentación.

<b>Tipos de elaboración</b>	<b>Características</b>	<b>Cualidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>CIMIENTO DE CONCRETO CICLÓPEO</b>	Contribuye con cualidad sismo resistente	SI	--
	Es de menor costo	NO	
	Es ecológicamente armónico	NO	--
	Brinda confort a sus habitantes	SI	--
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)	SI	--
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas.	SI	--
<b>CIMIENTO DE BARRO CON PIEDRA</b>	Apropiada para edificación sismo resistente	NO	--
	Es de menor costo	SI	
	Es ecológicamente armónico	SI	--
	Brinda confort a sus habitantes	NO	--
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)	NO	--
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	NO	

*Tabla N° 20*

#### **Referente a los muros:**

Para la fabricación de adobes necesitamos también una gavera esta puede ser de madera o metálico con o sin fondo, el cual tendrá 40 cm de ancho, 10 cm de alto y 30 de largo, estas medidas es según el ancho de las paredes. Una vez construidas las sumergimos en agua para evitar

que el barro se pegue al molde, luego espolvoreamos arena fina en el suelo dentro del molde para que no se pegue el barro, con el barro previamente dormido, formar una bola y tirarla con fuerza, emparejamos primero con las manos, debemos tener en cuenta que para el tendal el suelo debe estar plano; luego rellenamos y emparejamos con regla de madera mojada, sacar con cuidado el molde para no deformar el adobe recién hecho; en el caso de que la gavera tuviera fondo voltear el molde muy rápido y retirar con cuidado el molde.

Para el secado de los adobes debemos hacerlos sobre suelo limpio y plano, de preferencia bajo sombra, protección de esteras, telas, plástico, paja o arena. A los 4 días voltearlos de canto para que se sequen uniformemente, una semana después se pueden trasladar y apilar en rumas que aseguren circulación de aire para mejorar el secado, recordar que el secado varía dependiendo del clima local, pero el tiempo mínimo de secado es de 21 días, antes de usarlos en los muros.

Según Norma E-080 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en el artículo 7. Se considera que las juntas de albañilería constituyen las zonas críticas, en consecuencia ellas deberán contener un mortero del tipo I o II de buena calidad, para lo cual concerniente a este proyecto utilizaremos el tipo II (en base a tierra con paja), la composición del mortero debe cumplir los mismos lineamientos que las unidades de adobe y de ninguna manera tendrá una calidad menor que las mismas deberá emplearse la cantidad de agua que sea necesaria para una mezcla trabajable, las juntas horizontales y verticales no deberán exceder de 5 cm y deberán ser llenadas completamente; Para escoger el mortero debemos hacer pruebas para lo cual preparamos por lo menos cuatro emparedados o sándwiches, utilizando los adobes fabricados para construir la casa y distintas mezclas de barro para el mortero. Se puede añadir arena gruesa y/o paja según la disponibilidad.

Después de un día, abrir los emparedados poniéndolos de canto y bamboleándose en el suelo, escoger la mezcla de mortero que solo tenga rajaduras muy finas, con la menor cantidad de paja y/o arena gruesa, el barro con mucha paja es muy difícil de trabajar y no entra bien en las juntas., el espesor del mortero debe ser de 1 cm y no más grueso., el barro para las juntas deberá dormirse 1 o 2 días antes de mezclarlo con la paja o ichu, la cual debe ser cortada en trozos de 5 cm más o menos.

Antes de asentar el adobe, hay que saber cómo realizar correctamente los amarres y diferenciar los tipos de encuentros.

Una vez escogido el mortero, remojuamos bien los adobes antes de asentarlos para poder construir los muros, esto evitar que el mortero se seque muy rápidamente y se produzca fisuras colocar una capa de mortero sobre el sobre cimiento, colocar los adobes según la plantilla usando cordel, es importante el llenado de las juntas verticales para darle mayor resistencia a las paredes., ver en plano de detalles el encuentro en primera hilada e hiladas impares, detalle del encuentro en segunda hilada e hiladas pares, es importante tener en cuenta que se necesita abobes del tipo  $\frac{3}{4}$ " de longitud para lograr los amarres en las esquinas, luego levantar 4 hiladas de muro con los amarres indicados , preparar el refuerzo horizontal abriendo y chancando la caña del tipo carrizo. En la cuarta hilada colocar las cañas chancadas en todo el ancho del muro, repetir cada 3 o 4 hiladas, amarrar con rafia las cañas horizontales entre si y a las cañas verticales, completar los muros hasta la altura de la viga collar.

Elaboración de los muros.

<b>Tipos de elaboración</b>	<b>Características</b>	<b>Cualidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>MUROS DE ABOBE MEJORADO</b>	Contribuye con cualidad sismo resistente	SI	
	Es de menor costo	SI	
	Es ecológicamente armónico	SI	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)	SI	
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	SI	
<b>MUROS DE ABOBE TRADICIONAL</b>	Apropiada para edificación sismo resistente	NO	
	Es de menor costo	SI	
	Es ecológicamente armónico	SI	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)	NO	
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	NO	

*Tabla N° 21*

### Referente a refuerzo sísmico vertical en muros:

Las paredes laterales de la zanja deben ser verticales, para ello verificamos con la plomada, el fondo de la zanja debe estar nivelado. Para verificarlo, colocamos el nivel sobre un tablón recto, cuando esté listo, mojamos bien las paredes laterales y el piso de las zanjas.

El refuerzo vertical sería de caña brava de 1" de diámetro, colocamos

3 clavos de 3" en la base de la caña vertical para que sirvan de anclaje en el sobre cimiento, hacer un plantillado con los adobes y marcar en las tablas del encofrado los puntos donde irán las cañas verticales.

Colocar las cañas verticales y sujetarlas al encofrado del sobre cimiento, llenar el sobre cimiento con la misma mezcla de la cimentación colocando en ella piedras medianas, rayar la superficie terminada del sobre cimiento para mejorar la junta con los adobes.

Elaboración de los refuerzos verticales.

<b>Tipos de elaboración</b>	<b>Características</b>	<b>Cualidad</b>	<b>Cantidad</b>
REFUERZO VERTICAL DE CAÑA BRAVA	Contribuye con cualidad sísmo resistente	SI	
	Es de menor costo	SI	
	Es ecológicamente armónico	SI	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE).	SI	
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	SI	
REFUERZO VERTICAL DE MALLA ELECTRO SOLDADA	Apropiada para edificación sísmo resistente	SI	
	Es de menor costo	NO	
	Es ecológicamente armónico	NO	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)	SI	
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	SI	

Tabla N° 22

### Referente a refuerzo sísmico Horizontal:

Elaboración de los refuerzos horizontales.

Tipos de elaboración	Características	Cualidad	Cantidad
ENCADENADO , COLLARÍN O VIGA CADENA DE MADERA	Contribuye con cualidad sísmo resistente	SI	
	Es de menor costo	SI	
	Es ecológicamente armónico	SI	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)	SI	
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	SI	
ENCADENADO, COLLARÍN O VIGA CADENA DE CONCRETO	Apropiada para edificación sísmo resistente	SI	
	Es de menor costo	NO	
	Es ecológicamente armónico	NO	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)	SI	
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	SI	

Tabla N° 23

### Referente a la cubierta (techo):

Para proteger la casa de las lluvias, es necesario un techo inclinado que permita al agua deslizarse. También son necesarios aleros para que el agua caiga lejos de las bases de las paredes; el techo tendrá una estructura de madera, En la parte superior del techo llevara teja andina eternit con un tijeral de madera, pernos de  $\frac{3}{4}$ " pasante, plantina de  $\frac{1}{4}$ " a ambos lados y madera de 3" x 3", luego colocaremos el cielo raso que será de material de triplay.

Viga Collar o Viga Solera:

Hacer la solera con dos vigas de madera unidas mediante travesaños, también de madera, tejer las cañas horizontales en los encuentros de las esquinas y cruces, y



amarrarlas fuertemente, comprobar con la plomada que el muro este vertical, fijar las cañas verticales clavándola a los travesaños, rellenar con barro entre las vigas, completar los muros altos y colocar una viga cumbrera y vigas de 3" x 3" cada 45 cm., fijar la viga cumbrera a las cañas verticales utilizando tacos de madera, unir las vigas a la viga exterior de la solera en el muro bajo, unir las vigas a la viga cumbrera en el muro alto, la cual tiene como función el dar integridad a los muros de la edificación.

Elaboración de la cubierta (techo).

<b>Tipos de elaboración</b>	<b>Características</b>	<b>Cualidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>TECHO DE MADERA/TEJA ANDINA Y TRIPLAY</b>	Contribuye con cualidad sismo resistente	SI	
	Es de menor costo	SI	
	Es ecológicamente armónico	SI	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)	SI	
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	SI	
<b>TECHO DE BAMBÚ/PLÁSTICO Y ESTERA DE TORTA DE BARRO</b>	Apropiada para edificación sismo resistente	NO	
	Es de menor costo	SI	
	Es ecológicamente armónico	SI	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)	NO	
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	SI	

Tabla N° 24

### Pulido de Muros:

Puedes obtener un acabado liso y brillante frotando la superficie del tarrajeo con una piedra lisa y otra más lisa aun, el primer paso es frotar la superficie circularmente con una piedra lisa, luego, frota la superficie con una piedra más lisa; recuerda que el pulido con piedra contribuye a incrementar la resistencia del tarrajeo a la lluvia pues pule el acabado de la superficie.

De la misma forma para impermeabilizar los muros interiores y dar color, debemos verter capas de goma de penca de la tuna (Opuntia Ficus) con Aco, para lo cual recogemos penca de tuna y le sacamos las espinas, luego las cortamos en rebanadas y las dejamos remojando en un recipiente con agua unos 3 días hasta que suelte la goma, esta mezcla le agregamos cal y sal y si se desea dar color colorante ACO del color de su elección, la mezcla obtenida verter con brocha a nuestro muro interior o exterior en todo el contorno de nuestra casa, repetir dicho procedimiento en un total de 3 capas, dejar secar en la colocación de capa y capa.

### Elaboración del recubrimiento de los muros.

<b>Tipos de elaboración</b>	<b>Características</b>	<b>Cualidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>IMPERMEABILIZANTE CON GOMA DE PENCA</b>	Contribuye con cualidad sismo resistente		
	Es de menor costo	SI	
	Es ecológicamente armónico	SI	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)		
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	SI	
<b>RECUBRIMIENTO DE BARRO Y CEMENTO</b>	Es de menor costo	NO	
	Es ecológicamente armónico	NO	
	Brinda confort a sus habitantes	SI	
	Cumple con el reglamento nacional de edificación (RNE)		
	Es resistente a condiciones climatológicas extremas	SI	

*Tabla N° 25*

6.2. PRUEBAS DE HIPOTESIS:

<b>PRUEBAS DE HIPÓTESIS</b>			
<b>I.</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>RESULTADOS</b>
<b>1</b>	Los resultados de las evaluaciones de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado empleando un diseño sísmico influyen directamente en la construcción de viviendas en la provincia de Churcampa departamento de Huancavelica.	R.N.E	El resultado de las evaluaciones de las propiedades físicas: resistencia a compresión simple 24.68 kg/cm <sup>2</sup> , siendo 105% más resistente. Compresión de pilas: 2.72 kg/cm <sup>2</sup> , 36% más resistente. Propiedad mecánica: impermeabilización del adobe satisfactorio y soporta lluvias moderadas, resistirá a movimientos sísmicos moderados.
<b>2</b>	a) Las evaluaciones de las pruebas a compresión simple y de pilas del adobe mejorado serán mayores a lo que estipula el reglamento empleando un diseño sísmico para la construcción de viviendas.	- R.N.E - PRUEBAS A COMPRESION LABORATORIO	Si es resistente nuestro adobe mejorado ante los ensayos de laboratorio para la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe mejorado para la construcción de viviendas – churcampa – Huancavelica, puesto que mejoramos el adobe con un aditivo piedra chancada de 1/2” con un 5% de volumen, llevando al laboratorio y sometándolo al ensayo de resistencia a la compresión simple en adobe por unidad y en pilas, obteniendo datos superiores a lo que establece la Norma E-080 del RNE.
<b>3</b>	a) La impermeabilización del adobe mejorado empleando un diseño sísmico para la construcción de viviendas, serán resistentes a las precipitaciones.	PRUEBAS DE SUCCION Y ABSORCION DE ADOBES MEJORADOS IMPERMEABILIZADOS	El uso de las técnicas que permiten una edificación resistente a condiciones climatológicas extremas para edificaciones con adobe mejorado, existen pero son poco difundidas y experimentadas. Así que se utilizó la goma de penca trabajada domésticamente para impermeabilizar, el cual dio como resultado un adobe que discurre del agua. pues así lo demostramos con las pruebas de succión y absorción.

4	El análisis del resultado del adobe mejorado ante el diseño sísmico para la construcción de viviendas, resistirá a movimientos sísmicos moderados.	MODELAMIENTO ESTRUCTURAL	<p>Si es resistente ante el efecto de sismos moderados pues lo pudimos comprobar modelando la estructura con el programa ETABs insertando el metrado de cargas puntuales a cada muro, obtuvimos la resistencia al corte, se realizó el diseño de muros de corte, resistencia al corte verificación al corte, verificación de densidad de muros, verificación para sismos moderados y resistencia al agrietamiento diagonal.</p> <p>Así mismo se conoce del proceso constructivo que une el cimiento, sobre cimiento, muros con refuerzos verticales y horizontales con caña brava y la viga collar, haciéndola una unidad solida; todos estos factores contribuyen con las cualidades antisísmicas.</p>
---	--	--------------------------	---

---

## CONCLUSIONES

1. El resultado de las evaluaciones de las propiedades físicas: resistencia a compresión simple 24.68 kg/cm<sup>2</sup>, siendo 105% más resistente. Compresión de pilas: 2.72 kg/cm<sup>2</sup>, 36% más resistente. Propiedad mecánica: impermeabilización del adobe satisfactorio y soporta lluvias moderadas, resistirá a movimientos sísmicos moderados.
2. Se concluye que la impermeabilización del adobe mejorado llega a ser la protección externa casi indispensable para los adobes, la alta proporción de fibras de la mezcla, su densidad relativamente baja, y el tipo de tierra que lo componen, hacen del adobe una unidad porosa y particularmente sensible a la erosión de las lluvias y a las heladas, es por eso que la goma de penca ha sido empleada para la impermeabilización del adobe mejorado el cual es resistente a los agentes de erosión (lluvias, heladas, rozamientos, etc.).
3. Debido a la falta de información de ambas normas E-0.30 y E-080 para poder controlar el muro de adobe, se utilizó la norma E-070 para muros y otros métodos de investigaciones referentes al tema del adobe, para poder controlar y relacionar lo que indican las normas precedentes, se concluye que si se usa la norma E-080 en el diseño sísmico llega a pasar las verificaciones de córtate actuante. Usando la norma E-030 para sismos moderados no pasa la cortante actuante, debido a que la norma E-030 es más exigente concerniente a fuerzas horizontales.
4. Según los ensayos de resistencia a la compresión simple en adobe por unidad se obtuvo una resistencia promedio total de 24.68 Kg/cm<sup>2</sup>, adobe mejorado vs 12 kg/ cm<sup>2</sup>, adobe convencional (resistencia mínima según el RNE Norma E-080 Artículo 8 esfuerzos admisibles) resultando un 105% más resistente. De la misma manera se realizó los ensayos de resistencia a la compresión de la albañilería ensayo de pilas (Norma E-080), con un total de 3 moldes, cada molde de 3 adobes con juntas de 2cm, obteniendo así el esfuerzo de compresión ultimo  $f_m = 2.72 \text{ kg/cm}^2$  (mejorado) vs 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, (convencional), siendo un 36% más resistente.

## RECOMENDACIONES

1. Orientar a las personas que construyen sus viviendas con adobe, que el estudio precedente cumple con las cualidades necesarias para tener una vivienda segura, que incluyendo la manera adecuada de los asentados de los adobes en formas y sentidos tanto en las esquinas como en los encuentros, debiendo estos estar arriostrados evitaría el colapso súbito de la estructura.
2. Se recomienda utilizar la impermeabilización del adobe mejorado con el método de la goma de penca en el cual se deben de seguir los siguientes pasos: cal + sal y goma de penca mezclados uniformemente hasta obtener una mezcla homogénea gomosa, aplicarla al adobe mejorado por hasta tres capas dejando secar por cada capa, se debe repintar cada 6 meses para proteger la vivienda de las lluvias.
3. Se recomienda realizar ensayos sísmicos como el de la mesa vibratoria para poder tener mayor información sobre como poder controlar ante los efectos de sismos moderados y severos y así poseer mayor información que pueda contribuir a la resistencia de viviendas de adobe.
4. Se recomienda usar el adobe mejorado propuesto, puesto que es más resistente a la compresión, que un adobe convencional, esto ayudara indiscutiblemente a soportar las cargas verticales y así evitar la falla por compresión.
5. Se recomienda complementar las fórmulas y cálculos utilizados en la presente tesis con la norma E-080 y E-0.30.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Neumann, Torrealva y Blondet (2007). Construcción de casas saludables y sismo resistentes de adobe reforzado con geomallas para la zona Sierra – Lima Perú. (pag.24)
2. Enciclopedia mundial de vivienda. Http. [www.world-housing.net](http://www.world-housing.net). (s.f).
3. Instituto Nacional de estadística e informática (INEI 1993). Censo nacional de población y viviendas (pag.121)
4. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP 2000). Técnicas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe. Lima Perú. (pag. 7)
5. Gran atlas Geográfico del Perú y el Mundo. (s.f). (pag.16)
6. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENEPRED 2003). Plan multisectorial para la atención de heladas y friaje. (pag.183)
7. Revista Perú medio de Exp. Salud Pública (2008); tabla terremotos destructivos ocurridos en el litoral central del Perú en los últimos cinco siglos. (pag. 219)
8. Instituto geofísico del Perú. (IGP 2002). “El terremoto de la región sur del Perú del 23 de junio del 2001”. Lima Perú.
9. Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica – (AIS). (s.f). - Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. (pag. 63)
10. Gernot Minque (2005). Vivienda antisísmicas de tierra, resultados de investigación y ejecución en zonas sísmicas de los andes. Alemania. (pag. 2)
11. Gernot Minque (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. (pag.12)
12. Miguel Hadzich.(1999). Vivienda Antisísmica de adobe. Universidad Católica 1° edición, Lima Perú.(pag.11)
13. Marcial Blondet, Villa y Brzev, (2003) Construcciones de Adobe Resistente a los Terremotos. Abril (pag. 14)
14. Neumann, Torrealva y Blondet (2007). Construcción de casas saludables y sismo resistentes de adobe reforzado con geomallas para la zona Sierra – Lima Perú.(pag.36)
15. Regal y Ávila (s.f). Materiales de construcción. (pag. 91)

16. Zegarra, Wong y San Bartolomé (1994 y 1999). Técnicas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe – Lima Perú.
17. Víctor Zelaya (2007) - Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres, Universidad Nacional Federico Villareal.
18. CARE (s.f). Características técnicas de viviendas de adobe reforzado – Lima Perú. (pag. 7)
19. Zegarra Ciquero, Quiun Wonh, San Bartolomé. Técnicas para reforzamiento sísmico de viviendas de adobe. 200. (Pag 7)
20. Ericka Delgado (2006) - Comportamiento sísmico de un módulo de adobe de dos pisos con refuerzo horizontal y confinamientos de concreto armado, Pontificia Universidad Católica del Perú.
21. Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E). (s.f) (pag. 325)



## ANEXOS

- Matriz de consistencia.
- Certificado de ensayos de resistencia a la compresión simple de adobe y pilas.
- Certificado de estudio de mecánica de suelos – capacidad pórtate.
- Certificado de mantenimiento y calibración de equipos de laboratorio.
- Panel fotográfico.
- Planos