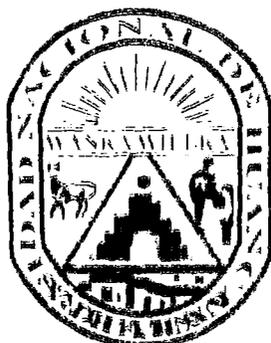


**Universidad Nacional de Huancavelica**

(Creada por Ley N° 25265)

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**PROPUESTA DEL EMPLEO DEL ADOBE REFORZADO CON GEOMALLA  
EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES  
DE UN PISO EN EL PUEBLO JOVEN YANAMA - AYACUCHO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
ESTRUCTURAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ARCE CÁRDENAS, Rubén**

**Bach. ARODRIGUEZ YUPANQUI, Victor Raúl**

**ASESOR:**

**Ing. CAMAC OJEDA, Enrique Rigoberto**

**HUANCAMELICA - PERU  
2014**



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELCA  
SEDE LUCAY  
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

23 JUL. 2014  
FACULTAD DE INGENIERIA MINAS - CIVIL  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

EN EL PARANINFO ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA MINAS - CIVIL DE LA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - LUCAY, A LOS SIETE DIAS DEL MES DE MAYO DEL AÑO DOS MIL CATORCE, SIENDO LAS CINCO DESPUES DEL MERIDIANO, SE INSTALO LOS MIEMBROS DEL JURADO EN BASE A LA RESOLUCION DE CONSEJO DE FACULTAD Nº 108 - 2014 - FIMC - UNH, DE FECHA VEINTE Y OCHO DE ABRIL DEL DOS MIL CATORCE, EN EL CUAL SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR LA HORA Y FECHA PARA LA SUSTENTACION DE TESIS, DEL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL, A DESARROLLARSE EL DIA SIETE DE MAYO DEL DOS MIL CATORCE A HORAS CINCO PASADO MERIDIANO, DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES: TITULO DEL PROYECTO:

" PROPUESTA DEL EMPLEO DEL ADOBE REFORZADO CON GEOMALLA EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE UN PISO EN EL PUEBLO JOVEN DE YANATA. AYALUCHO " RESPONSABLES DEL PROYECTO: BACH. ARCE CARDENAS, RUBÉN,

BACH. RODRIGUEZ YUPANQUI, VICTOR RAÚL, ASESOR Y COASESOR: ING. CAMACOTEDA, Enrique. ING. CASTRO QUISPE, Heydi. JURADOS: ING. URIEL NEIRA

CALBIN (PRESIDENTE), ARQ. HUGO CAMILO SALAS TOCASCA (SECRETARIO), ING. ANDRÉS Z. NAHUI CASPAR (VOCAL); CON LA FINALIDAD DE EVALUAR LA SUSTENTACION DE TESIS REFERIDA, INMEDIATAMENTE SE PROCEDE CON LA INTERVENCION DEL

PRESIDENTE, QUELEN DIO LAS INSTRUCCIONES CORRESPONDIENTES DANDO A CONOCER A LOS TESISISTAS EL TIEMPO DE DURACION DE TREINTA MINUTOS DE SUSTENTACION

Y AUTORIZANDO EL INICIO DE LA MISMA, TERMINANDO LA SUSTENTACION, SE PROCEDE CON LA FORMULACION DE PREGUNTAS PERTINENTES, LOS CUALES FUERON

ABUELTAS Y SUSTENTADAS.

SEGUIDAMENTE LOS MIEMBROS DEL JURADO DESPUES DE UN AMPLIO DEBATE SE RESUELVE APROBAR POR UNANIMIDAD LA TESIS MATERIA DE LA PRESENTE CORRESPONDIENTE

AL V CURSO DE TITULACION POR TESIS AÑO DOS MIL TRECE.

SIENDO HORAS CINCO Y CINCUENTA PASADO MERIDIANO DEL DIA SIETE DE MAYO DEL DOS MIL CATORCE Y EN SEÑAL DE CONFORMIDAD FIRMAN AL PIE LOS MIEMBROS DEL JURADO.

Ing. Uriel Neira Calbin  
PRESIDENTE

Arq. Hugo Camilo Salas Tocasca

Ing. Andres Z. Nahui Caspar  
Grafirres

## DEDICATORIA

A mi esposa Nelly J. Avalos Cuya por su invaluable y permanente apoyo, mis hijos Cinthya y Jhefferson el motor y la fuerza de mi vida, quienes me inspiran a lograr mis metas; a mis queridos padres; Catalino Arce, Julia Cárdenas; por el apoyo constante que me brindaron durante mi formación como estudiante y a mi hermano Víctor M. Arce Cárdenas (Muycha) que desde el cielo me ilumina:

**Rubén Arce Cárdenas**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi padre, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi madre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi esposa por su continuo apoyo y A mi hijo que es el tesoro más grande que Dios me regaló y el motivo de mí existir.

**Víctor Raúl Rodríguez Yupanqui.**

## AGRADECIMIENTO

A Dios porque cada día nos brinda una oportunidad para avanzar hacia nuestros objetivos; y porque es quien guía nuestros caminos y nuestros logros.

En primer lugar agradecemos a nuestros padres por el apoyo incondicional a lo largo de todos estos años; en segundo lugar a nuestra alma mater Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, a la Facultad de Ingeniería, especialmente a la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil por hacer una realidad mis anhelos personales y profesionales; de igual manera a nuestros Jurados el Arq. Hugo Camilo Salas Tocasca, Ing. Uriel Neira Calsin, Ing. Andrés Z. Ñahui Gaspar y Asesor Ing. Enrique R. Camac Ojeda, por el apoyo y aliento que nos ha permitido lograr uno de nuestros más grandes anhelos; y por último a la Universidad Nacional de Huancavelica por habernos cedido la oportunidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

## ÍNDICE

CARATULA DE PORTADA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I Problema.....	10
1.1 Planteamiento del Problema.....	10
1.2 Formulación del Problema .....	10
1.3 Objetivos de la Investigación.....	11
1.4 Justificación e Importancia.....	11
CAPÍTULO II Marco Teorico .....	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Bases Teóricas .....	19
2.3 Hipótesis .....	48
2.4 Identificación de Variables .....	48
2.5 Definición Operativa de Variables e indicadores.....	49
CAPÍTULO III Metodología de la Investigación.....	50
3.1 Ámbito de Estudio.....	50
3.2 Tipo de Investigación .....	52
3.3 Nivel de Investigación .....	52
3.4 Método de Investigación .....	52
3.5 Diseño de Investigación .....	52
3.6 Población, Muestra y Muestreo .....	53

3.7	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	54
3.8	Procedimiento de Recolección de Datos.....	54
3.9	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	55
CAPÍTULO IV Resultados.....		59
4.1	Presentación de Resultados.....	59
4.2	Discusión.....	71

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura	Nº 01.	Típica vivienda de adobe en el Perú.....	14
Figura	Nº 02.	Falla por sismo.....	15
Tabla	Nº 01.	Evaluación de daños ocasionados por el Terremoto.....	17
Figura	Nº 03.	Gaveras sin fondo.....	23
Figura	Nº 04.	Molde o gavera para adobe.....	24
Tabla	Nº 02.	Refuerzos especiales (esbeltez de los muros).....	31
Figura	Nº 05.	Geomalla biaxial de polipropileno.....	31
Figura	Nº 06.	Preparación del barro para fabricar adobes.....	35
Figura	Nº 07.	Tendal del Laboratorio de Estructuras antisísmicas.....	36
Figura	Nº 08.	Fabricación de las unidades de adobe.....	37
Figura	Nº 09.	Construcción del cimiento del Módulo de Capacitación.....	38
Figura	Nº 10.	Construcción del sobre cimiento.....	39
Figura	Nº 11.	Plantilla de adobes y encuentro entre muros.....	40
Figura	Nº 12.	Construcción de los muros de adobe.....	41
Figura	Nº 13.	Colocación de y anclaje de geomalla.....	42
Figura	Nº 14.	Colocación de viga collar y geomalla.....	43
Figura	Nº 15.	Elevación Frontal de una construcción de adobe terminada.....	45
Figura	Nº 16.	Elevación Lateral de una construcción de adobe terminada.....	45
Tabla	Nº 03.	Definición operativa de variables e indicadores.....	49
Figura	Nº 17.	Plano de ubicación del Proyecto.....	51
Figura	Nº 18.	Vista Satelital del Departamento de Ayacucho y el Pueblo Joven de Yanama.....	51
Figura	Nº 19.	Realizando medición de material.....	55
Figura	Nº 20.	Realizando tamizado de material.....	55
Figura	Nº 21.	Cuarteo de material.....	56
Figura	Nº 22.	Secado de material.....	56
Figura	Nº 23.	Tamizado de material.....	57

Figura	Nº 24.	Elaboración de adobe.....	58
Figura	Nº 25.	Elaboración de prueba de resistencia.....	58
Figura	Nº 26.	Prueba de resistencia.....	58
Tabla	Nº 04.	Determinación del límite plástico e índice de plasticidad.....	59
Tabla	Nº 05.	Determinación del límite líquido de los suelos.....	60
Gráfico	Nº 01.	Índice Plástico (%)......	60
Tabla	Nº 06.	Ensayos Estándar de Clasificación.....	61
Gráfico	Nº 02.	Curva Granulométrica.....	61
Cuadro	Nº 01.	Determinación de Huso Granulométrica para Filtro.....	62
Gráfico	Nº 03.	Curva Granulométrica del Suelo y Huso del Filtro.....	62
Figura	Nº 27.	Modelamiento de vivienda en el programa SAP.....	63
Figura	Nº 28.	Propiedades mecánicas del adobe.....	65
Figura	Nº 30.	Propiedades mecánicas del Tornillo.....	66
Tabla	Nº 07.	Factor de suelo.....	67
Tabla	Nº 08.	Tipo de Edificaciones.....	67
Tabla	Nº 09.	Zonas Sísmicas.....	68
Figura	Nº 31.	Vista Isométrica de la Edificación (izquierda isométrico total, Arriba derecha cobertura de calamina, Derecho Abajo muro de adobe.....	69
Figura	Nº 32.	Vista de modelamiento con geomalla.....	70
Tabla	Nº 10.	Tipo de Suelo de Yanama para Elaboración de adobe....	71

## RESUMEN

En este trabajo de Investigación se analiza la calidad de suelo del Pueblo Joven de Yanama para la elaboración de adobe y posterior construcción de una vivienda. Para este fin se tomaron muestras, luego fueron llevadas a los laboratorios donde se practicaron los ensayos respectivos para determinar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.

Para analizar las propiedades del suelo se utilizó la norma ASTM, que brinda los requisitos generales que debe llenar un suelo:

- Contenido de Humedad ..... Norma ASTM C-566
- Granulometría por Tamizado ..... Norma ASTM C-136
- Peso Unitario ..... Norma ASTM C-29
- Impurezas Orgánicas ..... Norma ASTM C-40
- Sales Solubles totales ..... Norma ITINTEC 400.014
- Resistencia a Compresión ..... Norma ASTM C-39

## INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la humanidad los primeros hombres construían con tierra y a través del tiempo fueron familiarizando con sus características y aprendieron a mejorarla agregándole algunas fibras vegetales para mejorar su resistencia, dando origen a materiales como el adobe.

La Norma Peruana de adobe E.080 lo define como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos y atenúe las fisuras por contracción de secado.

En el Perú, el uso del adobe es muy común en zonas rurales, donde la autoconstrucción con adobe ha demostrado ser la respuesta apropiada y quizás, la única vía posible mediante la cual la gente de muy escasos recursos económicos pueda adquirir una casa digna.

El adobe es un material muy barato y que tiene un gran aislamiento térmico haciendo estas casas muy acogedoras. El gran problema surge cuando en las construcciones de estas viviendas no se cuenta con asesoría técnica y se construyen de manera muy informal, llevando esta mala construcción al colapso ante alguna eventualidad sísmica.

Desde hace más de 30 años en el Perú se han analizado diversos tipos de refuerzo para las viviendas de adobe, pero son pocos los estudios que se han hecho sobre adobe reforzado con geomalla en viviendas unifamiliares de un piso, pese a que en la sierra peruana la gran mayoría de viviendas son de un nivel.

Muchas de las personas que construyen su vivienda con adobe en el Perú y en el mundo, no tienen los conocimientos ni la asistencia técnica necesaria para construir viviendas reforzadas sísmicamente, lo que hace que sus construcciones sean muy vulnerables a los movimientos sísmicos. Esto se evidenció con la destrucción total de las viviendas de adobe durante el terremoto del 15 de Agosto del 2007 en Pisco (Perú)

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad vivimos en una situación de peligro ante los sismos que se presentan, se vio que la población de Yanama – Ayacucho y en otras partes del Perú construyen sus viviendas con adobe, existen otras formas de construir con adobe entre ellas se encuentra el ADOBE REFORZADO CON GEOMALLA que son sismo resistentes, se quiere proponer y comprobar la resistencia del adobe reforzado con geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares en el pueblo joven de Yanama, con la finalidad de disminuir las pérdidas humanas y materiales ante un sismo; como se vio un mayor desastre en el departamento de Ica, cuyas construcciones eran de adobe; con la propuesta del empleo del adobe reforzado con geomalla se pretende brindar una mejor calidad de vida a la población.

### 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye estructuralmente el empleo del adobe reforzado con Geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el Pueblo Joven de Yanama - Ayacucho?

## 1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.3.1 Objetivo General.

Determinar la influencia del adobe reforzado con geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo joven Yanama – Ayacucho.

### 1.3.2 Objetivo Específico.

- Determinar la influencia de la geomalla estructuralmente en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo joven Yanama – Ayacucho.
- Establecer las características de un adobe reforzado con Geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo joven Yanama - Ayacucho.
- Realizar estudios de suelo.
- Aplicar cálculos mediante el software SAP. (simulación de un sismo).

## 1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

“Proponer el empleo del adobe reforzado con geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo joven Yanama – Ayacucho”, se debe a que muchas de las familias en dicho lugar construyen sus casas de material rústico (construcción con adobe); por la misma razón que el costo de dicha construcción es bastante bajo, pero siendo estas vulnerables a la presencia de los sismos que se presentan en la región; los pobladores de este lugar tienen poco o nada de conocimiento sobre la construcción de viviendas con adobe reforzado con geomalla. Para lo cual se pretende demostrar la resistencia del adobe reforzado en ese lugar con la finalidad de que los demás pobladores también empiecen a construir sus casas con adobe reforzado y dar una vida útil a estas construcciones, a la vez dar

una mejor calidad de vida a los pobladores del pueblo joven de Yanama – Ayacucho.

Al comprobar la resistencia del adobe reforzado con geomalla en Yanama se contribuirá en el desarrollo de las construcciones de viviendas unifamiliares de un piso en otras regiones, dando mayor garantía y durabilidad de estas, y así mismo generar puestos de trabajo.

En esta investigación se busca mejorar la calidad de vida de las construcciones con adobe ya que estas son muy vulnerables ante los sismos, y el empleo del adobe reforzado con geomalla permitirá cambiar esta realidad, disminuirá los desastres ante un sismo.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES.

Es posible hallar construcciones de adobe en casi todos los lugares del mundo, ya que es un material de construcción muy antiguo. Se han encontrado construcciones con este material que datan desde 8000 A.C. (Houben y Guillard 1994). En el Perú, podemos encontrar construcciones de tierra desde la época pre-hispánica. Actualmente, las viviendas de tierra en el Perú se encuentran en zonas urbanas y rurales. Según cifras del INEI (2005) existen más de 2,167000 viviendas cuyas paredes son de adobe y tapial. Esto representa casi el 40% de las viviendas del Perú.

La típica vivienda de adobe en el Perú posee 1 ó 2 pisos. La mayoría, en especial las de la zona rural, no cuentan con sobre cimientos adecuados. El espesor de los muros es variable, desde 0,30m hasta 1,00m (antiguas casonas). Las habitaciones son espaciosas (en especial la sala). Las cocinas y los baños se encuentran, generalmente, fuera de la vivienda. Poseen un espacio en la parte posterior utilizado como depósito o para la crianza de animales. El techo está compuesto por troncos de eucalipto o caña apoyados sobre los muros, con pendientes a una o dos aguas.

La

La cobertura de los techos es de caña chanchada y sobre esta se coloca una torta de barro; otras viviendas utilizan tejas o calaminas. La figura 1 muestra una típica vivienda de adobe en el Perú.

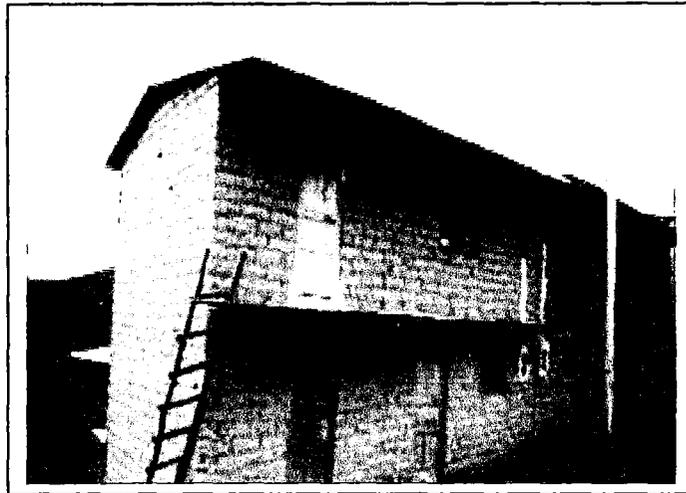


Figura N° 01. Típica vivienda de adobe en el Perú.

El Perú es uno de los países de Sudamérica ubicados dentro del “Cinturón del fuego del Pacífico”, un área que engloba más del 80% de la actividad sísmica en el mundo (Kuroiwa 2002). Esta actividad sísmica es producida por la constante interacción de las placas tectónicas ubicadas en la zona, la cual ha ocasionado numerosos terremotos en la parte occidental de Sudamérica. Muchos de ellos tuvieron gran magnitud y causaron destrucción y numerosas pérdidas materiales y de vidas humanas.

La mayoría de los movimientos sísmicos que se producen en el Perú se deben al proceso de subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana a razón de 9 cm/año (Kuroiwa 2002). Entre estas placas se generan esfuerzos de fricción y se acumula gran cantidad de energía. Cuando estos esfuerzos son mayores a los que resiste la roca, esta se rompe. La ruptura libera la energía acumulada en forma de ondas que se propagan y llegan a la superficie.

Uno de los terremotos más devastadores ocurridos en nuestro país se produjo el 31 Mayo de 1970 Áncash, magnitud 7.8 en la escala de Richter, el cual ocasionó la muerte de casi de 70 000 personas y la desaparición total del poblado de Yungay. En 12 de Noviembre de 1996, en el sur del Perú provincias de Ica, Pisco, Nazca y Palpa en el departamento de Ica; Caravelí y Caylloma en el Departamento de Arequipa, Lucanas y Coracora en Ayacucho, Huaytará en Huancavelica. Magnitud 6.4 en la escala de Richter, se produjo otro terremoto que causó gran destrucción, dejando más de 90 000 damnificados, cerca de 5 000 viviendas destruidas y más de 10 000 viviendas afectadas. El 23 de Junio del 2001, un nuevo terremoto en el sur del Perú particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna y Arequipa ,dejó el saldo de 83 personas fallecidas, cerca de 220 000 damnificados, alrededor de 37 000 viviendas afectadas y aproximadamente 22 000 viviendas destruidas (INDECI 2001).

Sismólogos de todo el mundo han investigado formas de predecir los terremotos con el objetivo de salvar vidas. Estas investigaciones no han dado resultados satisfactorios ya que las predicciones hechas nos son confiables. Sin embargo, existe una forma de predecir los terremotos a mediano y largo plazo basada en mapas de brechas sísmicas. Estas brechas son zonas donde no se ha producido un sismo en varios años y en donde es más probable que, tarde o temprano, se libere la energía acumulada.

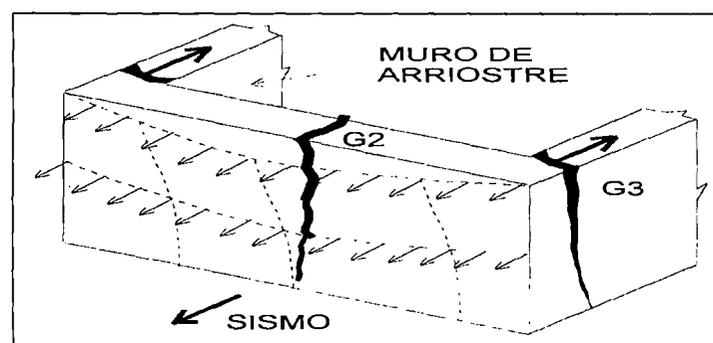


Figura N° 02. Falla por sismo

El 15 de agosto del 2007 a las 18:40 hrs. (hora local) se produjo un gran terremoto de 7.0 en la escala de Richter (ML) frente a la zona de Pisco, el cual tuvo una duración aproximada de 210 segundos y que afectó a los departamentos de Lima, Ica y Huancavelica. El epicentro del terremoto, con coordenadas 13,49° S y 76,85° W, se ubicó a 74km al oeste de la ciudad de Pisco y a 26km de profundidad (Tavera et al. 2008b).

La intensidad del terremoto, en la escala de Mercalli Modificada (MM), en ciudades como Pisco y Chincha fue de VII-VIII. Se observó el colapso de viviendas de adobe y quincha, y construcciones de albañilería y concreto sufrieron serios daños, llegando a colapsar alguna de ellas. Además, se presentó licuefacción de suelos en la zona de Tambo de Mora. En la ciudad de Ica la intensidad alcanzada fue de VII. Viviendas de adobe de esta ciudad sufrieron grandes grietas y colapsos parciales y totales. Además, la Iglesia del Señor de Luren presentó graves daños.

En la ciudad de Lima la intensidad fue VI. Hubo pánico general y las personas huyeron hacia los exteriores de edificios y viviendas. Se observó la oscilación de postes de alumbrado público. Ciudades como Arequipa, Moquegua y Piura tuvieron intensidades II-III. Según cifras del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), el Terremoto de Pisco dejó cerca de 435 000 personas damnificadas, casi 600 personas Fallecidas, más 48000 viviendas destruidas y muchos monumentos históricos Sufrieron daños incalculables. Además, aproximadamente 1200 aulas de clase sufrieron serios daños estructurales y más de 100 establecimientos de salud fueron muy afectados. A esto se sumó el bloqueo de la carretera Panamericana Sur debido a las grietas y desniveles ocasionados por el terremoto, lo que impidió que la ayuda llegue rápidamente. La Tabla 1 presenta la evaluación de daños ocasionados por el Terremoto de Pisco en cada departamento (INDECI 2008).

UBICACIÓN	Personas				Viviendas		
	Damnif.	Afectadas	Heridas	Fallecidas	Destruídas	Inhabitables	Afectadas
<b>ICA</b>	<b>363 841</b>	<b>157 369</b>	<b>1 133</b>	<b>58</b>	<b>43 388</b>	<b>35 519</b>	<b>31 966</b>
Prov. Chincha	147 520	44 916	256	11	17 511	14 349	9 343
Prov. Ica	155 660	60 501	173	8	14 032	21 170	12 787
Prov. Pisco	59 971	50 522	701	38	11 707	---	9 550
Prov. Palpa	690	1 430	---	---	13	---	28
Prov. Nazca	---	---	3	---	---	---	---
<b>LIMA</b>	<b>59 483</b>	<b>40 371</b>	<b>155</b>	<b>1</b>	<b>4 245</b>	<b>8 298</b>	<b>9 183</b>
Prov. Cañete	47 527	27 801	2	1	3 304	6 813	6 678
Prov. Huarochirí	7	2 005	---	---	9	---	39
Prov. Lima	636	17	128	---	16	---	3
Prov. Yauyos	11 075	9 985	2	---	73	1 485	1 997
Prov. Callao	175	40	5	---	3	---	8
<b>HUANCVELICA</b>	<b>10 810</b>	<b>20 870</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>47</b>	<b>1 683</b>	<b>4 174</b>
Prov. Castrovirreyña	7 060	10 320	---	---	35	1 055	2 064
Prov. Huancavelica	470	36	4	---	8	8	7
Prov. Huaytará	3 280	10 185	---	---	11	54	2 037
<b>AYACUCHO</b>	<b>460</b>	<b>2450</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>49</b>
Prov. Cangallo	330	45	---	---	6	---	9
Prov. Huamanga	100	25	---	---	2	---	5
Prov. Huanta	---	5	---	---	---	---	1
Prov. La Mar	---	5	---	---	---	---	1
Prov. Lucanas	---	1 120	---	---	---	---	22
Prov. Parinacocha	---	52	---	---	---	---	10
Prov. Paucar Sarasara	3	5	---	---	6	---	1
<b>JUNÍN</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Prov. Huancayo	2	---	---	---	4	---	---
<b>TOTAL</b>	<b>434 614</b>	<b>221 060</b>	<b>1 292</b>	<b>596</b>	<b>48 208</b>	<b>45 500</b>	<b>45 813</b>

**Tabla Nº 01.** Evaluación de daños ocasionados por el Terremoto

Fuente: INDECI - 2008

**A NIVEL INTERNACIONAL:**

Construcciones en adobe resistentes a los terremotos:

Se ensayaron nueve modelos a escala pequeña (1:5) de edificaciones de adobe en la mesa vibradora del Centro Sismológico John A. Blume de la Universidad de Stanford en Palo Alto, California, U.S.A. dos modelos a gran escala (1:2) fueron

ensayados durante la fase final del programa de investigación del PGAS en el Instituto de Ingeniería Sísmica y de Ingeniería Sismológica (IZIIS) de la universidad "SS. Cyril Methodius" de Skopje, República de Macedonia. (1).

SISTEMA EFICAZ DE REFORZAMIENTO SÍSMICO DE VIVIENDAS DE ADOBE  
resumen se trata de un sistema de refuerzo de las casas de adobe se presenta, así como la adaptación de nuevas casas, con el objetivo de evitar su colapso en los terremotos. El proyecto de investigación experimental se desarrolló entre 1994 y 1999. (2).

#### **A NIVEL NACIONAL:**

TÉCNICAS PARA EL REFORZAMIENTO SÍSMICO DE VIVIENDAS DE ADOBE.  
Universidad Católica del Perú (PUCP). Se estudiaron diversas técnicas de reforzamiento para viviendas de adobe existentes, llegándose a la conclusión que la técnica más apropiada consistía en reforzar los muros con franjas horizontales y verticales de malla electrosoldada, recubiertas con mortero de cemento.

Como primera etapa, en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la PUCP se hicieron una serie de ensayos en muros de adobe y módulos a escala de un piso, probando distintos tipos de refuerzo: tablas de madera, sogas, malla de gallinero y malla electrosoldada. Se concluyó que para viviendas existentes de un piso se podía lograr el objetivo reforzando los puntos más débiles, que son las esquinas o encuentros entre muros, así como la parte superior de los muros, clavando franjas de malla electrosoldada en forma vertical y horizontal (simulando un pórtico de columnas y vigas) en ambas caras del muro, interconectadas con alambre #8 y luego tarrajeadas con mortero de cemento: arena 1:4.

En la segunda etapa se buscaron zonas con abundancia de construcciones de adobe en seis departamentos del Perú: Tacna, Moquegua, Ica, Ancash, La Libertad y Cusco, en las que se seleccionaron veinte viviendas a las que se aplicó el sistema de reforzamiento. Esta etapa se cumplió entre setiembre de 1998 y

enero de 1999. Más adelante, el sistema se aplicó similarmente en otros países andinos: Chile, Bolivia, Ecuador y Venezuela.

El terremoto del 23 de junio del 2001 (magnitud Ms=7.9) produjo daños importantes, en especial en las construcciones tradicionales de adobe ubicadas en la zona sur del Perú. En cambio, las seis viviendas reforzadas con el sistema propuesto en este trabajo: 3 en Moquegua, 2 en Tacna y una en Arica (Chile) soportaron el terremoto y sus réplicas sin sufrir ningún daño, mientras que viviendas vecinas tuvieron fuertes daños y sus muros colapsaron, dejando desprotegidos a sus moradores

#### **A NIVEL REGIONAL.**

No se encuentran publicaciones de trabajos realizados en el ámbito

## **2.2 BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **2.2.1 CONCEPTO DE ADOBE.**

El adobe es un bloque rectangular hecha con una masa de barro (arcilla y arena) mezclada a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol; con ellos se construyen paredes y muros de variadas edificaciones. La técnica de elaborarlos y su uso están extendidos por todo el mundo, encontrándose en muchas culturas que nunca tuvieron relación. La arcilla es un material que tiene propiedades adhesivas y ligantes, y actúa como un cementante de las arenas, las que constituyen materiales inertes del suelo y que le confieren su capacidad resistente.

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10% - 20%, limo 15% - 25% y arena 55% - 70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados.

El Adobe es uno de los materiales de construcción más viejos todavía en uso. Es un material de construcción de bajo costo y de fácil accesibilidad ya que es elaborado por comunidades locales. Las estructuras de adobe son generalmente autoconstruidas, porque la técnica constructiva tradicional es simple y no requiere consumo adicional de energía

### **2.2.2 HISTORIA DEL ADOBE.**

La más antigua ciudad conocida, Çatalhöyük, en Anatolia, del VII milenio antes de Cristo, tenía las casas construidas con adobes.

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos y de uso más difundido. El uso de unidades de barro secadas al sol data desde 8000 A.C. (3). El uso de adobe es muy común en algunas de las regiones más propensas a desastres del mundo, tradicionalmente a lo largo de América Latina, África, el subcontinente de India y otras partes de Asia, el Oriente Medio y el Sur de Europa.

En el Antiguo Egipto se empleó frecuentemente el adobe, elaborado con limo del Nilo, en la construcción de casas, tumbas (mastabas), fortalezas, e incluso palacios, aunque los egipcios también fueron los primeros en emplear la piedra tallada para erigir templos, pirámides y otras edificaciones monumentales.

En Perú existe la ciudadela de Chan Chan, la ciudad de barro más grande de América, perteneciente a la Cultura Chimú, (1200-1480). Chan Chan se ubica en el valle de Moche, frente al mar, a mitad de camino entre el balneario de Huanchaco y la ciudad de Trujillo, capital del departamento de La Libertad en la costa norte del Perú. El sitio arqueológico cubre un área aproximada de veinte kilómetros cuadrados. La zona central está formada por un conjunto de diez recintos amurallados (llamados "ciudadelas") y otras pirámides solitarias. Este conjunto central, cubre un área de seis kilómetros cuadrados,

aproximadamente. El resto, está formado por una multitud de pequeñas estructuras mal conservadas, veredas, canales, murallas y cementerios.

En España, es característico, entre otras, de las regiones secas de Castilla y León donde se añade paja al barro. Las construcciones de adobe se suelen remozar con una capa del mismo barro con lo que dan ese aspecto tan curioso de las casas típicas de Tierra de Campos. También es usual en regiones semi-desérticas de África, América Central y América del Sur (rancho).

En México, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y en el sur y norte de Chile las casas de adobe son aun patrimonio de muchas familias humildes, que conservan esta tradición desde tiempos inmemoriales. Mezclar pasto seco con el barro permite una correcta aglutinación, gran resistencia a la intemperie y evita que los bloques una vez solidificados tiendan a agrietarse. Posteriormente los bloques se adhieren entre sí con barro para levantar muros.

Actualmente algunos arquitectos siguen utilizando muros de adobe en combinación con cimientos, columnas y losas de hormigón debido a sus características. En muchas ciudades y pueblos de Centro y Sur de América la construcción con adobes se mantiene viva aunque amenazada por las imposiciones del mercado formal o por la mala fama que le han hecho los sismos y el mal de Chagas. En Uruguay, el adobe es una de las técnicas tradicionales de construcción que poco a poco fue dejada de lado aunque en los últimos 20 años se han realizado experiencias tanto en Montevideo como en el interior del país.

La reactivación de una arquitectura en adobe en gran medida se debe al ahorro de energía que las edificaciones con este material suelen implicar, en efecto el adobe resulta un excelente aislante térmico motivo por el cual se reducen las demandas de energía para refrescar o caldear las viviendas. Por

otra parte, uno de los problemas típicos del adobe es su absorción de la humedad del suelo por capilaridad, para esto una solución bastante frecuente es utilizar un cimiento hidrófugo o impermeable de hasta aproximadamente un metro de altura sobre el nivel del suelo, tal cimiento suele ser de piedras o, más modernamente, de hormigón.

### 2.2.3 Características y Fabricación del Adobe.

- Se elabora con una mezcla de arcilla 10% - 20%, limo 15% - 25% y arena 55% - 70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados, y luego se deja secar al sol por lo general unos 25 a 30 días. Para evitar que se agriete al secar se añaden a la masa paja, crin de caballo, heno seco, que sirven como armadura.
  
- Puede deshacerse con la lluvia por lo que, generalmente, requiere un mantenimiento sostenido, que debe hacerse con capas de barro (revoques de barro). No es correcto hacerlo con mortero de cemento, puesto que la capa resultante es poco permeable al vapor de agua y conserva la humedad interior, por lo que se desharía el adobe desde dentro. Lo mejor para las paredes externas es la utilización de enlucido con base en la cal apagada en pasta, arcilla y arena, para la primera capa, en la segunda, solamente pasta de cal y arena. Para las internas se puede hacer una mezcla de arcilla, arena y agua.
  
- En países de mano de obra barata es muy económico; permite fabricar uno mismo los materiales para construir su propia casa. Antiguamente, en los días que los labradores no tenían faenas que hacer en el campo, fabricaban adobes, que luego vendían al que quisiera hacerse una casa. De ahí el proverbio: *mientras descansa está haciendo adobes*.

- 5
- Actualmente se fabrican de manera más certera con respecto a la composición, arcilla 10% - 20%, limo 15% - 25% y arena 55% - 70%, eso en función de la composición del suelo, cuanto más arcilloso más arena se agrega, no agregando ningún tipo de paja u otros elementos a la mezcla. Las investigaciones han mostrado que la inclusión de fibras vegetales puede servir como atracción para las termitas y además, si el secado del adobe sin fibras ocurre en la sombra, la retracción es menor.
  - Tiene una gran inercia térmica, por lo que sirve de regulador de la temperatura interna; en verano conserva el frescor, y durante el invierno el calor. Frente al tapial, que es semejante pero fabricado con encofrados, tiene la ventaja de que requiere mucho menos tiempo de preparación.

#### 2.2.4 Gaveras.- moldes para fabricar adobes.

El molde, para fabricar adobe, fue creado en Sumeria, 4000 años a.C.



Figura N° 03. Gaveras sin fondo

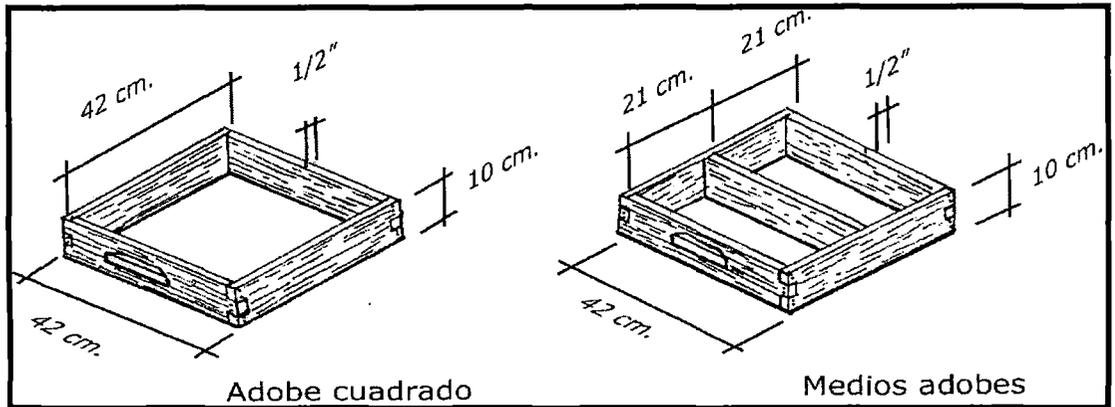


Figura N° 04. Molde o gavera para adobe

#### DIMENSIONAMIENTO DEL ADOBE:

En razón de que las dimensiones de los adobes son variadas, sólo es conveniente establecer sobre estas algunas recomendaciones de carácter general:

- La longitud no debe ser mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta de pega.
- Tanto la longitud como el ancho tendrán una dimensión máxima de 40 cm.
- La altura no debe ser menor de 8 cm.
- La relación entre la longitud y la altura debe ser aproximadamente de 4 a 1 para permitir un traslape horizontal en proporción 2 a 1 lo cual brinda seguridad ante el efecto de corte producido por los sismos.
- Por facilidades constructivas y de comportamiento mecánico se recomienda la forma cuadrada del adobe y las dimensiones más adecuadas para su fabricación son: 40 cm. x 40 cm. x 10 cm, más el mortero de 2 cm.

#### 2.2.5 CONSTRUCCIÓN CON ADOBES.

La construcción con adobes presenta la ventaja de su similitud formal, constructiva y estética con el ladrillo de campo cocido. En caso de disponer de mucha mano de obra, especializada o no, esta técnica es muy adecuada en función de los procesos de fabricación que permiten la integración de gran

cantidad de personas durante el pisado y moldeado aunque se debe tener en cuenta aquí es el control durante la producción para minimizar la variación de las dimensiones y la forma irregular de las piezas. Los muros de adobes presentan muy buenas condiciones de aislamiento acústico y térmico debido a las características del material y los espesores utilizados.

Las desventajas de esta técnica están en función del propio proceso de fabricación que puede resultar lento ya que se requieren dos o tres semanas para poder utilizar las piezas en caso de que la producción se haga en obra. El proceso también depende de las áreas de pisado, secado y acopio, que comandarán la continuidad de producción mientras se espera por el secado de las piezas anteriores. Por lo tanto, esta técnica requiere cierta previsión de infraestructura para contar con superficies horizontales y limpias, y zonas protegidas para evitar que el agua de lluvia afecte a la producción.

Las fallas comunes en las construcciones con adobes pueden ser reducidas mediante los controles de la tierra y los estabilizantes utilizados, el dimensionado adecuado de las piezas y los muros, el dimensionado adecuado de la estructura, tanto de la cimentación como del muro portante, o las vigas y pilares y la protección frente a la lluvia y a la humedad natural del terreno. Tanto las ventajas o desventajas se deben tener en cuenta como datos de la realidad pero las condicionantes propias de la obra serán las que determinen la viabilidad o no de los procesos.

## **2.2.6 COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE**

Además de ser una tecnología constructiva simple y de bajo costo, la construcción de adobe tiene otras ventajas, tales como excelentes propiedades térmicas y acústicas. Sin embargo, las estructuras de adobe son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales tales como terremotos, lluvias e inundaciones. La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o

llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vida humana y daño material. La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Durante terremotos severos, debido a su gran peso, estas estructuras desarrollan niveles elevados de fuerza sísmica, que son incapaces de resistir y por ello fallan violentamente. Daño material y pérdidas humanas considerables han ocurrido en áreas donde este material se ha usado.

Los modos típicos de falla durante terremotos son severo agrietamiento y desintegración de muros, separación de muros en las esquinas y separación de los techos de los muros, lo que en la mayoría de casos, lleva al colapso. Algunas deficiencias características de construcciones de adobe se resumen a continuación.

### **2.2.7 COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE**

El adobe es un material poco adecuado para la construcción en áreas sísmicas pues es masivo, débil y frágil. Debido a su gran masa, los muros de adobe atraen durante un sismo grandes fuerzas de inercia, que no son capaces de absorber pues la resistencia de los muros de adobe es muy baja. En este sentido las fallas de las estructuras de adobe no reforzadas, debidas a sismos, son frágiles, los tipos principales de falla que a menudo se presentan combinados son los siguientes:

- ✓ Falla por tracción en los encuentros de muros, que se debe generalmente a esfuerzos de tracción directa que se produce en uno de los muros, al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro.
- ✓ Falla por flexión este tipo de falla se debe a los esfuerzos de tracción por flexión al actuar el muro como una losa apoyada en su base y en los elementos verticales que lo arriostan.

- ✓ Falla por corte, se produce cuando el muro trabaja como un muro de corte, se debe a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales.
- ✓ Si se controla la falla de las esquinas, entonces el muro podrá soportar fuerzas horizontales en su plano las que puede producir el segundo tipo de falla que es la fuerza cortante. En este caso aparecen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal.

### **2.2.8 RESISTENCIA DEL ADOBE**

La resistencia a la tracción de los muros de adobe es mínima, mientras según la Norma Peruana de Adobe su resistencia a la compresión y al corte es de apenas  $2\text{Kg/cm}^2$  y  $0.25\text{Kg/cm}^2$  respectivamente.

### **2.2.9 REQUISITOS QUE DEBE DE CUMPLIR UNA CONSTRUCCIÓN DE ADOBE.:**

- a) Suficiente longitud de muros en cada dirección, de ser posible todos portantes.
- b) Tener una planta que tienda a ser simétrica, preferentemente cuadrada.
- c) Los vanos deben ser pequeños y de preferencia centrados.
- d) Dependiendo de la esbeltez de los muros, se definirá un sistema de refuerzo que asegure el amarre de las esquinas y encuentros.

### **2.2.10 COMPORTAMIENTO DEL ADOBE FRENTE A CARGAS VERTICALES.**

Normalmente la resistencia de la albañilería a cargas no presenta problemas para soportar cargas de uno o dos pisos. Se debe mencionar sin embargo que los elementos que conforman los entresijos o techos de estas edificaciones, deben estar adecuadamente fijados al muro mediante la viga collar o solera.

### **2.2.11 PROTECCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE**

La humedad y la erosión producidas en los muros, son principalmente

causantes del deterioro de las construcciones de tierra, siendo necesaria su protección a través de:

- Recubrimientos resistentes a la humedad
- Cimientos y sobre cimientos que eviten el contacto del muro con el suelo
- Veredas perimetrales
- Aleros suficientes y apropiados
- Sistemas de drenaje adecuados

#### **2.2.12 PRINCIPALES CAUSAS DE LAS FALLAS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE.**

Las causas principales por las cuales se producen las fallas constructivas en las edificaciones de adobe son los siguientes:

- Construcciones de edificaciones de adobes en terrenos blandos.
- Construcciones de más de un piso que no son aptas para soportar sismos.
- Mala calidad del adobe en lo que se refiere a la materia prima utilizada y a la técnica de producción.
- Dimensiones inadecuados del adobe, especialmente en su altura, que en la mayoría de los casos es demasiado grande
- Traba horizontal insuficiente entre los adobes, principalmente cuando ellos están colocados de cabeza, motivada siempre por el mal dimensionamiento de los adobes.
- Trabas inadecuadas y deficientes en los encuentros de los muros que producen juntas verticales continuas de tres y más hiladas.
- Deficiente mano de obra en la colocación de adobes.
- Dimensionamiento incorrecto de los muros; poco espesor y excesivo largo y alto.
- Vanos de puertas y ventanas muy anchos y poco empotramiento de los dinteles.

- Muchos vanos y pocos llenos en la distribución de un paño de un muro.
- Techos muy pesados y soluciones constructivas deficientes en su empalme con los muros de adobe.
- Poca o ninguna protección de los muros contra su debilitamiento por el fenómeno de erosión.
- Uso exagerado de muros de sogas.
- Deficiente confinamiento y/o arriostre de los muros.
- Falta de rigidez horizontal de los techos.
- Inadecuada longitud de aleros de los techos para proteger los muros de las lluvias.

### 2.2.13 RECOMENDACIONES PARA LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE

Las recomendaciones básicas son las siguientes:

- Encuentro de muros deben ser a escuadra, evitar ochavos.
- De preferencia se debe utilizar adobes cuadrados porque conducen a una solución simple de amarre de encuentros de muros; y permite la incorporación de mochetas, que es una solución para conseguir una mayor longitud de anclaje del refuerzo horizontal; y de contrafuertes, que es una solución para arriostros de muros largos.
- La longitud mínima de la mocheta será igual al espesor del muro.

### 2.2.14 SISTEMA ESTRUCTURAL DE ADOBE

El sistema estructural de las construcciones de adobe estará compuesto de las siguientes partes.

- **Cimentación y sobrecimentación**, hecha a base de piedras de cantos rodados de granito, riolita, basalto y otros que se extraen en forma de bloques de canteras como la brecha volcánica o toba, de diferentes medidas tanto para cimientos y sobrecimiento.

- **Muros**, prácticamente al sistema lo define estos elementos como la mampostería de adobe (muros portantes) de anchos que oscilan de 0.60 á 1.00 m, actualmente sólo de 0.40 m.
- **Elementos de arriostre horizontal**, existe de madera a madera de escuadras ubicados en los encuentros y esquinas, los tensores en su mayoría de madera escuadrada especialmente preparada para tensar los muros en forma transversal, rara vez utilizaban tensores metálicos.
- **Elementos de arriostre vertical**, casi nunca se ha observado en las construcciones antiguas, hoy se emplean para reforzar verticalmente los materiales como carrizo, bambú partido, acero y otros, y se denomina muros estabilizados.
- **Entrepiso y techo**, de las casas de dos pisos el entrepiso generalmente es de madera rolliza de eucalipto, aliso o madera canteada con azuela, sobre ésta se ejecuta el encañado o entablado, encima se coloca una capa de barro para piso entramado de ladrillo pastelero o en otro caso entablillado; el techo y la estructura del armazón en su mayoría presentan tijerales y sistema de Par y Nudillo, en ambos casos el material empleado es la madera rolliza de eucalipto, aliso y maguey, fijados con soguilla o pita.
- **Refuerzos especiales.**  
De acuerdo a la esbeltez de los muros que se indican en la tabla 4, se requieren refuerzos especiales. Estos tienen como objetivo mejorar la conexión en los encuentros de muros o aumentar la ductilidad de los muros. Dentro de los esfuerzos especiales más usados se tienen caña, madera o similares, malla de alambre y columnas de concreto armado. Se detallaran especialmente los anclajes y empalmes de los refuerzos para garantizar su comportamiento eficaz.

Esbeltez	Arriostres y Refuerzos Obligatorios	Espesor mín. Muro (m)	Altura mín. Muro (m)
$\lambda \leq 6$	Solera	0,4 – 0,5	2,4 – 3,0
$6 \leq \lambda \leq 8$	Solera + elementos de refuerzos horizontal y vertical en los encuentros de muros	0,3 – 0,5	2,4 – 4,0
$8 \leq \lambda \leq 9$	Solera + elementos de refuerzos horizontal y vertical en toda la longitud de los muros	0,3 – 0,5	2,7 – 4,5

En casos especiales  $\lambda$  podrá ser mayor de 9 pero menor de 12, siempre y cuando se respalde con un estudio técnico que considere refuerzos que garanticen la estabilidad de la estructura.

**Tabla N° 02.** Refuerzos especiales (esbeltez de los muros)

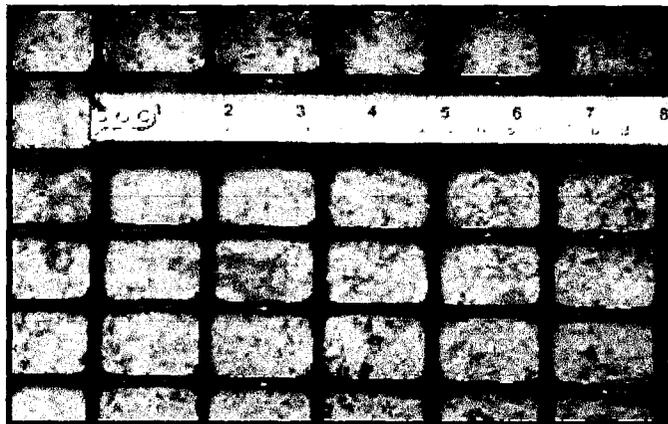
Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.080 - Adobe

## 2.2.16 MATERIALES USADOS

Los materiales usados en la edificación de las viviendas con adobe reforzado son los siguientes:

### a.- LA GEOMALLA

Es parte de la familia de los geosintéticos y es de uso común en proyectos de ingeniería geotécnica, minera y vial principalmente. Estas geomallas de Polipropileno y polietileno tienen alta resistencia a la tracción y a los rayos ultravioletas UV-A y UV-B, lo que garantiza su función a largo plazo.



**Figura N° 05.** Geomalla biaxial de polipropileno

Fuente: Internet

La geomalla deberá reunir las siguientes características:

- Conformación de retícula rectangular o cuadrada con abertura máxima de 50mm. y uniones integrales.
- Capacidad mínima de tracción de 3.5 kN/ml en ambas direcciones, elongación de 2%.
- Módulo de elasticidad de 200 kN/max.
- Flexibilidad y resistencia a rayos ultravioletas compatible con el uso de refuerzo embutido para estructuras de tierra.
- Las Geomallas se fabrican en rollos de 50 metros de longitud por 3 metros de ancho, y posee características de resistencia diferentes en sus dos direcciones principales.

#### **b.- TECHOS**

Los techos de construcciones antiguas están hechos a base de maguey, carrizo, teja de arcilla, amarrados con la soguilla hecha de cabuya, distribuye su carga con la mayor cantidad posible a los muros y fijados convenientemente a cada uno de sus partes a la viga solera.

En las construcciones de adobe es muy importante tener en cuenta las pendientes de los techos y la longitud de los aleros de acuerdo a las circunstancias climáticas de cada zona. Son generalmente de dos tipos.

- Sistema de tijerales (equidistantes de 1.0 á 1,50 m.)
- Sistema de Par y Nudillo, conocido como cubierta de pares y nudillos.
- El par y el nudillo es una estructura formada por dos piezas inclinadas (entrelazadas) enlazadas en su extremo superior a madera para configurar las pendientes y un elemento horizontal que las sujeta por debajo de la unión, el que funciona como tensor para evitar el deslizamiento.

### **c.- PIEDRA**

Es el material más común para la mampostería de las edificaciones históricas y viviendas, el cual constituye un elemento estructural para las construcciones monolíticas, el tipo de piedra más preferida para la construcción de edificios, es aquella que presenta dos cualidades antagónicas, la durabilidad y la trabajabilidad lo que incluye resistencia y la densidad del material: entre ellas tenemos en rocas ígneas que se encuentran como canto rodado en el cauce del río Alameda tales como el granito, basalto, riolita, brecha volcánica (Checco) y tufo dacítico (sillar), estos dos últimos se encuentran en las canteras (bloques), la mayoría de estos se utiliza en cimientos, sobre cimientos y los últimos en muros, rocas sedimentarias tenemos la caliza, arenisca y conglomerado, se emplea en cimentación y muros, y de las rocas metamórficas tenemos el mármol y la cuarcita el primero se utiliza en revestimientos y el segundo en cimentación, los tamaños que se usan varían desde 4" - 6" hasta bloques de 12" - 15" de diámetro.

### **d.- ADOBE**

Bloque de dimensión variada hecha de tierra cruda principalmente sirve para construir el muro o mampostería de adobe.

### **e.- MADERA**

La madera es el material más usado desde tiempos antiguos, debido a su disponibilidad, bajo peso y resistencia a esfuerzos de tensión; especialmente como unidad estructural para techos, dinteles, entrepisos y pisos. De la misma forma se ha aprovechado para pilares (columnas), igualmente como un elemento rigidizante o refuerzo de los muros tanto vertical y horizontal. Y las variedades más comunes empleadas son madera aliso, proveniente del árbol conocido con el nombre de "Lambras" para dinteles, entrepisos, techos y pilares, es fácilmente atacable por xilófago, madera de eucalipto se introdujo al Perú en el año 1860 como

48

madera de mediana resistencia y se usa en techos y entrepisos. El maguey, es otra variedad de madera con baja densidad y resistente a la humedad y ataque de los xilófagos la corteza dura lo protege de las patologías, se emplea en los tijerales y viguetas.

**f.- CARRIZO**

Este material se utiliza para el chacleo del cielo raso y base de la cobertura para contener la teja y la torta de barro.

**g.- CAL**

La cal se utilizaba como mortero con arena se emplea en cimientos, asentados de piedras, traveses de arcos y bóvedas.

**h.- BARRO**

Es la tierra cruda (suelo) humedecido se usa como mortero en mampostería; su principal debilidad es la degradación por la intemperie y el agrietamiento a causa de la contracción por secado, este efecto se reduce con la adición de paja o ichu.

**i.- TEJA**

Es un material resultante de arcilla cocida con canales, tiene la forma de semitubo con un extremo angosto y en el otro ancho, su medida es variable de acuerdo a las zonas, se emplea en la cubierta de las viviendas.

**2.2.17 PROCEDIMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA CON ADOBE REFORZADO CON GEOMALLA.**

Para la construcción de la vivienda se necesitó fabricar primero adobes. Las gaveras o moldes de dimensiones internas de 0,40x0,40x0,10m y 0,20x0,40x0,10m y no tuvieron fondo. La tierra utilizada para la fabricación de

los adobes fue previamente zarandeada por la malla de 1" para eliminar piedras y raíces de plantas. Luego, fue humedecida durante un día con la finalidad de activar las partículas de arcilla, componente que aporta la cohesión.

Este proceso es conocido como "dormido" del barro. Al finalizar este proceso, el barro fue mezclado con arena y paja (césped seco) en proporción 5:1:1 en volumen y utilizando una mezcladora de eje vertical. La longitud de la paja o césped seco fue de 50mm como máximo. La Figura 06 muestra el proceso de preparación del barro para la fabricación de adobes.



Figura Nº 06. Preparación del barro para fabricar adobes

La fabricación de adobes se lleva a cabo en un tendal (figura 07) lugar con un techo de esteras apoyadas sobre vigas y postes de eucalipto y con paredes de albañilería. Esto ofreció una gran protección a las unidades de adobe contra el sol y el viento, y evitó que se rajen. Además, el suelo era plano, sin piedras, sin césped y sin sales, condición indispensable para el secado adecuado de los adobes.



**Figura N° 07.** Tendal del Laboratorio de Estructuras antisísmicas

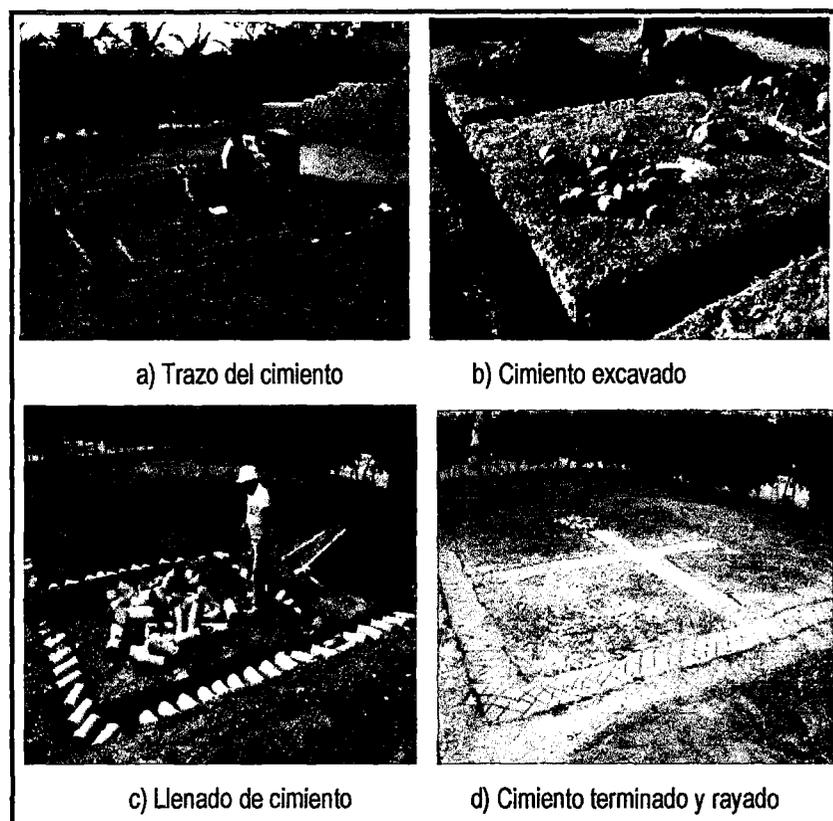
Para la fabricación de las unidades de adobe se realizó lo siguiente: se humedeció el molde o gavera, se espolvoreó con arena fina y se colocó sobre el tendal.

Luego, se relleno lanzando bolas de barro con fuerza al interior de la gavera. Posteriormente, se niveló la superficie superior del adobe con una regla de madera mojada. Finalmente, se levantó el molde suavemente. El tiempo de secado de los adobes fue de dos a tres semanas. Al cabo de la primera semana, los adobes se colocaron de canto para que el secado sea uniforme. Una vez secos, se limpiaron y apilaron. La Figura 08 muestra el proceso de fabricación de las unidades de adobe.



**Figura Nº 08.** Fabricación de las unidades de adobe

Para iniciar la construcción se buscó un terreno firme y nivelado. Luego, se realiza el trazo de los cimientos utilizando cordeles, estacas y tiza. Posteriormente, se procedió a excavar las zanjas utilizando picos y palas, hasta alcanzar una profundidad de 0,60m y un ancho de 0,40m. Seguidamente, se relleno la zanja con una mezcla de concreto simple. La proporción de cemento: hormigón utilizada fue de 1:12 en volumen, y se le añadió agua hasta conseguir una mezcla trabajable. El llenado de la zanja incluyó la colocación de piedras grandes en un 50% del volumen total. Para la construcción del Módulo de Capacitación se utilizaron probetas de concreto ensayadas en reemplazo de piedras grandes. Una vez alcanzado el nivel del terreno, se realizó un "rayado" del cimiento con la finalidad de crear una superficie rugosa que permita una mejor adherencia entre el concreto del cimiento.



**Figura N° 09.** Construcción del cimiento del Módulo de Capacitación

Una vez contruidos los cimientos, y antes de empezar la construcción del sobre cimiento, se cortó el rollo de geomalla (de 3,00m de ancho) de manera de obtener una tira de 0,90m de ancho y del largo del sobre cimiento. Realizado esto, se procedió a armar el encofrado del sobre cimiento. Las dimensiones fueron: 0,30m de alto y 0,40m de ancho. El llenado se realizó en tres capas de 0,10m cada una. En cada capa se agregó 25% de piedra mediana. Cuando se culminó el llenado de la segunda capa, se colocó la tira de geomalla cortada previamente, en forma de "U", en todo el largo del sobre cimiento.

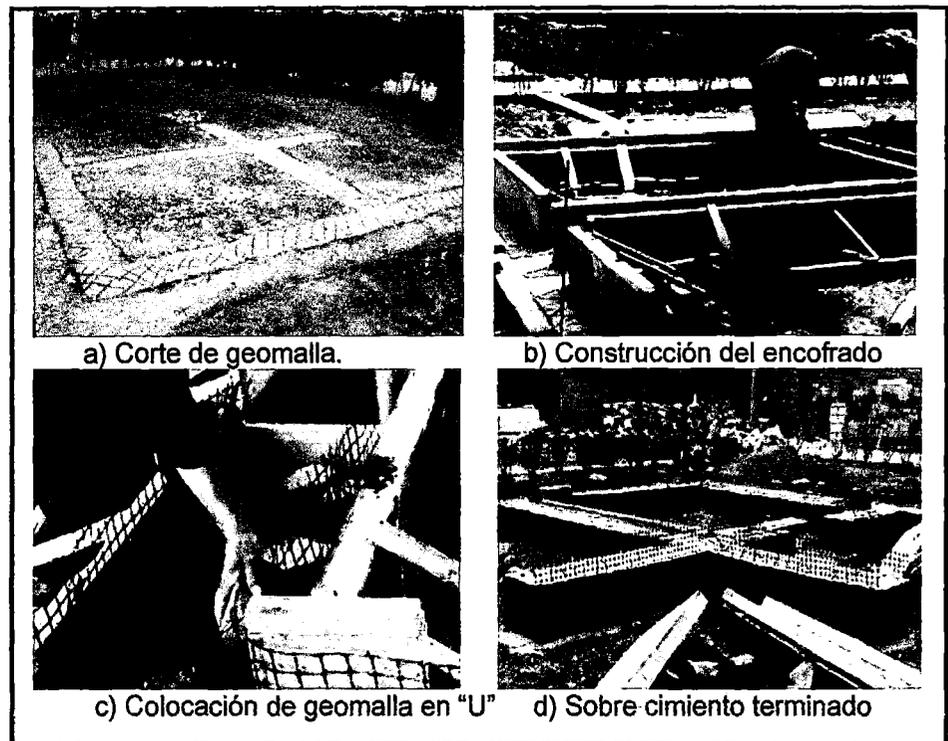
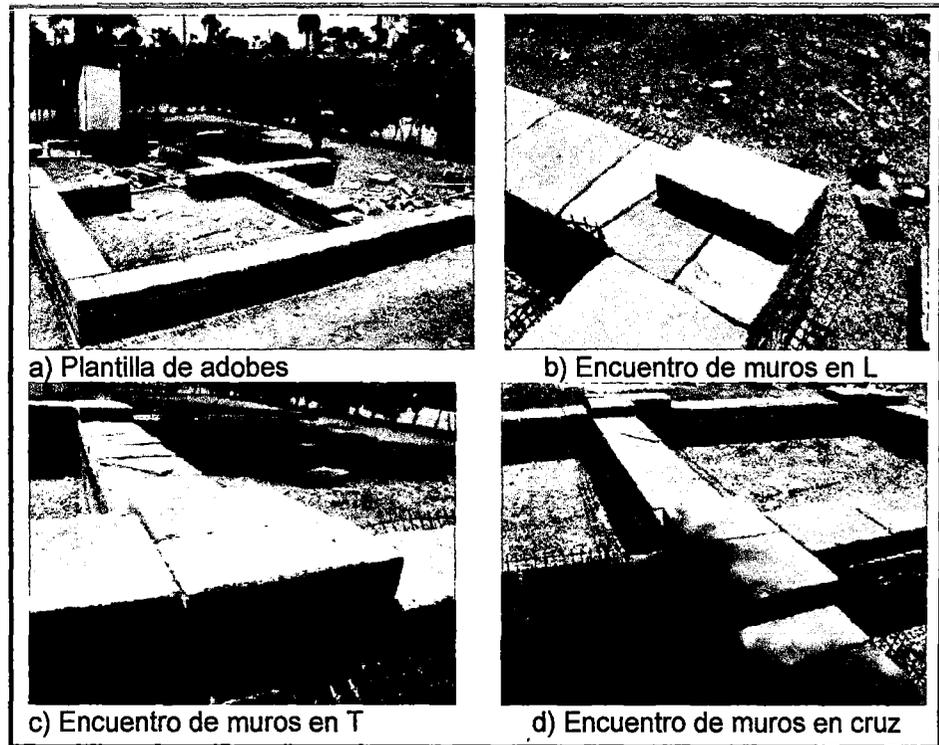


Figura N° 10. Construcción del sobre cimiento

Se cuidó de que la tira de geomalla sobresaliera aproximadamente 0,20m a cada lado. Luego, se colocó piedras sobre ella y se terminó de llenar la tercera capa. Finalmente, se realizó un rayado a la superficie del sobre cimiento. Es recomendable colocar una capa de asfalto en la superficie del sobre cimiento para crear una lámina impermeable y cuidar a los muros de adobe de la humedad que pueda subir por capilaridad a través del sobre cimiento. Estas recomendaciones son más importantes en zonas lluviosas como la sierra peruana. Se decidió que para el Módulo de Capacitación se obviaré esta recomendación debido a las pocas lluvias que existen en Lima. La Figura 10 muestra el proceso de construcción del sobre cimiento del módulo.

El siguiente paso antes de empezar la construcción de los muros fue realizar una plantilla con la disposición de los adobes en cada hilada. Se cuidó que los traslapes se realizaran hasta la mitad de la unidad y se completarán con medios adobes. Además, se cuidó también de que los adobes sean colocados con un

espesor de junta vertical de 10mm, tal como se indica en las cartillas de difusión. La Figura 11 muestra la plantilla de adobes y el traslape de las unidades en los encuentros de muros.



**Figura N° 11.** Plantilla de adobes y encuentro entre muros

Para la construcción de los muros se procedió a seleccionar los adobes que no tuvieran rajaduras ni deformaciones significativas. Luego, se fabricó el mortero de asentado realizando una mezcla de tierra, arena y césped seco en proporción 3:1:1 en volumen, y se añadió agua. Posteriormente se colocaron las unidades de adobe, previamente humedecidas, sobre una capa de mortero de 10mm de espesor (junta horizontal), cuidando en dejar también 10mm de espesor de junta vertical. Seguidamente, se llenaron completamente las juntas verticales. Se tuvo especial cuidado en verificar la verticalidad y el espesor de juntas horizontales de los muros. Para esto, se utilizaron herramientas como la plomada y el escantillón (regla graduada con la altura de cada hilada).

Durante el asentado y cada 0,30m como máximo en dirección horizontal y vertical, se dejaron 4 cintas plásticas (rañas) de 0,70m de largo que cruzaban al muro de adobe y sobresalían 0,15m a cada lado.

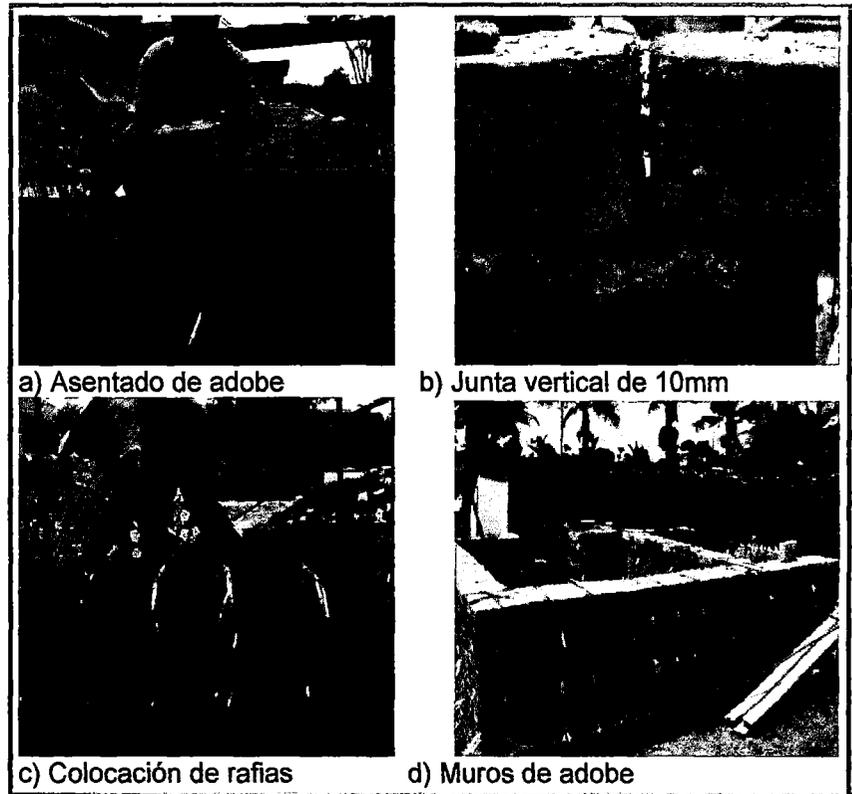


Figura N° 12. Construcción de los muros de adobe

Estas rafiás fueron utilizadas posteriormente para la fijación de la geomalla al muro. La altura total de los muros fue de 1,80m. La Figura 12 muestra el proceso de construcción de los muros de adobe.

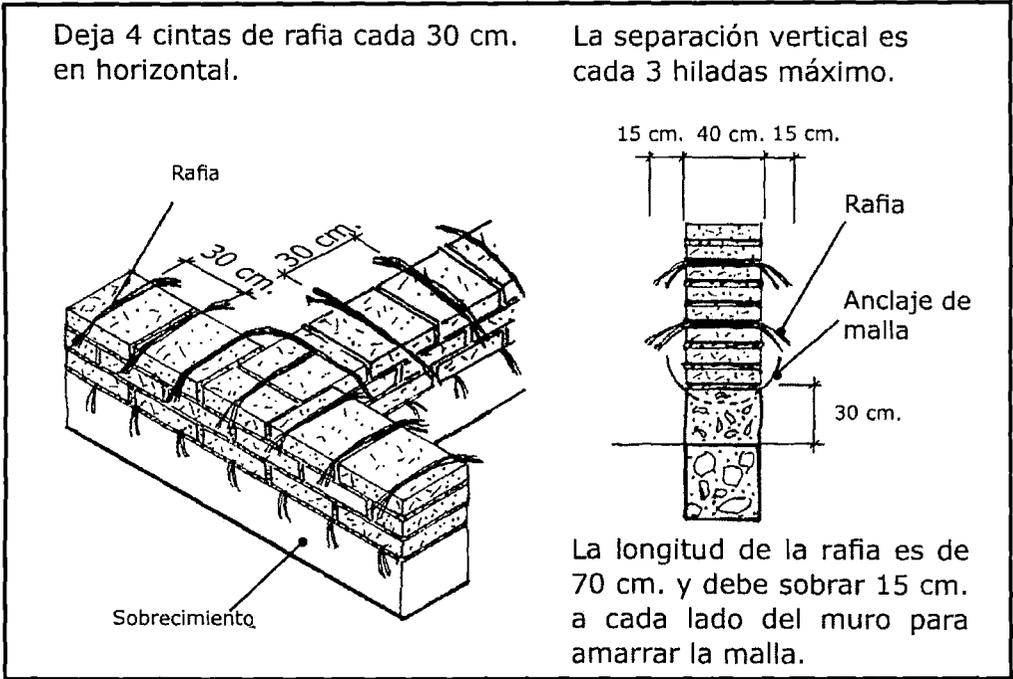


Figura N° 13. Colocación de y anclaje de geomalla

Terminada la construcción de los muros, se construyó la viga collar de madera. Esta viga collar estuvo compuesta por largueros y travesaños de 3" x 3" que simulaban una escalera. La función principal de este elemento es evitar el volteo de los muros de adobe durante un sismo, siempre y cuando se encuentre solidariamente unida a estos. Paralelamente, se colocó la geomalla en los muros. Esta tarea se realizó entre dos o tres personas. Una de las personas sujetaba el rollo de geomalla de 2,10m de ancho mientras que los demás fijaban y amarraban la geomalla al muro con las cintas plásticas (rafias) dejadas durante el asentado. Así, se envolvió la totalidad de los muros de adobe, incluyendo los vanos de puertas y ventanas. Los traslapes de geomalla realizados tuvieron una longitud mínima de 0,15m y fueron amarrados con rafia. Posteriormente, se cortó el excedente de rafia para dejar la superficie del muro lista para el tarrajeo. Una vez colocada la viga collar en la parte superior de los muros, se traslaparon las geomallas provenientes de la cara exterior e interior de los muros sobre la viga collar y se fijaron a esta con clavos. La Figura 14 muestra la colocación de la viga collar y de la geomalla en los muros de adobe.

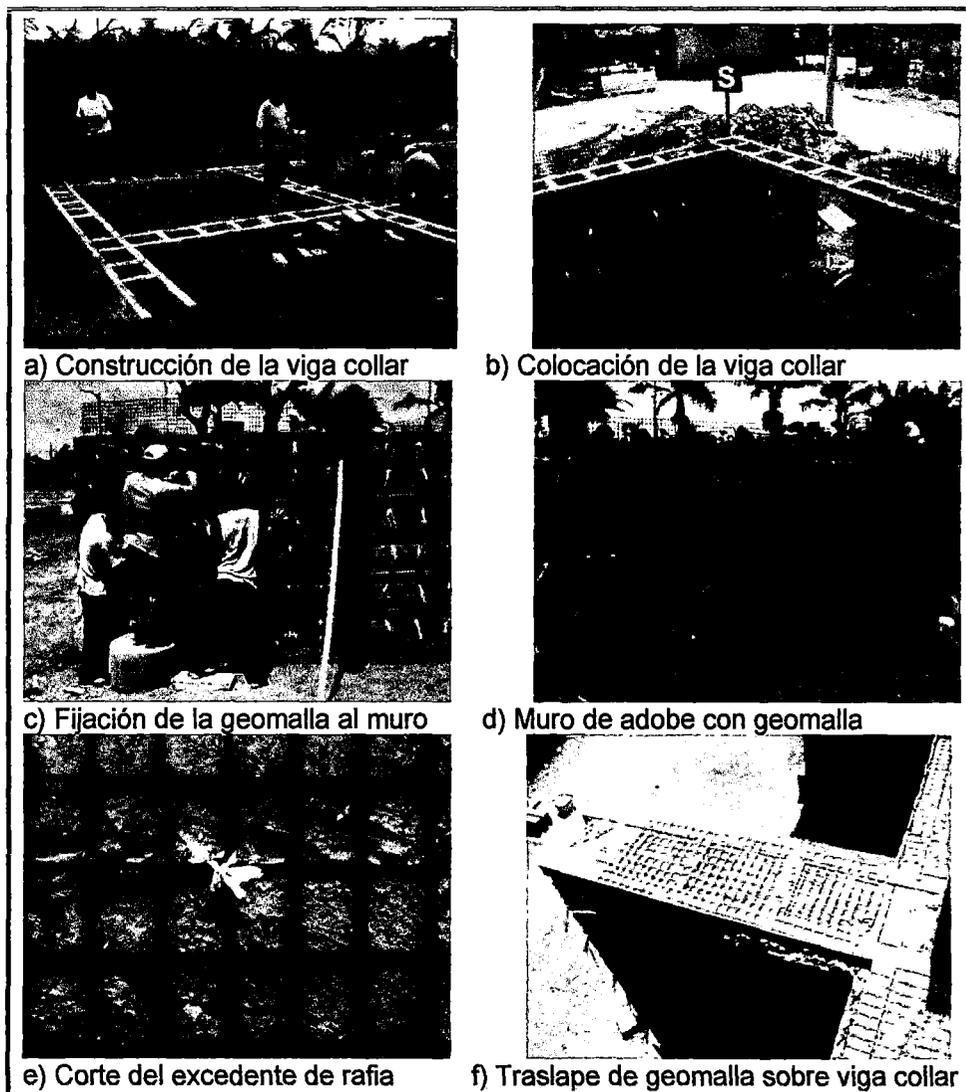


Figura Nº 14. Colocación de viga collar y geomalla

Es necesario proteger a la geomalla contra la degradación por rayos ultravioleta ya que sus propiedades de resistencia pueden alterarse considerablemente. El tarrajeo o enlucido de barro no solo brinda esta protección, sino también provee de un mejor acabado en la superficie de los muros de adobe. Además, este enlucido brinda resistencia y rigidez adicional a los muros durante un sismo.

La proporción utilizada de suelo, arena y césped seco para el enlucido fue de 3:1:2 en volumen. El aumento en la cantidad de césped seco contribuyó a disminuir la aparición de fisuras en el tarrajeo debidas a la contracción por

7

secado. Antes de colocar el enlucido de barro, se limpió el polvo de la superficie de los muros y se les humedeció.

Luego, se colocaron bolas de barro y se presionaron con fuerza contra el muro. Este proceso se conoce como "emporrado" y es el más adecuado para realizar el enlucido de muros de adobe reforzados con geomalla. La primera capa de barro colocada tuvo un espesor de 20mm. Se dejó una superficie rugosa que permitiera una mejor adherencia de la segunda capa y se dejó secar por un día. Posteriormente, se aplicó la segunda capa de barro de 10mm de espesor, la cual selló las fisuras de la capa anterior. Luego de que secó completamente la segunda capa de tarrajeo, aparecieron pequeñas fisuras producto de la contracción del barro al secarse. Para resanar estas fisuras se preparó una mezcla de arena fina y suelo en la misma proporción en volumen y se añadió agua hasta darle una consistencia de pintura.

Luego, se pasó una brocha con la mezcla de forma perpendicular a la fisura, sellándola completamente.

Dado que la geomalla envuelve totalmente a los muros luego de fijarlas, se tuvo que realizar los cortes necesarios en los vanos de puertas y ventanas. Luego, se fijó la geomalla a los bordes de los vanos con clavos y grapas. La Figura muestra los cortes de geomalla en los vanos.

Terminado de la construcción de la vivienda con adobe reforzado resultara como se muestra en la figura 15 y 16.

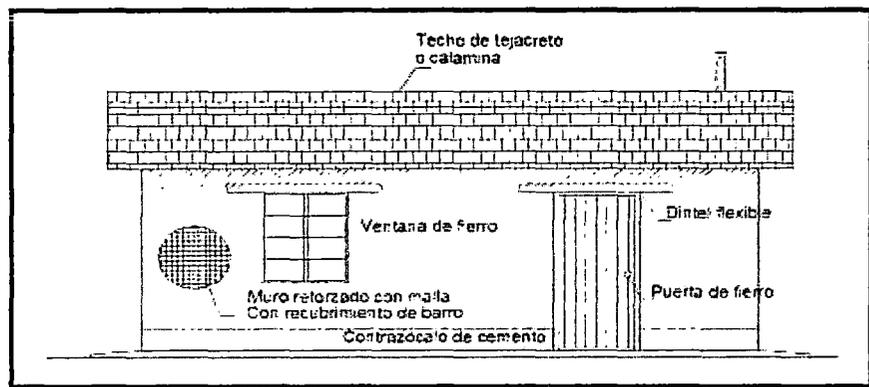


Figura Nº 15. Elevación Frontal de una construcción de adobe terminada

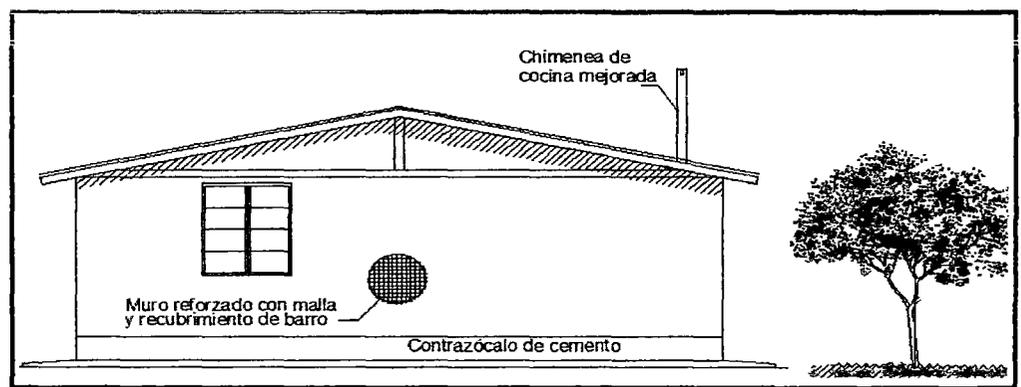


Figura Nº 16. Elevación Lateral de una construcción de adobe terminada

**2.2.18 DEFINICIONES DE TÉRMINOS.**

**DESASTRES**

Se denomina a las desgracias grandes, sucesos lamentables e irreparables. Desastres naturales, son pérdidas debidos a circunstancias naturales que ponen en peligro el bienestar del ser humano y el medio ambiente. Se suele considerar como tales a aquellos que son debidos a fenómenos climáticos o geológicos, lo que excluye los riesgos sanitarios que representan los agentes patógenos. Los desastres naturales forman parte de los riesgos de vivir en lugares inseguras y de alto riesgo sísmico, como el Anillo de Fuego, el círculo sísmico de la cuenca del Pacífico, está sujeto a numerosos terremotos. La ciudad de Ayacucho está considerada en el mapa de Sismicidad del Perú en la **Zona 2 de Sismicidad Media o Moderada.**

### ➤ PELIGROS O AMENAZAS

Es el grado de exposición de un lugar o emplazamiento a los fenómenos naturales dentro de un periodo determinado. En general, es poco y muy costoso lo que el hombre puede hacer para reducir el peligro. La ciudad de Ayacucho tiene zonas de peligro por sismos y fenómenos naturales, los cuales deben ser delimitados y declarados como zonas de amenaza latente, y estos son los siguientes:

**Zona de Peligro 1**, al oeste de la ciudad la zona de Pisco Tambo, Los Pinos, Señor de Picota, Pueblo Libre, etc. en este lugar hay concentración de viviendas de adobe inclusive de dos pisos, en pendientes fuertes muchas de ellas autoconstruidas sin dirección técnica, donde no se previó el drenaje natural de aguas pluviales.

**Zona de Peligro 2**, La franja adyacente al riachuelo que ha sido estrechado y en partes canalizado sin tener en cuenta los mayores caudales del tiempo de retorno estos son el riachuelo que baja desde el Cerro La Picota recorre Asentamiento Humano Basilio Auqui. Nery García Zarate. Las Maravillas, El Arco. Puente Vinatea. Puente Manco Cápac. Puente Av. Mariscal Cáceres. Tarahuaycco. Pericohuaycco y desemboca al río Alameda a la altura del Puente de Vía de Evitamiento (Totorilla).

**Zona de Peligro 3**, comprende la franja del río seco que desciende desde las alturas de Huascaura. Nisperoqniyocc. Verde Cruz. Sotoqchaca. Puente San Blas. Puente Santa Teresa. Puente Arroyo desembocando en Accopampa como afluente del río Alameda, desde allí existe una canalización cerrada hasta el Puente San Sebastián (Glorieta), existiendo en toda esta área un peligro potencial, porque en épocas lluviosas la población aledaña echa toneladas de basural utilizando la corriente del arroyo como vía de transporte de desechos los que algún momento atascará en las entradas a la canalización cerrada.

**Zona de Peligro 4**, abarca el sector de Los Olivos. Las Tinajeras. Wari Sur. primordialmente los sectores aledaños a la cuenca del riachuelo Chaquihuaycco que tiene como origen el flanco Este del Cerro Campanayoc. y su afluente que baja desde Quicapata recorriendo por Ñahuinpuquio. Wari Sur. Los Olivos, parte baja de León Pampa, Puente Apurmac. Yanama, San Sebastián desembocando al río Alameda a la altura del Puente de Vía de Evilamiento; en su trayecto los propietarios de predios colindantes han posicionado a 2 m. del eje del riachuelo, en otros casos han construido cercos, viviendas, losa deportiva y otras edificaciones, lo cual es una amenaza latente.

#### **VULNERABILIDAD**

Se refiere al grado de daños que puede sufrir las edificaciones que realiza el hombre y depende de las características de su diseño, la calidad de los materiales y de la técnica de la construcción. En este sentido de acuerdo a las evaluaciones realizadas a las viviendas de la ciudad de Ayacucho primordialmente de los asentamientos urbano marginales donde el mayor porcentaje de viviendas es a base de mampostería de piedra y adobe los que resultan vulnerables, de la misma forma en el Centro de la ciudad de Ayacucho, las casonas antiguas y otros monumentos tanto civiles y religiosos declarados patrimonio cultural corren riesgo de ser afectados por movimientos sísmicos.

#### **RIESGO**

Es el resultado de la exposición de la construcción hecha por el hombre, con el grado de vulnerabilidad que le es inherente, frente al peligro al que se verá sometida.

3

Esto es considerado por las compañías de seguros para fijar las primas respectivas, y las compañías reaseguradoras para decidir si aceptan o no el reaseguro y a que costo.

## **DAÑOS**

Es toda la alteración negativa padecida por una edificación o parte de ella; lo cual se debe a una concatenación imparable de fenómenos indeseados e imprevistos, iniciados por una causa que al final provoca un fallo técnico.

Las causas del daño pueden ser de tres tipos:

- Causas Innatas, suscitadas previas a la puesta en uso del edificio.
- Causas Provocadas, simultáneamente al uso normal del edificio, provocado por contrastes de conservación; por imprevistos factores humanos o cuadros catastróficos.
- Causas Indefectibles, de aparición de en etapas avanzadas de uso del edificio

## **2.3 HIPÓTESIS.**

- Hi: Influye estructuralmente el empleo de la geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el Pueblo Joven Yanama - Ayacucho.
- Ho: No Influye estructuralmente el empleo de la geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el Pueblo Joven Yanama - Ayacucho.

## **2.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.**

### **2.4.1 Variable Independiente.**

Construcción de viviendas unifamiliares de un piso con adobe.

### 2.4.2 Variable Dependiente.

Mejora estructuralmente el empleo de la geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el Pueblo Joven Yanama - Ayacucho.

## 2.5 DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>X: ADOBE REFORZADO</b>	El adobe es una pieza para construcción hecha de una masa de barro, mezclada con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol. Que se emplea en la construcción de muros y que están reforzados con geomalla: material de polipropileno y polietileno que tiene alta resistencia a la tracción.	Bloque de barro reforzado con geomalla	Tes de Resistencia	%
<b>Y : CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS.</b>	Edificaciones de una obra de ingeniería, arquitectura o albañilería.	Infraestructura s a base de adobe reforzado	Análisis de durabilidad	%

Tabla N° 03. Definición operativa de variables e indicadores

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

El ámbito de estudio que abarca la investigación es el Pueblo Joven de Yanama Distrito de Carmen Alto, Provincia Huamanga, Departamento de Ayacucho.

#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

El Pueblo Joven de Yanama, se encuentra ubicado geográficamente al SUR ESTE de la ciudad de Huamanga.

Departamento : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Carmen Alto

#### Coordenadas cartesianas y altitudinales:

Latitud : -14.4708333

Longitud : -73.5344444

#### Límites :

Este : Acocro

Oeste : Vinchos

Norte : San Juan Bautista

Sur : Chiara

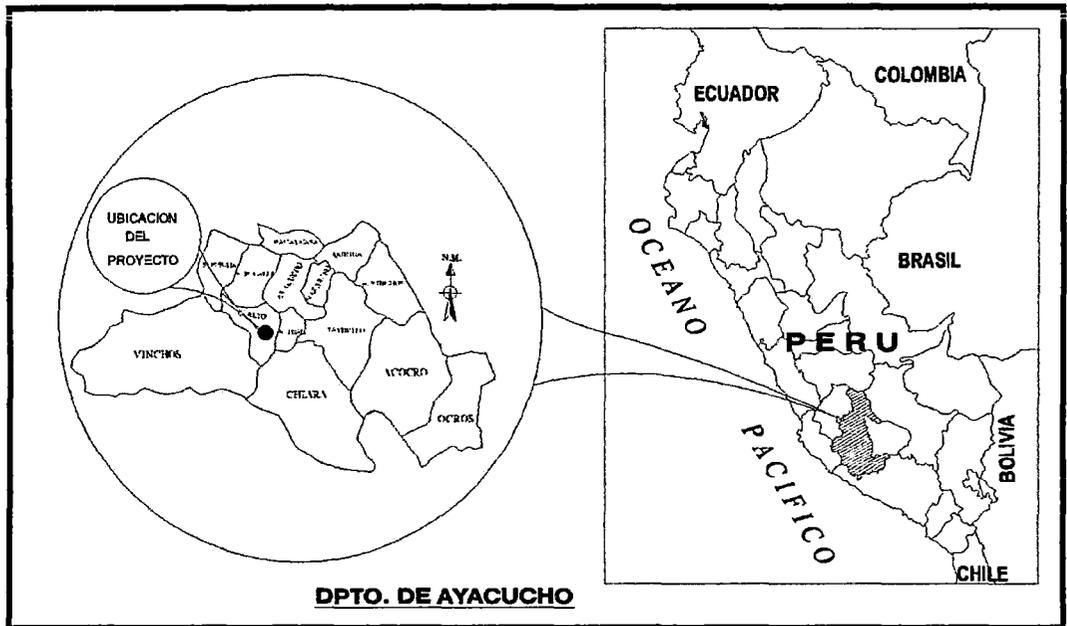


Figura N° 17. Plano de ubicación del Proyecto



Figura N° 18. Vista Satelital del Departamento de Ayacucho y el Pueblo Joven de Yanama

### 3.6 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.

#### Población.

La población es entendida como el conjunto de elementos que está considerado para la realización del trabajo de investigación, como sostiene Carrasco (2005) "es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación" (p.236-237). Por lo tanto la población de nuestra investigación ha sido considerada el número de viviendas con adobe del PP JJ de Yanama con una Aproximación de 500 viviendas de adobe según el censo del año 2007.

#### Muestra.

La muestra del presente trabajo de investigación ha sido constituida por una población indefinida; por lo tanto es en base en fórmulas de probabilidad.

**N** = Población

**n** = tamaño de la muestra

**p y q** = Probabilidad de la población que presenta una variable de estar o no incluida en la muestra, cuando no se conoce esta probabilidad por estudios se asume que p y q tiene el valor de 0,5 cada uno.

**Z** = a las unidades de desviación estándar que en la curva normal definen una probabilidad de error tipo 1 = 0,05, esto equivale a un intervalo de confianza del 95% en la estimación de la muestra y el valor de **Z = 1,96**

**E** = Error estándar de la estimación que debe ser 0,09 o menos.

Datos:

**N** = Población

**n** = muestra

**z** = valor crítico

**p** = variabilidad positiva

**q** = 1-p = variabilidad negativa

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + z^2 * p * q}$$

e = error .

$$n = \frac{(0.95)^2 \times 0.8 \times 0.2 \times 500}{0.05^2(500 - 1) + 1.96^2 \times 0.8 \times 0.8}$$

n = 38,77

n= 39 viviendas

**Muestreo:** Para la selección de la unidad de análisis se desarrollará a través del muestreo probabilístico de tipo intencional.

### 3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

#### 3.7.1 TÉCNICA.

Para la recolección de datos se utilizará las técnicas de observación y modelamiento.

#### 3.7.2 Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos que se van a utilizar en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

- Guía de observación
- Pruebas de laboratorio
- Fotografías
- Software de ingeniería.

### 3.8 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

- Coordinación con el presidente del Pueblo Joven de Yanama
- Observación de la casas
- Análisis estructural con el Software SAP (Resistencia a corte)
- Test de resistencia (resistencia a la compresión)

### 3.9 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Se hará uso de la estadística inferencial de tipo no paramétrico para a través de la correlación de Pearson. A un nivel de confianza de 95% y nivel de significancia al 5 %.

#### 3.9.1 PRUEBAS REALIZADAS DEL SUELO

EQUIPO:

- Balanza con aproximación al décimo de gramo
- horno
- Taras.
- Espátulas



Figura N° 19. Realizando medición de material

PROCEDIMIENTO:

De la muestra representativa se pesan como mínimo 300 gramos, registrando este valor como peso inicial de la muestra o peso húmedo actual ( $W_h$ )

- a) posteriormente, esta muestra se coloca en el horno eléctrico para hacer el secado del material durante 24h a una temperatura de  $110 \pm 5C^\circ$ .



Figura N° 20. Realizando tamizado de material

- b) Procediendo a dejar enfriar el material y pesarlo y este peso se registrará como peso seco ( $W_s$ ).

CÁLCULOS:

$$W(\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s} \approx 100$$

$W_h$  = Peso del agregado húmedo.

$W_s$  = Peso del agregado en condición seca

## PESO ESPECÍFICO

- Una balanza.
- Taras metálicas.
- Espátula.
- Tamiz # 4.
- Probeta.

## PROCEDIMIENTO.

- a) Se toma la muestra representativa de 200g después de ser cuarteada.
- b) Se satura el material de suelo por 24 horas como mínimo.

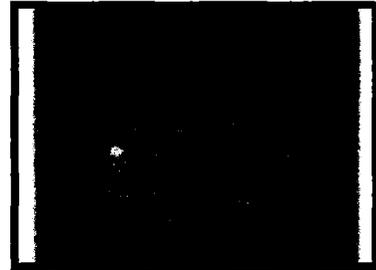


Figura N° 21. Cuarteo de material

- c) Después se hace hervir por un cierto tiempo para tener una mejor y completa saturación.
- d) Y luego se deja secar al aire libre hasta un estado saturado superficialmente seco.
- e) En una probeta se coloca un volumen conocido, luego se vierte el agregado y se toma como dato la variación de volumen o volumen desplazado.



Figura N° 22. Secado de material

## CÁLCULOS:

$$P.E = \frac{W_s}{V_d}$$

**$W_s$**  = Peso saturado del material en gramos.

**$V_d$**  = volumen desplazado del material en  $cm^3$ .

## GRANULOMETRÍA O ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO.

### Referencia

#### EQUIPO:

- a) Un juego de mallas del N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200
- b) Tamices de malla cuadrada.

Figura N° 23. Tamizado de material



- c) Balanza con sensibilidad de 0.1 gramo.
- d) Horno de secado.
- e) Bandejas, cepillos y brochas.
- f) Muestra representativa.

#### PROCEDIMIENTO:

- a) Se toma una muestra representativa de arena, de aproximadamente 3000 gramos.
- b) Se seca la muestra hasta peso constante, a una temperatura de no mayor de 110°C.
- c) Cuando el material este seco y frío, se pesan 500 gramos de arena.
- d) Se colocan las mallas en orden decreciente (4, 8, 16, 30, 50, 100), se coloca la muestra de 500 gramos y se tapa.
- e) Se agita el juego de mallas durante un tiempo de 1 minuto como mínimo con el tamizador.
- f) Se procede a pesar cada uno de los materiales retenidos en las mallas hasta el décimo de gramo anotando los pesos en el registro correspondiente.

**CÁLCULOS:**

MF           % ACUMULADO RETENIDO HASTA LA MALLA# 100

Elaboración del adobe :                      100



**Figura N° 24.** Elaboración de adobe

**3.9.1 PRUEBAS REALIZADAS PARA LA RESISTENCIA DEL ADOBE ELABORADO**

**EQUIPO:**

- Fluxómetro

**PROCEDIMIENTO:**

- Se coloca un adobe encima de dos adobes distanciados a 0.20m



**Figura N° 25.** Elaboración de prueba de resistencia

- Posteriormente se pisa en el centro del adobe una persona aproximado de 70 kg. por un tiempo determinado.
- Si el adobe resiste al peso aplicado entonces el adobe es apto para la construcción.



**Figura N° 26.** Prueba de resistencia

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos de los ensayos practicados a los materiales de suelo, se ensayó en el laboratorio:

LABORATORIO GEOTÉCNICO Y ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA.

Para comparar los resultados de los ensayos obtenidos, se recogió las muestras de suelo desde el pueblo joven de Yanama – distrito de Carmen Alto Provincia de Huamanga – Ayacucho.

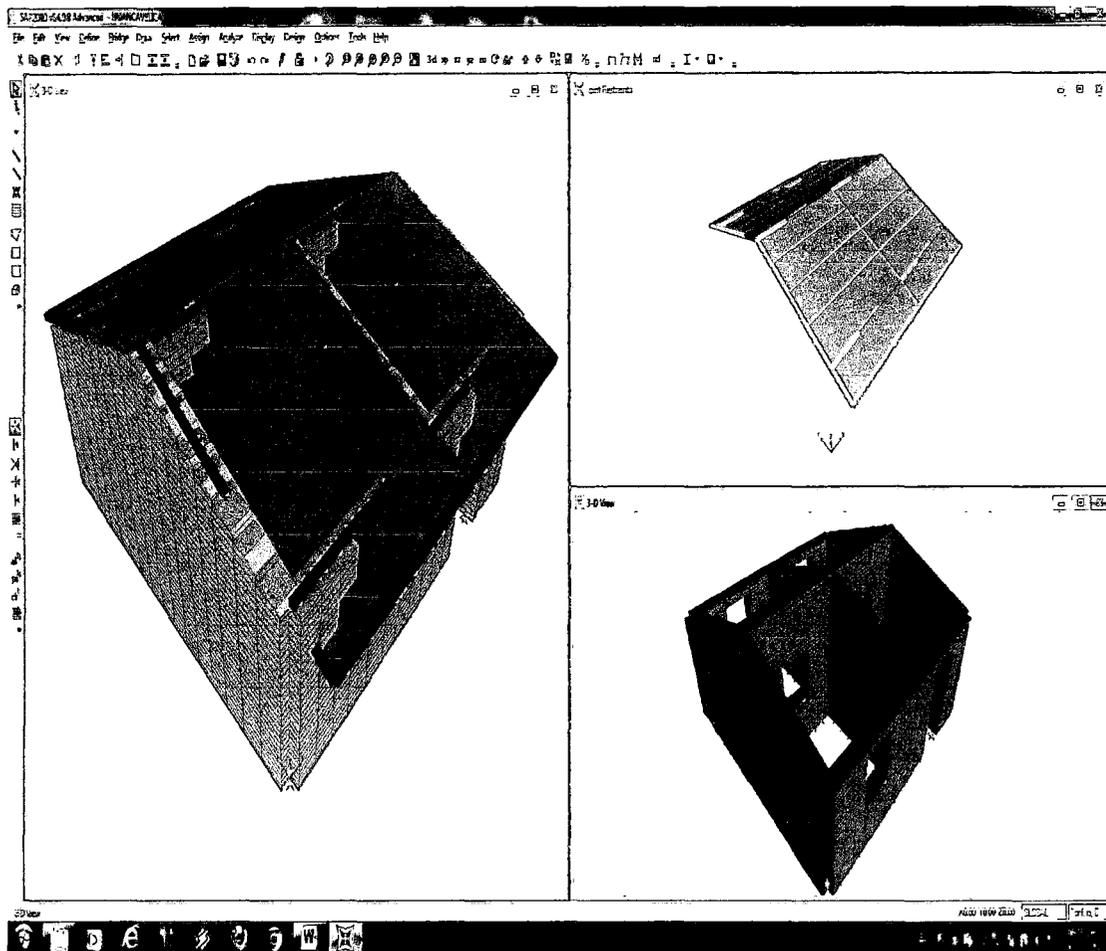
#### ENSAYO DE SUELO

<b>DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD (AS D-4318, MTC E 111-2000)</b>						
DEFINICIONES : El Limite Plastico de un suelo es el contenido de humedad expresado en % del suelo secado en horno, cuando esta se haya entre limite del estado semisolido y el estado plastico.						
	RECIPIENTE	Nº	94.0	55.0		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	25.92	27.61		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	25.49	27.17		
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.98	25.68		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.43	0.43		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	1.51	1.49		
6	HUMEDAD	%	28.7%	28.8%		
<b>LIMITE PLASTICO</b>		<b>%</b>	<b>28.8%</b>			

Tabla N° 04: Determinacion del limite plastico e indice de plasticidad.

Fuente : Laboratorio Geotécnico - UNSCH

**MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE ADOBE SEGÚN NORMA E-080 DEL RNE**  
**PROGRAMA SAP 2000 V14**  
**PROYECTO "VIVIENDA UNIFAMILIAR"**



**Figura N° 27.** Modelamiento de vivienda en el programa SAP

**Fuente.** Tesistas

**GENERALIDADES.**

El Reglamento nacional de Edificaciones RNE. Es de aplicación obligatoria con el objetivo de Normar los criterios y requisitos mínimos para el análisis y diseño de estructuras en edificaciones; esta Norma Técnica Rectora el territorio Nacional que establece los derechos y responsabilidades de los actores que intervienen en todo el proceso, con el fin de garantizar la calidad de la edificación.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

### COMPONENTES ESTRUCTURALES:

Cimiento de concreto ciclópeo  $f'c=175\text{Kg/cm}^2 + 30\%$  Piedra Mediana

- Dobe de Barro y Paja con las dimensiones  $0.40 \times 0.40 \times 0.10\text{m}$ .
- Refuerzo de geomalla para la edificación de adobe
- Tijerales de madera tornillo
- Dinteles de madera tornillo
- Cobertura de calamina de aluminio

Debido a que la adherencia entre concreto y adobe no forman un elemento rígido, la modelación propiamente de la estructura de adobe se realiza bajo un articulación en su base de la construcción (contacto entre adobe y Sobrecimiento).

Los Dinteles forman parte de la estructura de soporte para ello se consideró tabloncillos de madera tornillo.

Es importante discretizar los elementos Shell y que sus nudos coincidan con la discretización de los tijerales, para que sus esfuerzos y deformaciones se transmitan; así mismo estos nudos se restringieron al efecto de rotación pero sí permitiendo al efecto de traslación en las 3 Direcciones Locales.

En el proceso constructivo los tijerales quedarán debidamente tortolados a los muros de adobe cada metro lineal.

En el programa Sap 2000 se consideró a la calamina de peso específico  $0\text{Tn/m}^3$ , e ingresándose sus propiedades mecánicas como módulo de elasticidad, así mismo el peso de la calamina fue considerado como carga Muerta por metro cuadrado.

# RESUMEN DE SECCIONES Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ELEMENTOS EN EL PROGRAMA SAP 2000 V14.

## Propiedades mecánicas del Adobe

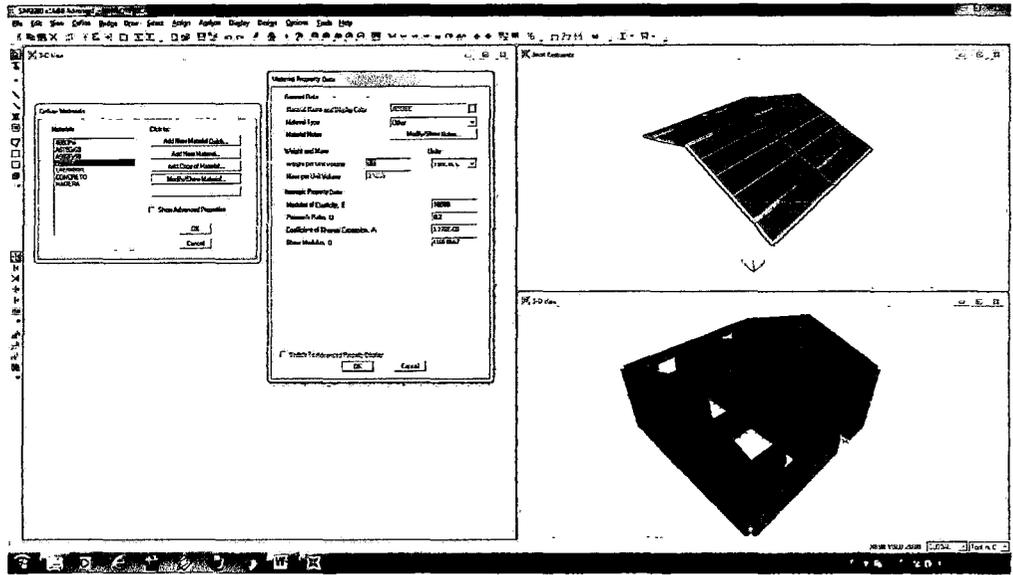


Figura N° 28. Propiedades mecánicas del adobe

Fuente. Tesistas

## Propiedades mecánicas de la calamina

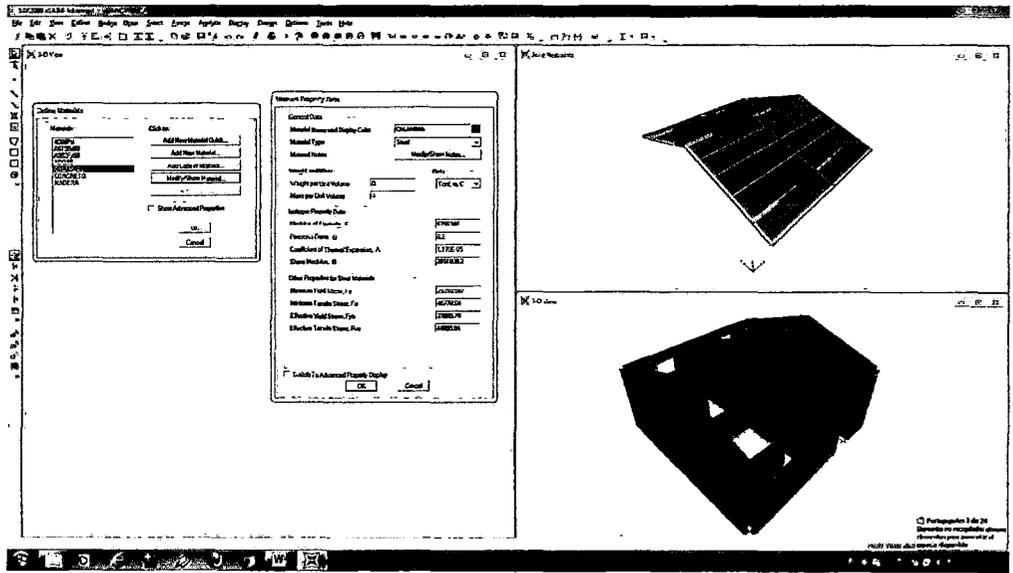


Figura 29. Propiedades mecánicas de la Calamina

Fuente. Tesistas

### Propiedades mecánicas de la madera tornillo.

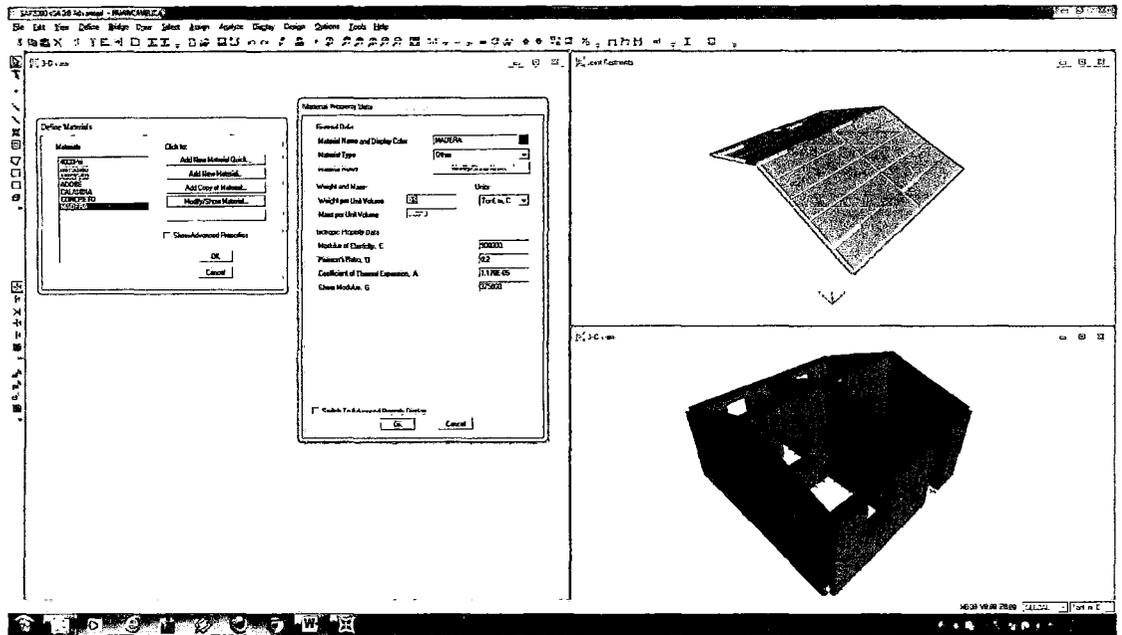


Figura N° 30. Propiedades mecánicas del Tornillo

Fuente. Tesistas

### CONSIDERACIONES Y CRITERIOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

Para el cálculo de los esfuerzos actuantes en los diferentes elementos estructurales de la edificación se utilizó el programa Sap 2000 v14 quien desarrolla el análisis estructural de la estructura Basándose en las Normas E-020 (Cargas), E-080 Adobe.

La modelación de la estructura fue teniendose todos los parámetros que estipula el Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### E-020 (Cargas).

Para las cargas muertas se consideró el peso real de los materiales que componen y que deben soportar la edificación, calculadas en base a su peso unitario, consideradas mediante la definición del material de cada elemento que compone la estructura (véase figuras propiedades mecánicas de los materiales) y teniendo presente la Norma E-020 y consideraciones de fábrica de la calamina se dedujo que el peso por m<sup>2</sup> de calamina.

Para las cargas vivas se usó como mínimo, los valores que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones E-020, es así que el peso de nieve en condiciones compactadas a 20cm su peso específico es de  $0.032 \text{ Tnf/m}^2$  para una inclinación de la cobertura de  $15^\circ$ .

### COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE.

Las fallas de las construcciones

### FUERZAS SÍSMICAS HORIZONTALES.

Las fuerzas sísmicas horizontales en la base para las edificaciones de adobe se determinan de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones E-080 con la siguiente expresión.

$H = SUCP$

De donde:

S=Factor de suelo (indicado en la tabla 7)

U=Factor de uso (indicado en la tabla 8)

C=Coeficiente sísmico (indicado en la tabla 9) y

P=Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50% de la carga viva.

Tipo	Descripción	Factor S
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible $\geq 3 \text{ Kg/cm}^2$	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible $\geq 1 \text{ Kg/cm}^2$	1,2

Tabla N° 07. Factor de suelo

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

Tipo de las Edificaciones	Factor U
Colegios, Postas Médicas, Locales Comunales, Locales Públicos	1,3
Viviendas y otras edificaciones comunes	1,0

Tabla N° 08. Tipo de Edificaciones

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

Zonas Sísmica	Coefficiente Sísmico C
3	0,20
2	0,15
1	0,10

**Tabla N° 09.** Zonas Sísmicas

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

### COMBINACIONES DE CARGA.

Las estructuras y elementos estructurales deben diseñarse para obtenerse en todas sus secciones resistencia de diseño por lo menos iguales a las resistencias requeridas calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que estipula en la Norma del Reglamento Nacional de Edificaciones, que para el proyecto la resistencia requerida es definida mediante la combinación.

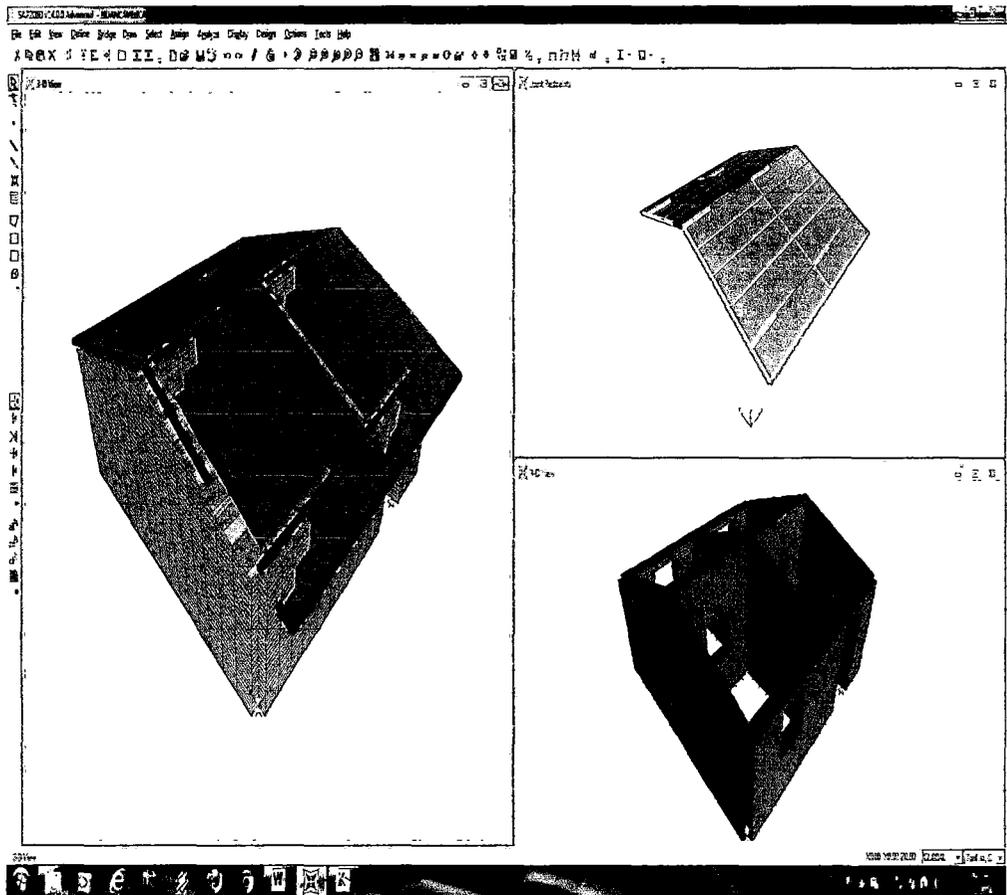
$$\begin{aligned} \text{COMB1} &= 1.4\text{CM} + 1.7\text{CV} \\ \text{COMB2} &= 1.25(\text{CM}+\text{CV})+\text{SX} \\ \text{COMB3} &= 1.25(\text{CM}+\text{CV})-\text{SX} \\ \text{COMB4} &= 1.25(\text{CM}+\text{CV})+\text{SY} \\ \text{COMB5} &= 1.25(\text{CM}+\text{CV})-\text{SY} \end{aligned}$$

### MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura se modeló en el Programa sap 2000 v14, considerando los adobes como:

- Elementos área (Shell) los cuales se discretizaron de forma cuidadosa para que sus nudos coincidan con los otros elementos que conforman la estructura.
- El elemento área en su encuentro con el Sobrecimiento de concreto simple se consideró una restricción de apoyo simple toda vez que estos límites no forman la propiedad de elemento rígido uniforme.

- Se consideró a los adobes la propiedad mecánica de las geomallas como su módulo de elasticidad que cumple un papel importante en la Rigidez de la estructura.
  - Los elementos e madera se consideró como elementos Frame
  - Y la calamina se consideró como elementos tipo Área (Shell).
- La estructura en conjunto tiene 3 ejes principales (números) y 3 ejes secundarios (letras).



**Figura N° 31.** Vista Isométrica de la Edificación (izquierda isométrico total, Arriba derecha cobertura de calamina, Derecho Abajo muro de adobe

**Fuente.** Tesistas

Se calculó la fuerza horizontal equivalente y se aplicó en su centro de masa a la altura de 2.8m respecto a su nivel de apoyo simple del muro de adobe.

$$H=SUCP$$

De donde:

S= Consideramos como Tipo II = 1.2

U=Vivienda = 1.0

C=Coefficiente sísmico = 0.15

P=Peso total de la edificación  $CM+0.5CV=90.49+0.5*0.0497=90.515$  Tn

$$H=1.2*1*0.15*90.515=16.2927 \text{ Tn}$$

### CÁLCULO Y RESULTADOS DE ANÁLISIS.

#### DERIVAS MÁXIMAS POR NIVEL

Los desplazamientos laterales máximos de los nudos de la estructura se verificaron de acuerdo a la combinación de carga de la Envolvente en el programa Sap 2000 v14.

A continuación se presenta el resumen del modelado

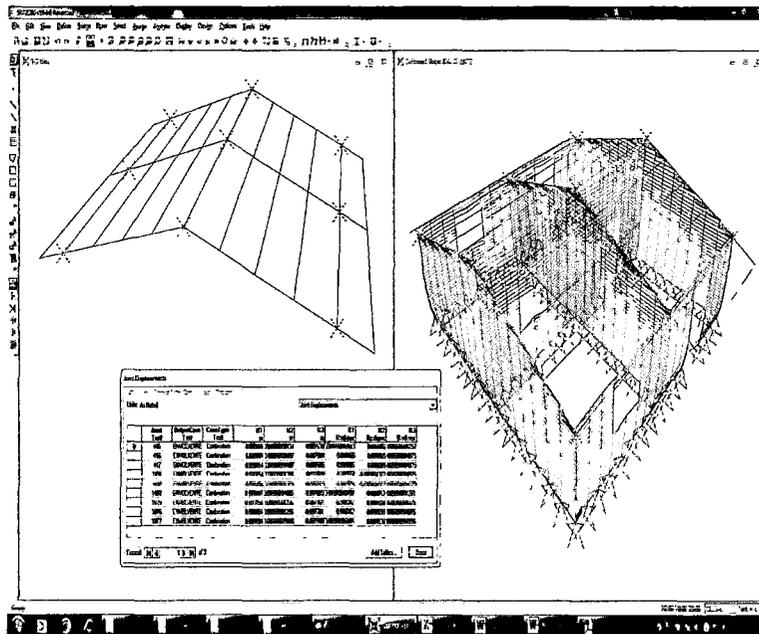


Figura Nº 32. Vista de modelamiento con geomalla

Fuente. Tesistas

De los resultados presentes se deduce que los desplazamientos laterales de la estructura dirección X es de 0.000201m y en la dirección Y de 0.000000051m lo cual se consideró óptimo el análisis sismorresistente de la edificación.

Los desplazamientos laterales de los nudos más altos de la edificación de Adobe son mínimos.

Las geomallas asignadas a los muros de adobe ayudan en la rigidez del muro haciendo que ante una fuerza sísmica horizontal hacen que los desplazamientos laterales de los muros sean reducidos.

## 4.2 DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio; el tipo de suelo cumple con las normatividades establecidas en cada ensayo realizado para la elaboración de adobes. Tal como se muestra en la tabla siguiente:

N°	ENSAYO	RESULTADO	RANGO ACEPTABLE DE LOS RESULTADOS SEGÚN NORMA	DESCRIPCIÓN
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>				
1	limite plástico	29.80%	según norma ASTM D 4318 determinación del limite plástico	Cumple
2	limite líquido de los suelos	38.80%	varia entre 20 y 40% ATTERBERG	Cumple
3	índice plástico	9.40%	menor que 20% ATTERBERG	Cumple
4	Pasante malla N° 200 (%)	46.50%	varia entre 55 y 75% ATTERBERG	Cumple

**Tabla N° 10.** Tipo de Suelo de Yanama para Elaboración de Adobe

La clasificación de suelo según AASTHO es A-4(0)

La clasificación de suelo según SUCS es SM obteniendo así una ARENA LIMOSA, siendo esta apto para la elaboración de adobes ya que según reglamento nos dice que arena debe de estar en un porcentaje de 55 a 70% de arena, limo de 15 a 25% y arcilla de 10 a 20%.

Concluimos que solo nos faltaría aumentar arcilla cuyo porcentaje es entre 10 a 20%. Para elaborar nuestro adobe.

### **ADOBE**

Se realizó la compresión del adobe elaborado en campo obteniendo resultados favorables (Un buen adobe resistió el peso de una persona de aproximadamente de 80 Kg. durante un minuto.

### **GEOMALLA**

El empleo de la geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares es beneficioso porque reduce la vulnerabilidad ante un sismo. Se comprobó mediante el software SAP que La geomalla es un elemento de alta capacidad de tracción que sirve para controlar los desplazamientos de las partes de los muros.

## CONCLUSIONES

Los ensayos mostraron que el refuerzo en estructuras de adobe es necesario para evitar el colapso ante eventos sísmicos severos. El refuerzo externo con geomalla reduce significativamente la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe al reducir los daños y mantener la estructura unida inclusive ante grandes desplazamientos y aceleraciones.

El uso de la geomalla busca disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones, para que ante un evento de magnitud moderada el muro pueda generar capacidad de deformación inelástica generando grietas, pero a la vez evitando llegar al colapso.

El refuerzo con geomalla mostró ser compatible con las deformaciones de estructuras de adobe y desarrolló un comportamiento dúctil ante movimientos asociados a un sismo severo.

La geomalla distribuye los esfuerzos de tracción en toda la superficie del muro, distribuyendo los posibles daños en una mayor área del muro. Además, una vez que el muro ha tenido un gran daño, la geomalla confina los bloques en que se ha quebrado el muro e incrementa la seguridad en la vivienda.

## RECOMENDACIONES

El amarre vertical de los traslapes entre paños de geomalla y el amarre horizontal entre la geomalla de cimentación y la geomalla de los muros deben ser amarrados con rafia.

Las recomendaciones a las personas de bajos recursos económicos y optan por construir su casa con adobe, utilizar algún tipo de refuerzo como la geomalla que es una buena opción para su seguridad y tranquilidad de su familia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Villa B, Brzev G (2003) "Construcciones en adobe resistentes a los terremotos".
2. Ángel SAN BARTOLOMÉ, D. QUIUN y L. ZEGARRA "Sistema eficaz de reforzamiento sísmico de viviendas de adobe"
3. Houben, H y Guillaud, H. 1994. "Earth Construction – A Comprehensive Guide". ITDG Publishing, London, UK.
4. Sampieri R; Carlos F; Pilar B; "Metodología de la Investigación", Mc Graw Hill México 1997.
5. A. Krüger, F. Vargas J. 2008. "Módulo básico de adobe reforzado con geomalla". CARE Perú.
6. B. Ginocchio, F. Marsh, C. Ottazzi, G. Villa García G y Yep J. 1988. "Shaking Table Test of Improved Adobe Masonry Houses" Japón.
7. B. Vargas, J. Velasquez y Tarque N. 2006. "Experimental study of synthetic Mesh reinforcement of historical adobe buildings" India.
8. B. Torrealva, D. Vargas, V. García, 2006. "Refuerzo de construcciones de adobe con elementos producidos industrialmente: Ensayos de simulación sísmica" Perú.
9. B. Vargas, y Tarque N. 2008. "Observed behavior of earthen structures during the Pisco (Peru) earthquake of August 15, 2007" China.
10. B. Vargas, Patron P, Stanojevich M y Rubiños A. 2008. "A human development approach for the reconstruction of safe and healthy adobe houses in seismic areas" China.
11. CARE Perú. 2009. "Informe de sistematización del proyecto Desarrollo de Capacidades para la Reconstrucción de Chincha" Perú.
12. C. Blondet M. 1973. "Estudio experimental del comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a sollicitaciones sísmicas" Perú.
13. F. Monzón 1986. "Apreciación sobre el impacto de una experiencia de introducción de cambios tecnológicos en el sistema de construcción de viviendas de adobe en la costa norte del Perú" Perú.

14. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2008. "Primer Programa de Construcción Antisísmica con Adobe Reforzado: Informe Final Perú.
15. Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú 2006

FOTOS



LABORATORIO - UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA



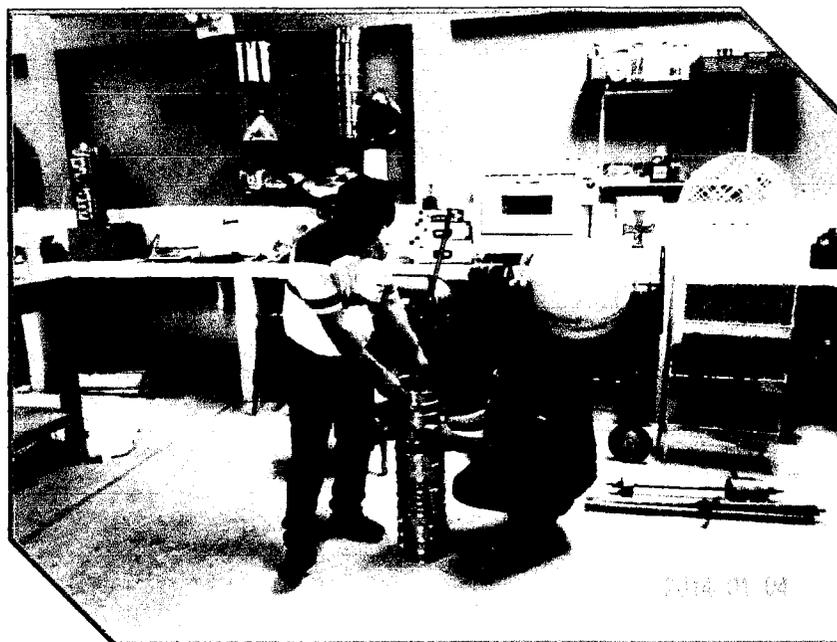
MUESTRA DE SUELO PARA LA INICIACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUELO



SECADO DE MUESTRA



COLOCACIÓN DE MUESTRA EN EL TAMIZ



PREPARANDO EL TAMIZ



REALIZANDO EL TAMIZADO



REALIZANDO REGISTRO DE MATERIAL PESADO

