

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DEL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE  
UNA EDIFICACIÓN DE TIPO PATRIMONIAL APLICACIÓN  
DEL ESTUDIO EN LA RESIDENCIA IBARRA-CAMACHO  
CONSTRUIDA EN 1930

Previa a la obtención de Título de:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

ALEXANDRA PAOLA YAJAMIN YAJAMIN

ANDRES MARCELO VALENCIA HEREDIA

Sangolquí, 24 de septiembre de 2008

## **EXTRACTO**

El presente proyecto de tesis resume los resultados de una investigación que trata de determinar de forma aproximada e hipotética mediante varios ensayos realizados en el laboratorio, con muestras contemporáneas a la época de la edificación analizada, las principales características y propiedades mecánicas de los elementos estructurales que conforman las construcciones de adobe, ya que el real comportamiento solamente lo conoce la propia edificación. Y a partir de esta información plantear alternativas de rehabilitación con el fin de conseguir una estructura sismorresistente para evitar su colapso ante terremotos severos.

La alternativa planteada consiste en el reforzamiento con malla electrosoldada colocada en franjas horizontales y verticales (simulando vigas y columnas de confinamiento, respectivamente) en las zonas críticas de la vivienda, con el fin de evitar la pérdida de rigidez lateral que presentan las viviendas cuando se encuentran agrietadas. Para determinar su comportamiento ante cargas dinámicas, se modelará la estructura en el programa computacional SAP 2000.

## **ABSTRACT**

The present project gives thesis it summarizes the findings that tries gives to determine approximate and hypothetical form by means of several rehearsals carried out in the laboratory, with contemporary samples to the time gives the analyzed construction, the main ones characteristic and mechanical properties give the structural elements that conform the constructions adobe, since the real behavior only knows it the own construction. And starting from this information to outline alternatives gives rehabilitation with the purpose of getting a structure sismorresistente to avoid their collapse before severe earthquakes.

The outlined alternative consists on the reinforcement with mesh electrosoldada placed in horizontal and vertical fringes (simulating beams and columns confinamiento, respectively) in the critical areas the housing, with the purpose of avoiding the loss lateral rigidity that present the housings when they are cracked. To determine their behavior before dynamic loads, the structure will be modeled in the computational program SAP 2000.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1 .....	VII
1. INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO .....	VII
1.2. ANTECEDENTES .....	VII
1.3. IMPORTANCIA.- .....	VIII
1.4. JUSTIFICACION.- .....	VIII
1.5. INTRODUCCION.- .....	X
1.6. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	XII
1.7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO .....	XII
CAPÍTULO II.....	XIII
2. LEVANTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN Y ESTADO ACTUAL.....	XIII
2.1. LEVANTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN .....	XIII
2.1.1 Planta Baja .....	XVII
2.1.2 Planta Alta.....	XVIII
2.2. DESCRIPCIÓN DE CARGAS VERTICALES EN LA ESTRUCTURA .....	XIX
2.2.1. Disposición de bloques de Adobe .....	XIX
2.2.1.1. Encuentros esquineros .....	XX
2.2.1.2. Encuentros en T.....	XX
2.3. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA EDIFICACION.....	XXI
2.4. DAÑOS ESTRUCTURALES EN ADOBE .....	XXII
2.4.1 Daños Producidos por Sismos.....	XXII
2.5. COMPORTAMIENTO SISMICO DE ESTRUCTURAS DE ADOBE Y SUS PRINCIPALES FALLAS.....	XXII
CAPÍTULO III .....	XXVIII
2. ANÁLISIS DE LOS MATERIALES.....	XXVIII
3.1. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.....	XXVIII
3.1.1. Ensayo de granulometría (norma AASHTO t 27-28).....	XXVIII
3.1.1.1. Objetivo.....	XXIX
3.1.1.5. Procedimiento.....	XXX
3.1.1.6. Cálculos.....	XXX
Tabla 3.1 Granulometría de los Agregados .....	XXX
3.1.2. Determinación del Límite Líquido. Método Casa Grande (Norma INEN 691).....	XXXI
3.1.2.1. Objetivo.....	XXXI
3.1.2.7. Procedimiento.....	XXXII
3.1.2.8. Cálculos.....	XXXII
Tabla 3.2 Límite Líquido.....	XXXIII
3.1.3. Determinación del Limite Plástico de Suelos (Norma INEN 692) .....	XXXIV
3.1.3.1. Objetivo.....	XXXIV
3.1.3.7. Procedimiento.....	XXXV
3.1.3.8. Cálculos.....	XXXVI
Tabla 3.3 Límite Plástico.....	XXXVI
3.1.4. Determinación del contenido de humedad método del secado al horno (Norma INEN co 0902-303).....	XXXVII
3.1.4.1. Objetivo.....	XXXVII

3.1.4.5. Procedimiento.....	XXXVIII
3.1.4.6. Cálculos.....	XXXVIII
Tabla 3.4 Humedad Natural.....	XXXIX
3.1.5. Determinación del peso específico de suelos (Norma ASTM D 854-58) .....	XL
3.1.5.1. Objetivo.....	XL
3.1.5.6. Procedimiento.....	XLI
Tabla 3.5 Peso Específico de los Granos.....	XLII
3.2. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MAMPUESTOS.....	XLIII
3.2.1. Compresión axial en pilas (Norma ASTM C 1314-00a).....	XLIII
3.2.1.1. Objetivo.....	XLIV
3.2.1.7. Procedimiento.....	XLVI
3.2.1.9. Cálculos.....	XLVII
3.2 MADERA DE CONSTRUCCION ESTRUCTURAL.....	XLVII
Tabla 3.6 Grupos de Especies Estudiadas en el PADT REFORT .....	XLVIII
3.2.1 PROPIEDADES RESISTENTES DE LA MADERA .....	XLVIII
3.2.2. Resistencia a la compresión paralela .....	XLIX
3.2.3. Resistencia a la compresión perpendicular .....	XLIX
3.2.4. Resistencia a la flexión paralela al grano.....	L
3.2.5. PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LA MADERA .....	L
3.2.6. Módulo de Elasticidad .....	L
3.2.7. Módulo de Corte o rigidez .....	LI
3.2.8. Módulo de Poisson .....	LI
CAPÍTULO IV .....	LIII
4. MODELO ESTRUCTURAL EN SAP 2000 Y ANÁLISIS DE ELEMENTOS SÓLIDOS. ....	LIII
4.1. ANÁLISIS DE CARGAS.....	LIII
4.1.1. Determinación de Carga Muerta .....	LIII
4.1.2. Determinación de Carga viva.....	LIV
4.1.3. Determinación de Carga lateral .....	LIV
4.1.4 Carga viva y carga muerta que afectan a la estructura: .....	LIV
4.2. DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS LATERALES DE DISEÑO .....	LVI
4.2.1. Cortante basal de diseño. ....	LVI
4.2.3. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura. (I).....	LVII
4.2.4. Coeficiente de Suelos (S).....	LVII
4.2.5. Coeficiente (C) .....	LVII
4.2.6 Factor de reducción de resistencia sísmica R.....	LVII
4.2.7 Zona sísmica y factor de zona (Z). ....	LVIII
4.2.8 Coeficiente de configuración estructural en planta y elevación ( $\phi_p, \phi_e$ ).....	LIX
4.2.9 Período de Vibración (T) – .....	LIX
4.2.10 Coeficiente de reducción de respuesta estructural (R) .....	LIX
4.2.11 RESUMEN.....	LX
4.3 CARGAS COPERANTES.....	LXI
4.3.1 Equivalencia de Cargas.....	LXII
4.3.2 Cargas Distribuidas.....	LXIII
4.2 ANÁLISIS DE CARGAS POR PANELES DE LA ESTRUCTURA .....	LXIV
4.2.1 Cargas Aplicadas .....	LXV
4.3. ANÁLISIS DE ELEMENTOS SÓLIDOS .....	LXVII
Se presenta a continuación de modo simplificado el proceso de deducción de las principales expresiones útiles para el diseño de mampostería de adobe, desarrolladas en la investigación del Ing. Oscar Concha realizada en el Perú. ....	LXIX

4.3.1. Muros Bajo Carga Vertical .....	LXIX
$f'm = 3.95 \text{ Kg /cm.}^2$ (valor obtenido de los ensayos en pilas) .....	LXX
4.3.2. Muros sometidos a Cargas Perpendiculares a su Plano .....	LXX
4.3. 2.1. Flexión en el Plano Vertical .....	LXX
4.3.2.2. Flexión en el Plano Horizontal .....	LXXII
4.3.2.3. Elementos de Análisis .....	LXXIV
4.3.2.4 Intensidad de la Fuerza Lateral (W) .....	LXXIV
4.3.2.4 Dimensión crítica del muro .....	LXXV
4.3.2.5 Coeficiente de momentos en losas ( $\beta$ ) .....	LXXV
4.3.2.6 Cargas Horizontales en el Plano del Muro.....	LXXVIII
4.3.2.7. Esfuerzos Cortantes .....	LXXIX
4.3.2.8 Estabilidad ante Momentos de Volteo en Muros de Arriostre .....	LXXX
4.4 MODELAJE DE LA ESTRUCTURA .....	LXXXIV
4.4.1. Definición de materiales .....	LXXXIV
4.4.2. Definición de Secciones.....	LXXXVII
4.4.3. Definición estados de carga .....	LXXXIX
4.4.4. Definición de Combinaciones. ....	XC
4.4.5. Asignación de cargas en vigas .....	XCII
4.4.6. Asignación de apoyos .....	XCII
4.4.7. Análisis computacional.....	XCIV
4.4.8. Comparación de Resultados Obtenidos en SAP 2000.....	XCIV
4.4.8.1 FUERZAS INTERNAS .....	XCIV
4.4.8.2 MOMENTOS ACTUANTES .....	XCVI
4.4. 8. 3 ESFUERZO ADMISIBLE.....	XCVIII
CAPITULO V.....	C
5. CÁLCULO Y DISEÑO DE MUROS REFORZADOS.....	C
5.1. REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS .....	C
5.2. CALCULO DE LA SECCION EQUIVALENTE PARA UNA ESTRUCTURA DE ADOBE. ....	CII
5.2.1 Ancho Equivalente de acuerdo a NTC de México para mamposterías de tabique de barro.....	CIV
.....	CIV
5.2.2. Ancho Equivalente de acuerdo al Código del Perú N. E80 para Adobe....	CIV
5.2.3. Ancho Equivalente de acuerdo a investigaciones referentes al Reforzamiento de estructuras de adobe Investigación Universidad los Andes -Colombia.....	CV
5.2.4 Ancho Equivalente de acuerdo a ensayos realizados en la U. Católica del Ecuador.....	CVI
CAPITULO VI .....	CVII
6. ESPECIFICACIONES TECNICAS .....	CVII
6.1. SISTEMA DE REFORZAMIENTO. ....	CVII
6.1.2.- Definición .....	CVII
6.1.3.-Materiales mínimos: .....	CVIII
6.1.3.1.- Características técnicas de los materiales .....	CVIII
6.1.4.-Equipo mínimo: Herramienta menor.....	CIX
6.1.5.-Mano de obra mínima calificada.....	CX
6.2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES .....	CX
6.2.1. REQUERIMIENTOS PREVIOS .....	CX
6.2.2. DURANTE LA EJECUCIÓN .....	CXI
6.3. EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN .....	CXII

6.3.1. REFUERZOS PARA PAREDES .....	CXII
6.3.1.1. Reforzamiento Vertical .....	CXII
6.3.1.2. Reforzamiento Horizontal .....	CXIII
6.3.1.3. TIMPANO .....	CXIV
6.3.2. REFUERZOS PARA JUNTAS DE PAREDES, ENCIENTROS Y BORDES LIBRES DE MUROS.....	CXV
6.3.3. REFUERZO EN LA BASE DEL MURO .....	CXVII
6.3.4. REFUERZO EN MURO LIBRE.....	CXVIII
6.3.5. REFUERZO EN ABERTURAS (PUERTAS Y VENTANAS) .....	CXIX
6.4. MEDICIÓN.....	CXX
6.5. PAGO.....	CXX
CAPITULO VII .....	CXXI
7.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	CXXI
7.1.-FALLAS CONSTRUCTIVAS GENERALES .....	CXXI
7.2. COMPORTAMIENTO DIMAMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ADOBE REFORZADAS. ....	CXXII
7.3. CRITERIOS BASICOS DE REFORZAMIENTO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ADOBE .....	CXXII
7.4. FASE ANALÍTICA: RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN .	CXXIII
7.4.1. Resultados del Estudio de las Propiedades Físicas .....	CXXIII
7.4.2. Resultados del Estudio de las Propiedades Mecánicas del Adobe: .....	CXXIV
7.5. METODOLOGÍA GUÍA PARA EL ESTUDIO DE EDIFICACIONES EN TIERRA.....	CXXIV
7.5.1 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS EN EDIFICACIONES DE TIERRA.....	CXXVI

## **CAPÍTULO I**

### **1. INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO**

#### **1.2. ANTECEDENTES**

La ciudad de Quito fue declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1978. El Centro Histórico, el más grande de América, es una obra magnífica y en cada una de las piedras se encuentra escrita la historia de la ciudad, además de poseer una inigualable riqueza arquitectónica colonial.

La historia de las restauraciones de los bienes patrimoniales de Quito empieza a partir de 1988, puesto que los mayores daños estructurales que han sufrido los grandes monumentos religiosos en los últimos cincuenta años, fueron provocados por el sismo de marzo de 1987.

El 15 de marzo de 1987 se produjo en el Ecuador un desastre natural de grandes proporciones originado por una serie de sismos cuyos epicentros fueron ubicados en las cercanías del volcán Reventador. Los sismos afectaron seriamente el Patrimonio Histórico y Cultural especialmente en las provincias de Pichincha e Imbabura.

Paralelamente pero con menor incidencia y con menor gravedad, también fueron afectadas numerosas edificaciones urbanas, Los daños observados fueron de diversa naturaleza y consistieron en su mayoría en el fisuramiento de mampostería y rotura de ésta, así como también el desprendimiento de recubrimientos frágiles. Estos resultados indujeron a identificar como causa principal la excesiva flexibilidad lateral de las estructuras debido a la falta de sistemas resistentes apropiados para el control de los desplazamientos.

Desde el punto de vista estructural estas construcciones coloniales han cumplido su vida útil estando en peligro de colapsar, y además no brindan la seguridad que requieren sus habitantes.

Siendo indispensable que estas edificaciones mantengan su arquitectura intacta, deberán generarse soluciones de ingeniería que cumplan este requerimiento y den nueva vida estructural a este patrimonio.

### **1.3. IMPORTANCIA.-**

El problema más importante es garantizar la resistencia de las construcciones de tierra a la acción destructible de los sismos, es decir que las edificaciones no colapsen ante las embestidas de un terremoto fuerte. Esto no significa que la estructura permanezca intacta ya que no se puede garantizar que esta se mantenga incólume, sin importar el material ni la técnica como haya sido construido. Sino que deberá soportar por un tiempo de seguridad para que sus habitantes puedan evacuar con facilidad la edificación.

Se desea que:

Los esfuerzos a los que pueda estar sometido el edificio no sobrepasen los valores admisibles de trabajo de los materiales usados en la construcción.

El diseño sea razonablemente calculado para resistir aquellos temblores de ocurrencia más común en la localidad.

### **1.4. JUSTIFICACION.-**



Principalmente nuestro enfoque de investigación está basado en analizar la vivienda del tipo patrimonial de la familia IBARRA-CAMACHO construida en 1930, cuyos elementos estructurales fueron realizados por moldes o tabiques de adobe, formando muros de mampostería.

Los métodos usualmente aplicados para el análisis y el diseño de estructuras de hormigón armado y acero no son directamente utilizables por diversas consideraciones, y en consecuencia, el ingeniero se ve abocado a una nueva disciplina mental y metodológica con el empleo de recursos de cálculo no al alcance de su mano o de su propia experiencia.

El reforzamiento de una estructura patrimonial no es simplemente un problema sismorresistente sino que, además, deben considerarse otros factores que contribuyen la integridad del inmueble, como son: aspectos relacionados con afectaciones por envejecimiento y decadencia de los materiales, agresión ambiental, el comportamiento de suelos y cimentaciones, etc. y a tantos otros aspectos del ámbito arquitectónico, funcional, revaloración del monumento y del entorno urbanístico.

Hoy en día contamos con tecnología para realizar modelos computacionales más sofisticados que brindan a estos trabajos mayor exactitud.

Así también se cuenta con tecnología de nuevos materiales a ser usados en los procesos de construcción como por ejemplo: varilla de acero, malla de acero electro soldada, fibras elásticas y de carbono etc., que permiten trabajar en cualquier tipo de superficie. También se debe considerar que existen varios estudios de intervenciones de estos materiales en estructuras importantes, los mismos que servirán de respaldo para realizar esta investigación.

Todos estos ejemplos de arquitectura patrimonial no son solamente recursos de contemplación estética, son también la materialización del conocimiento ancestral sobre los sistemas constructivos, son documentos que nos cuentan de costumbres, de organización social, familiar de nuestros antepasados, de la evolución de formas, de la relación habitante con el clima, etc. , son respuestas coherentes a las necesidades, contando únicamente con los materiales que dispone el entorno, consiguiendo resultados altamente estéticos y funcionales. Por lo tanto consideramos que es una necesidad de la comunidad profesional de la construcción, hacer un estudio formal que aplique lo descrito al salvataje de estructuras patrimoniales.

### **1.5. INTRODUCCION.-**

En la actualidad en el Ecuador existe un gran número de viviendas de adobe las mismas que forman parte de nuestro patrimonio, y con el paso del tiempo estas residencias y edificaciones han sufrido severos daños estructurales que se los debe analizar y emitir soluciones prácticas y acordes con el daño existente, en el proyecto presentaremos soluciones que sin duda servirán de referencia para futuros reforzamientos en edificaciones de adobe.

Las teorías de la restauración-conservación llevadas a la intervención estuvieron tradicionalmente enfocadas a la realización de reparaciones sobre edificios con el fin de alargar la vida útil y sobre todo brindarle una funcionalidad con un grado de estética de acompañamiento. Estas construcciones son representativas de determinadas culturas, estilos, funciones, hechos históricos que reconocemos como monumentos históricos.

Las peculiaridades que ofrecen las estructuras arquitectónicas, con su compleja historia, requieren que los estudios y propuestas se organicen en fases sucesivas y bien definidas, aplicados a la correspondiente búsqueda de datos reveladores e información; determinación de las causas de deterioro y degradación; elección de las medidas correctivas, y control de la eficacia de la intervención. Para conseguir un equilibrio óptimo entre el costo y los resultados y producir el mínimo impacto posible en el patrimonio arquitectónico, utilizando los fondos disponibles de una manera racional, se hace normalmente necesario repetir estas fases de estudio dentro de un proceso continuado.

La existencia de un vacío o falta de nexo entre el conocimiento empírico basado en tecnologías tradicionales y el conocimiento científico del comportamiento dinámico de este tipo de edificaciones, justifica hacer un planteamiento sobre este tema.

La simplificación fundamental de barras y nudos no es aplicable. El método de pórticos tridimensionales no tiene sentido y tampoco lo tienen los métodos tradicionales del análisis estructural elástico. Las estructuras de muros son macizas, tridimensionales con grandes efectos de su propio peso y constituidas por materiales cuyo comportamiento es elástico pero limitado. Adicionalmente se encuentran fragmentadas y fisuradas por efectos de reacciones y cargas generadas a lo largo de su vida histórica.

La incorporación del computador y de programas de análisis basados en la discretización de elementos finitos y el método matricial de estructuras, ha simplificado significativamente el modelaje y la solución del manejo de las

solicitaciones y las reacciones de respuesta del componente o la totalidad de la edificación en estudio.

Pero el problema dista de haber alcanzado una solución real y confiable, ya que se viene asumiendo un comportamiento lineal, tanto a nivel de los materiales como del sistema estructural global.

Debido a su bajo costo, la construcción de adobe continuará siendo usada en áreas de alto riesgo sísmico del mundo. Para un porcentaje significativo de la población global, que actualmente vive en edificaciones de adobe, es de suma importancia el desarrollo de tecnologías constructivas de relación costo-beneficio eficiente, que sean conducentes a mejorar el comportamiento sísmico de la construcción de adobe. Basándose en el estado del arte de estudios de investigación y aplicaciones en campo.

#### **1.6. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO**

A través de una aplicación teórica en la Residencia Ibarra –Camacho 1930 determinar si es posible dar una alternativa de reforzamiento estructural a una construcción patrimonial mejorando la resistencia, estabilidad, rigidez, sin alterar su arquitectura, utilizando el programa SAP 2000 :

- Varillas de acero embutidas dentro de la mampostería en las paredes.
- Malla electro soldada dentro de la mampostería en las paredes.

#### **1.7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO**

- Modelar la estructura patrimonial y visualizar sus posibles sitios de falla, calculando cargas sísmicas de acuerdo.

- Reforzar la estructura patrimonial con sus nuevos elementos mediante la ayuda del programa SAP 2000.
- Devolver la funcionalidad estructural de una construcción patrimonial de este tipo.
- Determinar si las soluciones de reforzamiento estructural propuestas pueden ser aplicados para este tipo de estructuras.

## **CAPÍTULO II**

### **2. LEVANTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN Y ESTADO ACTUAL**

#### **2.1. LEVANTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN**



Figura 2.1. Residencia Ibarra – Camacho 1930

El levantamiento arquitectónico de la residencia IBARRA – CAMACHO construida en 1930 estuvo a cargo de los responsables del proyecto.

Los principales problemas encontrados para la representación gráfica en planta y elevación se citan posteriormente.

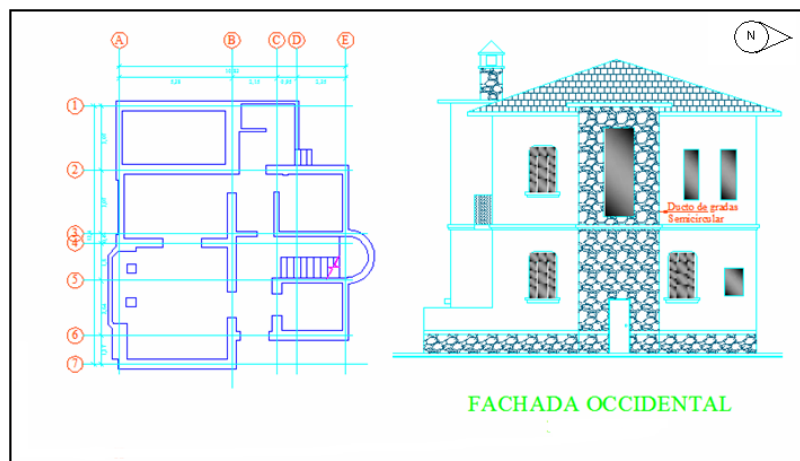


Figura 2.2. Planta y Elevación Residencia Ibarra – Camacho

En la parte posterior de la vivienda existe un sector semi circular o elíptico, en el que se encuentra en el ducto para las gradaa,



Figura 2.3. Ducto Semi-Circular de las Gradadas.-

El entresuelo está compuesto por vigas de chanul, tabloncillos y el terminado final es de duela. También posee cielo raso compuesto de carrizo ubicado por debajo de las viguetas para dar un aspecto más elegante al ambiente.

La casa posee un distintivo especial, la cubierta se proyecta más allá de sus paredes de manera que forma un volado que cubre la vivienda. Éste rasgo distintivo es muy importante para preservar las estructuras de adobe, porque protege las caras exteriores de las paredes del embate de las lluvias.



Figura 2.4. Cubierta.-

En la edificación existe una chimenea de piedra en el salón principal, que se proyecta hasta la segunda planta.



Figura 2.5. Chimenea



### 2.1.1 Planta Baja

En planta observamos que los muros principales están dispuestos en hileras en el sentido largo del adobe 40 cm y muros secundarios dispuestos en el sentido corto del adobe 20 cm, existe adicionalmente una capa de 5 cm de espesor de recubrimiento a sus paredes. El entrepiso de la planta baja está dispuesto con vigas principales de 10 x 20 cm ubicadas en los ejes principales, las viguetas son de 5x15 cm dispuestas cada 60 cm.

Estructuralmente la edificación cuenta con cuatro ejes principales denominados 1, 2, 5, 6 en sentido X de la implantación indicada en Figura 2.6. Además cuenta con cuatro ejes principales denominados A, B, C, E en el sentido Y, y con ejes secundarios paralelos a X: 3, 4, 7 y D es un eje secundario paralelo a Y.

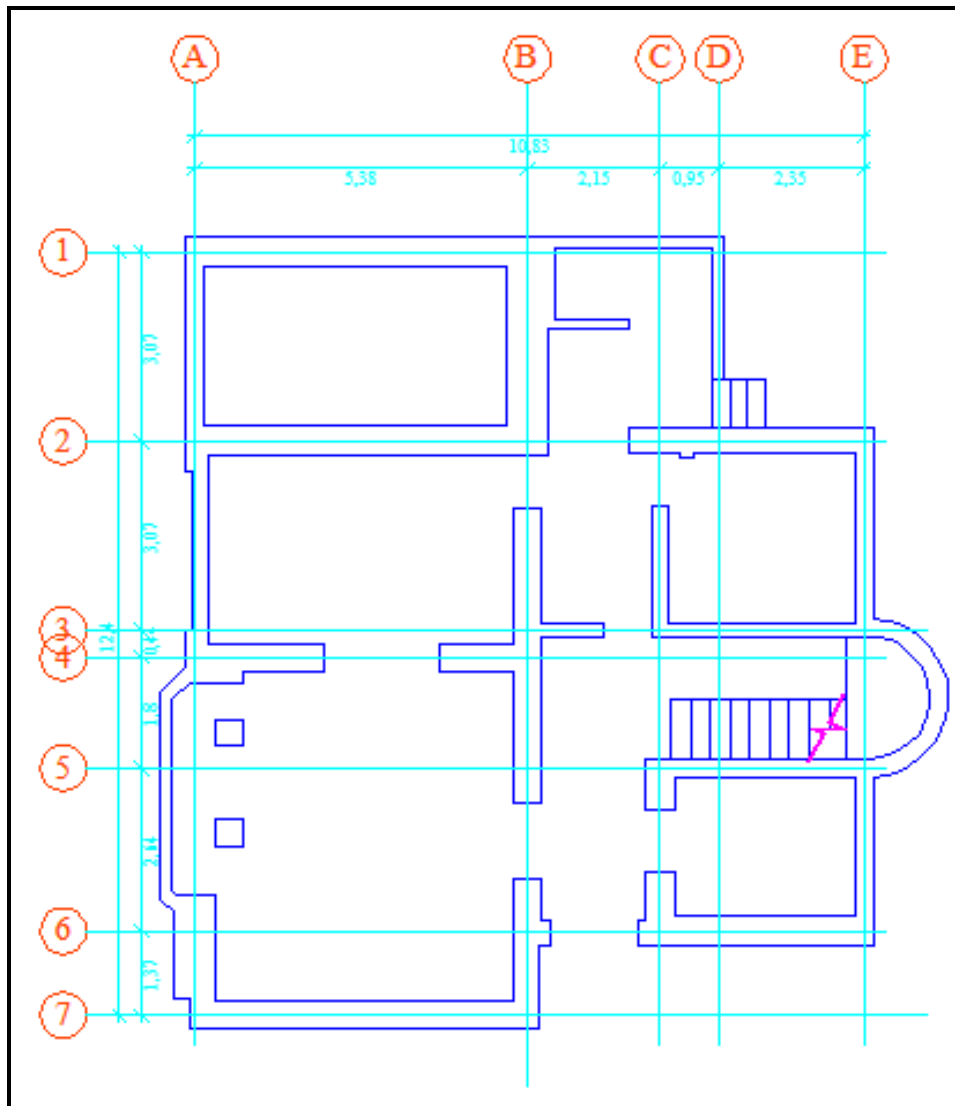


Figura 2.6. Implantación Residencia Ibarra – Camacho

### 2.1.2 Planta Alta

El levantamiento arquitectónico determinó que estructuralmente los ejes principales y secundarios tanto en sentido X como en sentido Y tienen continuidad con la planta baja es decir no sufren ningún cambio, ni desplazamiento de ejes.

Determinado los distintos ejes principales y secundarios en la edificación, y elaborados los planos definitivos de primera y segunda planta de acuerdo al

levantamiento arquitectónico, se procederá a modelar la estructura con la ayuda de un programa computacional que permita conocer el estado actual de la estructura y cual es su comportamiento frente a distintas solicitaciones.

Los adobes utilizados fueron obtenidos de una construcción contemporánea a la estructura analizada con el fin de obtener un resultado cercano a la realidad en el estudio, estos son rectangulares con una sección de 20x40 cm.



Figura 2.7. Sección preferencial de Adobe

## **2.2. DESCRIPCIÓN DE CARGAS VERTICALES EN LA ESTRUCTURA**

### **2.2.1. Disposición de bloques de Adobe**

Las paredes de adobe presentan diversas formas de ubicación de sus unidades de mampostería como se señala a continuación:

### 2.2.1.1. Encuentros esquineros

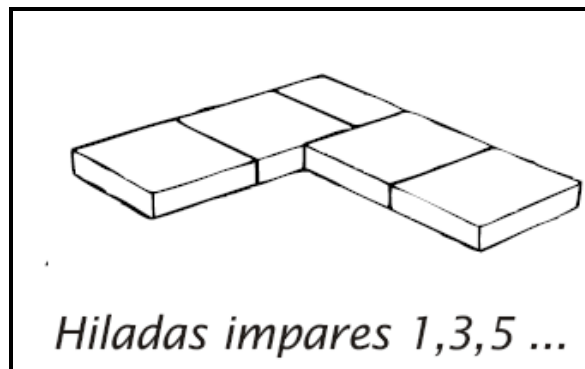


Figura 2.8. Encuentros esquineros con adobe

Los encuentros esquineros indicados en la Figura 2.8 son utilizados para amarre de bloques de adobe en esquinas, ya que al no poseer columna este sistema permite un correcto funcionamiento de las paredes como muro de mampostería.

### 2.2.1.2. Encuentros en T

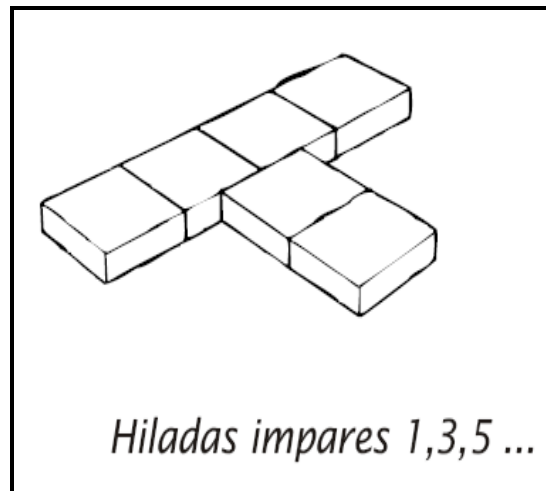


Figura 2.9. Encuentros en T con adobe

Estos encuentros de adobes se presentan en sitios de unión entre paredes según indica la figura 2.9.

### **2.3. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA EDIFICACION**

El Ecuador se encuentra en el llamado Cinturón de fuego del Pacífico, por lo tanto aunque no se ha registrado un sismo de gran magnitud en Quito, el peligro sísmico es muy alto.

Se puede indicar que las edificaciones de adobe de la época fueron construidas para que resistan fundamentalmente cargas verticales, con materiales como adobe, piedra, los cuales tienen muy buen comportamiento a compresión. El principal objetivo era transmitir todas las fuerzas hacia el suelo.

Pero su casi nula resistencia a la tracción y la alta inestabilidad de sus propiedades mecánicas cuando son afectadas por fenómenos naturales como los sismos, o inundaciones han producido efectos desastrosos en incontables construcciones de este tipo a lo largo de la historia.

## **2.4. DAÑOS ESTRUCTURALES EN ADOBE**

En diversos terremotos ocurridos en el Ecuador así como en la región andina, se ha observado que en general las estructuras con sistemas constructivos tradicionales, entre ellas las de adobe, presentan un pobre comportamiento sísmico, llegando incluso al colapso en forma muy rápida, aun frente a sismos moderados. Este tipo de construcciones no cuentan con un diseño sísmoresistente que garantice el correcto funcionamiento de los distintos elementos estructurales.

### **2.4.1 Daños Producidos por Sismos**

En lo que respecta a los tipos de falla se pueden catalogar en dos grupos:

- ✓ La falla de los muros por volteo fuera del plano y
- ✓ La falla de los muros debida a fuerza horizontal en su propio plano.

De estos dos tipos de falla, la que se presenta primero y por lo tanto a menores niveles de intensidad sísmica es la falla por volteo fuera del plano. Cuando este tipo de falla se controla, se producen las grietas debidas a la fuerza horizontal en el plano del muro, las cuales dependiendo de la esbeltez y de la duración del sismo pueden causar el colapso total o parcial de los muros.

## **2.5. COMPORTAMIENTO SISMICO DE ESTRUCTURAS DE ADOBE Y SUS PRINCIPALES FALLAS.**

Usualmente la poca resistencia a la tracción de la albañilería produce una falla en el amarre de los muros en las esquinas, empezando por la parte superior;

esto a su vez aísla los muros unos de otros y conduce a una pérdida de estabilidad lateral, produciendo el desplome del mismo fuera de su plano.

- Fisuras en el centro y las uniones de las paredes o muros portantes, debido a la acción de fuerzas sísmicas actuando en forma perpendicular al plano de la pared, las mismas que generan tracciones por flexión en el centro y tienden a empujar los muros separándolos en las uniones.



Figura 2.10. Fisuras en centro y uniones de paredes

Los principales factores que afectan la estabilidad de los muros de adobe que son sometidos a fuerzas fuera de su plano son:

- El espesor del muro y su esbeltez.
- La conexión entre el muro y el techo o el sistema de piso.
- Si el muro es portante o no.

- La longitud libre del muro o distancia entre la intersección de los muros transversales.
- La condición de la base del muro.

Si se controla la falla de las esquinas, entonces el muro puede soportar fuerzas sísmicas horizontales en su plano, las que pueden generar el segundo tipo de falla producido por fuerza cortante. En este caso aparecen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal.

A causa de las mismas fuerzas sísmicas actuando en forma perpendicular al muro, suelen aparecer fisuras en el triángulo superior que conforma el tímpano, utilizado para formar los techos a dos aguas, donde la viga del cumbrera produce empujes importantes sobre la pared, provocando usualmente su desplome.

La función de la viga solera es muy importante ya que esta es una viga de madera colocada sobre el muro de mampostería de adobe. Usualmente las casas de adobe existe este elemento, la misma que permite integrar los muros para su trabajo de conjunto y limitar el crecimiento de las potenciales grietas.





Figura 2.11. Fisuras en el tímpano

Las fuerzas laterales actuando en el mismo plano de la pared producen esfuerzos cortantes que generan tensión diagonal, provocando fisuramiento. En los sitios donde existen aberturas, por la presencia de puertas y ventanas, las fisuras se inician a  $45^\circ$  desde las esquinas y se propagan en forma curva hacia arriba. Cuando las fuerzas sísmicas son mayores, aparecen las grietas a  $45^\circ$  en ambas direcciones, dejando la bien conocida “X” o marca del sismo.



Figura 2.12. Fisuras a 45° en ambas direcciones

El proceso de fisuramiento arriba descrito resulta muy peligroso puesto que impide el trabajo integrado de los muros, quedando los elementos estructurales sueltos, sin arriostramiento, permitiendo un trabajo aislado de cada uno de ellos, por lo que al continuar el movimiento sísmico, éstos tienden a su colapso total o parcial.

Para evitar posibles fallas estructurales las edificaciones de adobe deberán cumplir con las siguientes características generales de construcción:

- a) Todos los muros en lo posible deben ser 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.

Para el caso de la acción de fuerzas laterales, las estructuras de mampostería en general, las enfrentan adecuadamente si existe y se mantiene la acción de conjunto tipo caja, con las paredes bien vinculadas entre si, con elementos confinantes, con buena resistencia a la tensión diagonal ante fuerzas en el plano de las paredes, y un nivel de cubierta rígido en su plano, tipo diafragma, que canalice las fuerzas sísmicas hacia las paredes paralelas al sismo.

## CAPÍTULO III

### 2. ANÁLISIS DE LOS MATERIALES

Los bloques de adobe deben tener un porcentaje de arcilla de alrededor del 20% y una proporción de arena superior al 45%, mientras que el contenido del agua para el amasado conviene que no supere el 12% de la arcilla empleada.

#### 3.1. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

##### 3.1.1. Ensayo de granulometría (norma AASHTO t 27-28)



Figura 3.1 Materiales para el análisis granulométrico

#### **3.1.1.1. Objetivo.**

Determinar la distribución por tamaño de las partículas de agregados gruesos y finos, utilizando tamices de abertura cuadrada.

#### **3.1.1.2. Resumen**

El procedimiento se basa en pasar una muestra de árido seco, de masa determinada, a través de tamices con aberturas progresivamente más pequeñas. Para determinar el contenido porcentual de masa de las partículas que constituyen el árido.

#### **3.1.1.3. Equipo**

Los aparatos consistirán de lo siguiente:

- Balanza.- La balanza cumplirá con la norma AASHTO M 231.
- Tamices.- Los tamices con aberturas cuadradas conformarán los requisitos de la norma ASTM E-323 y estarán montados en marcos contruidos de manera tal que eviten la pérdida de finos durante el tamizado
- Horno.- El horno será capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ \text{F}$ ).

#### **3.1.1.4. Preparación de la muestra**

Las muestras serán sometidas en primer lugar al procedimiento de la norma AASHTO T.11. Todas las muestras de agregados gruesos y finos, donde el porcentaje de humedad absorbida cambia para los diferentes tamaños de partículas serán secadas a una temperatura de  $110^\circ \text{C}$ .

### 3.1.1.5. Procedimiento

- La muestra será separada en una serie de tamices, utilizando los tamices que sean necesarios para cumplir con las especificaciones del material bajo ensayo .El tamizado se continuará hasta que no más del 0.5 % por peso de la muestra total, pase por cualquier tamiz durante un minuto de tamizado manual.
- El peso de cada tamaño será determinado en la balanza. El material será pesado con la aproximación de 0.2 por ciento del peso de la muestra ensayada.

### 3.1.1.6. Cálculos

Se calculan los porcentajes en función del peso total de la muestra incluyendo cualquier material menor que el tamiz de 0.075 mm (Nº 200) que haya sido determinado de acuerdo con la norma AASHTO T-11.

Los porcentajes serán aproximados al número entero más próximo.

**Tabla 3.1 Granulometría de los Agregados**

#### Granulometría

Tamiz	peso retenido	% retenido	% pasa
N4	2,4	0,48	99,52
10	26,5	5,3	94,72
40	140,02	28,004	71,99
200	294	58,8	41,24
pasa 200	36,98	7,396	92,60
	total	<b>99,98</b>	%

### **3.1.2. Determinación del Límite Líquido. Método Casa Grande (Norma INEN 691)**

#### **3.1.2.1. Objetivo**

Establecer el método para determinar el límite líquido de un suelo secado al horno a 60° C, secado al aire o en estado natural.

#### **3.1.2.2. Alcance**

Este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz N° 40.

#### **3.1.2.3. Disposición específica**

La temperatura del laboratorio debe mantenerse a 23 ° C

#### **3.1.2.4. Resumen**

Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casa Grande) en el que con un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.

#### **3.1.2.5. Equipo**

- Dispositivo mecánico (Copa de Casa Grande)
- Acanaladores.
- Plato o fuente de mezclado
- Espátulas
- Equipo para determinar el contenido de agua
- Calibrador

#### **3.1.2.6. Preparación de la muestra**

Se toma una muestra de alrededor de 250 g. de la porción completamente del material que pase el tamiz N° 40.

A esta muestra se le deja evaporar, si fuera necesario, o se añade agua destilada y se mezcla completamente en la fuente usando la espátula, hasta obtener una pasta de suelo homogéneo y denso que pueda moldearse fácilmente con los dedos.

### **3.1.2.7. Procedimiento**

Colocar una porción de esta pasta en la copa, sobre la parte que descansa en la base, extendiéndola con la espátula.

Nivelar el suelo con la espátula paralelamente a la base, de tal manera que tenga una profundidad de 10 mm. en la sección de espesor máximo.

Con el acanalador realizar un canal en la muestra, evitando desplegarla de la copa.

Colocar la copa en su dispositivo mecánico, girar el manubrio a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, contar los golpes necesarios para que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto al fondo del canal. En una distancia continua de alrededor de 10 mm.

### **3.1.2.8. Cálculos**

Los datos obtenidos deben registrarse en un papel semi-logarítmico, representando los contenidos de agua, en la escala aritmética, como abscisas, y el número de golpes en la escala logarítmica, como ordenadas; de esta manera se determina un punto para cada ensayo realizado.



Se traza la curva de flujo uniendo con una línea recta y de la manera más aproximada, los puntos registrados. El índice de flujo puede calcularse también con la siguiente ecuación.

$$If = \frac{w_1 - w_2}{\log 10 \frac{N_2}{N_1}}$$

Donde:

If = índice de flujo

$w_1$  = contenido de agua, en porcentaje correspondiente a  $N_1$  golpes.

$w_2$  = contenido de agua, en porcentaje correspondiente a  $N_2$  golpes.

**Tabla 3.2 Límite Líquido**

**Límite Líquido**

Cápsula	Peso cap. + suelo húmedo	peso cap. + suelo seco	peso cap.	W%	golpes
29	15,2	13,6	6,7	18,823	12
64	17,7	15,4	5,1	18,253	20
29	14,3	12,8	5,2	16,483	58

### 3.1.3. Determinación del Límite Plástico de Suelos (Norma INEN 692)



Figura 3.2. Implementos para la obtención del límite plástico de suelos

#### 3.1.3.1. Objetivo

Determinar el límite plástico de un suelo y el índice de plasticidad dentro del cual el suelo permanece plástico.

#### 3.1.3.2. Alcance

Este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz N° 40.

#### 3.1.3.3. Disposición específica

La temperatura del laboratorio debe mantenerse a 23 ° C

#### 3.1.3.4. Resumen plástico

Límite plástico de un suelo es el más bajo contenido de agua después del cual el suelo permanece plástico.

El índice de plasticidad es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico.

#### 3.1.3.5. Equipo

- Plato

- Espátula
- Superficie plana. (plancha de vidrio )
- Recipientes
- Balanza
- Horno

#### **3.1.3.6. Preparación de la muestra**

Se toma unos 20 g de la porción de material que pasa el tamiz N° 40 y que esté bien mezclado.

Se coloca el suelo a secar al aire en un plato de evaporación, se lo mezcla bien con agua destilada hasta que la masa se vuelva suficientemente plástica para ser convertida fácilmente en una bola, se toma una porción de esta bola que pese alrededor de 8 g para el ensayo del material.

#### **3.1.3.7. Procedimiento**

La muestra de ensayo, se presionará para formar una masa de forma elipsoidal de 8 g. Se amasa esta porción entre los dedos y la plancha de vidrio, apoyado sobre una superficie horizontal lisa, con suficiente presión para formar unos pequeños cilindros de diámetro uniforme en toda su longitud.

Cuando el diámetro del cilindro llega a los 3.2 mm, se lo rompe en 6 u 8 pedazos.

Los pedazos de suelo figurado deben reunirse y colocarlos juntos en un recipiente, luego, el recipiente junto con las muestras debe pesarse con la aproximación de 0.01 y anotar el peso. El recipiente que contiene la muestra debe ponerse a secar en el horno hasta peso constante a una temperatura de 110 ° C y pesarlo con la aproximación de 0.01 g. La pérdida de peso se registrará como el peso del agua.

### 3.1.3.8. Cálculos

Se calcula el límite plástico, expresado como porcentaje del contenido de agua del peso del suelo secado en horno y se calcula de siguiente manera:

$$\text{Límite Plástico} = \text{Peso del agua} / \text{Peso del suelo secado en horno} * 100$$

Se informa el límite plástico como el número entero más cercano.

Se calcula el índice de plasticidad del suelo como la diferencia entre límite líquido y su límite plástico:

$$\text{Índice de Plasticidad} = \text{Límite Líquido} - \text{Límite Plástico.}$$

**Tabla 3.3 Límite Plástico**

#### Límite Plástico

Cápsula	Peso cap. + suelo húmedo	peso cap. + suelo seco	peso cap.	W%
34	6,4	6,3	6,2	50
35	6,4	6,3	6	25
36	6,9	6,8	6,4	20

### 3.1.4. Determinación del contenido de humedad método del secado al horno (Norma INEN co 0902-303)



Figura 3.3 Implementos para la obtención del contenido de humedad

#### 3.1.4.1. Objetivo

Establecer el método para determinar en el laboratorio el contenido de humedad de los suelos como un porcentaje de su masa seca, mediante el secado al horno.

#### 3.1.4.2. Resumen

El método de ensayo consiste en determinar la masa de agua que hay en una determinada masa de suelo húmedo, mediante un horno de secado regulado a una determinada temperatura.

#### 3.1.4.3. Equipo

- Horno de secado.- debe ser regulado termostáticamente y capaz de mantener una temperatura entre 105° C y 110° C.

- Balanza.- ya sea una balanza sensible al 0.01 g. para pesar muestras de 100 g o menos.
- Recipientes.- Estos deben ser de un tamaño adecuado, fabricados de un material resistente a la corrosión y que no cambie su masa o se desintegren debido al fenómeno repetitivo de calentado y enfriado.

#### **3.1.4.4. Preparación de la muestra**

La muestra de ensayo debe ser representativa de la masa de suelo y su tamaño depende de la cantidad requerida para una buena representación.

Para cada determinación del contenido de humedad debe usarse un recipiente.

#### **3.1.4.5. Procedimiento**

- a) Pesar el recipiente con su tapa, cuidando que esté seco y limpio.
- b) Colocar cuidadosamente en el recipiente la porción representativa del suelo húmedo a ensayarse.
- c) Luego pesar el recipiente con una muestra húmeda, cuidando que exteriormente no existan partículas de suelo adheridas.
- d) Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado.
- e) Después de sacar del horno el recipiente con la muestra de suelo, seca, y dejarlo enfriar hasta la temperatura ambiente, pesarlo.

#### **3.1.4.6. Cálculos**

El contenido de humedad del suelo se lo calcula como un porcentaje de su masa seca con la siguiente ecuación:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100$$

Donde:

W= Contenido de humedad, en %.

$m_1$  = Masa del recipiente en g

$m_2$  = Masa del recipiente y el suelo húmedo en g

$m_3$  = Masa del recipiente y el suelo seco en g

**Tabla 3.4 Humedad Natural**

**Humedad Natural**

<b>Capsula</b>	<b>Peso cap. + suelo húmedo</b>	<b>peso cap. + suelo seco</b>	<b>peso cap.</b>	<b>W%</b>
DPS	175,2	172,4	41,5	<b>2,09</b>

### 3.1.5. Determinación del peso específico de suelos (Norma ASTM D 854-58)



Figura 3.4 Implementos para la obtención del peso específico de suelos

#### 3.1.5.1. Objetivo

Determinar el peso específico de suelos mediante un picnómetro.

#### 3.1.5.2. Disposición específica

Cuando el valor del peso específico sea usado en cálculos relacionados con la parte hidrométrica del ensayo del análisis mecánico de suelos se recomienda que la determinación de peso específico sea efectuada sobre aquella fracción de suelo que pasa el tamiz N° 10.

#### 3.1.5.3. Resumen



El peso específico es la relación entre el peso en aire de un volumen dado de un material a la temperatura considerada y el peso en aire de un volumen igual de agua destilada a la temperatura especificada.

#### **3.1.5.4. Equipo**

- Picnómetro.- debe tener una capacidad de por lo menos 100 ml.
- Balanza.- ya sea una balanza sensible al 0.01 g.

#### **3.1.5.5. Preparación de la muestra**

El suelo a utilizar en el ensayo de peso específico puede contener su humedad natural o ser secado en horno. El peso de la muestra para el caso de secada en horno deberá ser de por lo menos 25 g. cuando se utilice el matraz volumétrico y como mínimo de 10 g si se usa el frasco con tapa.

#### **3.1.5.6. Procedimiento**

a) Se coloca la muestra en el picnómetro, tomando la precaución, en el caso de que su peso ya ha sido determinado, de no perder ninguna parte de la misma.

Se añade agua destilada llenando el matraz volumétrico hasta tres cuartos de su capacidad, o hasta la mitad si se emplea el frasco con tapón,

Cuando el diámetro del cilindro llega a los 3.2 mm., se lo rompe en 6 u 8 pedazos.

b) Se saca el aire atrapado con la máquina de vacío durante 15 minutos.

c) Luego se llena el picnómetro con agua destilada y la parte externa será limpiada y secada con un trapo seco y limpio.

Se determina el peso del picnómetro y su contenido y la temperatura del contenido en grados centígrados.

#### **3.1.5.7. Cálculos**

El peso específico del suelo, basado en agua a la temperatura Tx, se calculará

como sigue: 
$$\frac{Tx}{Tx^{\circ}C} = \frac{Wo}{Wo + (Wa - Wb)}$$

Donde:

Wo= Peso de la muestra secada en horno, en gramos.

Wa= Peso del picnómetro lleno de agua a la temperatura Tx, en gramos

Wb= Peso del picnómetro lleno de agua y suelo a la temperatura Tx, en gramos

Tx = Temperatura del contenido del picnómetro cuando el peso Wb fue determinado, en grados centígrados.

**Tabla 3.5 Peso Específico de los Granos**

A	Peso picnómetro + muestra seca	372.20
B	Peso picnómetro + muestra + agua destilada	785,50
C	Peso del picnómetro	172,70
D	Peso del picnómetro + agua destilada	671,40
E = A-C	Peso de la muestra seca	199,50
F = D-C	Volumen del frasco	498,70
G = B-A	Volumen del frasco + volumen de los granos de la muestra	413,30
H = F-G	Volumen de los granos de la muestra	85,40
E / h	Peso específico de los granos	<b>2,33</b> gr/cm <sup>3</sup>

## 3.2. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MAMPUESTOS

### 3.2.1. Compresión axial en pilas (Norma ASTM C 1314-00a)



Figura 3.7 Máquina digital para ensayo de resistencia a la compresión en pilas

#### Factores de Conversión

$$1 \text{ Tf} = 1000 \text{ Kgf}$$

$$1 \text{ Kgf} = 9,81 \text{ N}$$

$$1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$$

$$1 \text{ MPa} = 100 \text{ N} / \text{cm}^2$$

#### Simbología

Tf = Tonelada Fuerza

Kgf = Kilogramo Fuerza

N = Newton

Pa = Pascales

MPa = Megapascales

#### **3.2.1.1. Objetivo**

Determinar la resistencia máxima admisible a la compresión que poseen pilas conformadas por dos bloques de adobe al estar sometidos a una carga gradual.

#### **3.2.1.2. Alcance**

El ensayo de resistencia a la compresión en pilas de adobe se basó en el Código del Perú, debido a que no existe en el país una normativa; tomando en cuenta ciertas consideraciones necesarias para la interpretación de resultados

#### **3.2.1.3. Resumen**

El ensayo consiste en aplicar carga gradual de compresión a una pila de bloques de adobe y así determinar la resistencia máxima admisible.

#### **3.2.1.4. Disposición específica**

Tener especial cuidado en mantener la verticalidad de las pilas de adobe al aplicar la carga.

El esfuerzo será aplicado en la misma dirección en que las cargas y peso propio vayan actuar en las construcciones.

#### **3.2.1.5. Equipo**

- Máquina de compresión provista de plato con rótula de segmento esférico.
- Placas de Acero para que la carga aplicada se distribuya en toda la superficie de la muestra.

#### **3.2.1.6. Preparación de las Muestras**

Las muestras a ensayarse consisten en bloques de adobe con caras planas y paralelas.

En caso de que las muestras presenten irregularidades de forma o sus caras tengan estrías o ranuras, se las tallará cuidadosamente hasta conseguir bloques sin defectos apreciables.



Figura 3.6. Preparación de la muestra

Las pilas estarán compuestas por piezas enteras de adobes.

El espesor de las juntas será de 2 cm.

El tiempo de secado del mortero de las pilas será de 30 días y el número mínimo de pilas a ensayar será de tres (3).



Figura 3.8. Preparación de pilas de adobe

### 3.2.1.7. Procedimiento

Las muestras deben estar centradas con respecto a la rótula de la máquina de compresión, de manera que la carga se aplique verticalmente sobre la pila.

Debido a la fragilidad de la muestra la carga es aplicada a una velocidad mínima aproximadamente hasta la mitad de la carga máxima probable, y gradualmente se aumenta la velocidad para el resto de la carga. El tiempo no debe ser menor a 10 minutos.

### 3.2.1.8. Cualidades resistentes del adobe

Las cualidades resistentes del adobe se caracterizan mediante los siguientes parámetros, los cuales se tendrán en cuenta en su diseño y control:

- Resistencia básica a la compresión  $\sigma'_{mo}$
- Resistencia básica al corte  $\tau_{mo}$

Las características de deformabilidad de la mampostería de adobe se definen mediante los siguientes parámetros:

- Módulo de elasticidad longitudinal  $E_m$
- Módulo de corte  $G_m$

### 3.2.1.9. Cálculos

Área Neta.- Para el cálculo de área neta, se realizó en primer lugar un promedio de las dimensiones de las dos caras del prisma.

$$A_N = LxW$$

Donde:

$A_N$  = Área neta del prisma. ( $\text{cm}^2$ )

$L$  = El largo promedio de las caras del prisma, (cm)

$W$  = El ancho promedio de las caras del prisma, (cm)

Fuerza de Compresión.- Para determinar la fuerza de compresión de cada prisma se divide la máxima carga de compresión resistida para el área neta.

$$F_c = \frac{P_{MAX}}{A_N}$$

Donde:

$F_c$  = Fuerza de compresión del prisma, (MPa)

$P_{MAX}$  = Máxima carga de compresión resistida (N)

$A_N$  = Área neta del prisma, ( $\text{mm}^2$ )

## 3.2 MADERA DE CONSTRUCCION ESTRUCTURAL

Se denomina así a aquella madera que constituye el armazón estructural de las edificaciones, es decir forma la parte resistente de componentes como muros o paredes, pisos o techos tales como: columnas, vigas, cerchas entre otros.

Las especies que se presentan en la tabla 3.7., son aquellas para las que se han efectuado ensayos de vigas a escala natural, verificándose que las propiedades de la especie correspondan a las del grupo asignado. En el estudio se analizará al Chanul que corresponde al grupo B.

**Tabla 3.6 Grupos de Especies Estudiadas en el PADT REFORT  
Para Maderas Estructurales**

PAÍS	GRUPO	NOMBRE COMÚN
------	-------	--------------

ECUADOR	A	Caimitillo
		Guayacán
	B	<b>Chanul</b>
		Moral fino
		Pituca
	C	Fernán Sánchez
		Mascarey
		Sande

### 3.2.1

#### PROPIEDADES RESISTENTES DE LA MADERA

Los valores presentados a continuación fueron tomados del manual JUNAC (Colombia) .

Las principales propiedades resistentes de la madera son



### 3.2.2. Resistencia a la compresión paralela

Los valores del esfuerzo de rotura en compresión paralela a las fibras para ensayos con probetas de laboratorio varían entre 100 Kg/cm<sup>2</sup> y 900 Kg/cm<sup>2</sup> para maderas tropicales. Donde se recomienda escoger el menor valor.



Figura 3.9 Compresión paralela a las fibras

### 3.2.3. Resistencia a la compresión perpendicular

La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional, el mismo que varía entre  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{5}$  del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela.

Con esta aclaración el  $\frac{1}{4}$  del esfuerzo de compresión paralela es 25 kg. /cm<sup>2</sup>



Figura 3.10 Compresión perpendicular a las fibras

#### **3.2.4. Resistencia a la flexión paralela al grano**

En ensayos de probetas pequeñas libres de defectos los valores promedios de la resistencia a la flexión varían entre 200 Kg./cm<sup>2</sup> y 1700 Kg./cm<sup>2</sup>. Al tratarse del chapul su contenido de humedad es medio entonces escogemos el valor mas bajo.

#### **3.2.5. PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LA MADERA**

La madera como material ortotrópico tiene tres módulos de elasticidad, tres módulos de corte y seis módulos de Poisson, orientados y definidos según los tres ejes ortogonales, pero en ingeniería vamos a considerar este material como homogéneo y solamente consideraremos tres.

#### **3.2.6. Módulo de Elasticidad**

Para el uso en entramados es recomendable el uso de de un Eprom., el cual está considerado de acuerdo al tipo de madera a utilizar así por ejemplo para madera del grupo B del análisis es: Eprom = 100000 Kg./cm<sup>2</sup>

### **3.2.7. Módulo de Corte o rigidez**

El módulo de corte o rigidez depende del módulo de elasticidad y lo recomendable es adoptar un valor de  $\frac{1}{25}$  del E<sub>prom.</sub>, así pues obtendremos un valor de  $G = 4000 \text{ Kg./cm}^2$

### **3.2.8. Módulo de Poisson**

El módulo de Poisson es la relación que existe entre la deformación lateral y la longitudinal, así pues la madera posee 6 módulos de Poisson con seis valores promedios que han reportado un valor de  $\mu = 0,35$ .

# RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

## CAPÍTULO IV

### 4. MODELO ESTRUCTURAL EN SAP 2000 Y ANÁLISIS DE ELEMENTOS SÓLIDOS.

#### 4.1. ANÁLISIS DE CARGAS

##### 4.1.1. Determinación de Carga Muerta

Para el análisis de carga muerta de la estructura se toma en cuenta el peso de los distintos materiales según el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC) 2001, que actúan sobre la edificación y son:

ANÁLISIS DE CARGAS					
CARGA PERMANENTES :	Carga Muerta :CM.				
MATERIAL	DIMENSIONES				CM ((T / m <sup>2</sup> ))
adobe :	$b * a * h * \gamma_{adobe} * \#_{adobe} / m^2$	=	0,4*0,2*0,10*2,3*25	=	0,46
enlucido :		=	1,0*1,0*0,025*2,3	=	0,06
Vigas madera :	( Acuerdo de Cartagena- vigas de chanul )			=	0,01
Cubierta Losa :		=	1,0*1,0*1,1*2,4	=	0,24
Vigas de cubierta :	20% losa	=	0,2*0,24	=	0,05
Teja serrana :				=	0,16

Cielo raso	( yeso + carrizo )			=	0,03
:					
Duela entrepiso :				=	0.01
			<b>TOTAL CM</b>		<b>1.03</b>

#### 4.1.2. Determinación de Carga viva

La carga viva es la carga actuante de acuerdo al uso que posee la estructura, la edificación Ibarra - Camacho construida en 1930 es una vivienda por lo tanto por normativa se debe tomar un valor de  $0.3 \frac{T}{m^2}$  . (CEC 2001)

#### 4.1.3. Determinación de Carga lateral

La carga lateral que afecta a una estructura es producida por sismos y/o viento, la misma que es directamente proporcional a la altura de la edificación.<

Debido a que la fuerza producida por el viento en nuestra ciudad puede ser despreciable, únicamente se realizará el análisis para el cálculo de cargas producidas por sismos.

#### 4.1.4 Carga viva y carga muerta que afectan a la estructura:

##### Cargas Aplicadas en la Segunda Planta:

##### Cargas de Cubierta

- Vigas de madera

- Cubierta losa
- Vigas de cubierta
- Teja serrana

**SEGUNDA PLANTA:**

	CM. :	0,46	$\frac{T}{m^2}$
Losa inaccesible (CEC)	CV :	0,10	$\frac{T}{m^2}$
<b>Carga Total :</b>	<b>CT :</b>	<b>0,56</b>	$\frac{T}{m^2}$

**Cargas Aplicadas a la Primera Planta:**

**Cargas de entrepiso**

- Vigas de madera
- CM. Cubierta
- Cielo raso
- Adobe
- Enlucido
- Duela entrepiso

<b>PRIMERA PLANTA</b>	CM. :	1,03	$\frac{T}{m^2}$
	CV :	0,30	$\frac{T}{m^2}$
<b>Carga Total :</b>	<b>CT :</b>	<b>1.33</b>	$\frac{T}{m^2}$

## 4.2. DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS LATERALES DE DISEÑO

Los procedimientos y requisitos descritos en este análisis fueron tomados del CEC 2002, y se determinará considerando las características de la edificación. Las estructuras deben diseñarse para una resistencia tal que puedan soportar los desplazamientos laterales inducidos por el sismo de diseño.

### 4.2.1. Cortante basal de diseño.

Es el corte al pie de la estructura y es igual a la suma de las fuerzas horizontales en cada piso. Estas fuerzas se producen cuando la estructura es sometida a un movimiento en su base, debido a la inercia de cada piso.

$$V = \sum_{i=1}^n F_i$$

$F_i$  = fuerza horizontal en el piso  $i$ .

$n$  = número de pisos.

El corte basal se considera igual a un porcentaje del peso total por carga muerta de la estructura.

Las estructuras deben diseñarse para resistir fuerzas sísmicas provenientes de cualquier dirección. Debe asumirse que las fuerzas sísmicas de diseño actúan de manera no concurrente en la dirección de cada eje principal de la estructura.

La estructura analizada es de mampostería, para lo cual consideraremos un valor de inercia agrietada de muros de 0,7.

El cortante Basal total de diseño  $V$ , que será aplicado a una estructura en una dirección dada, se determinará mediante las siguientes expresiones:



$$V = \left( \frac{ZIC}{R\phi_p\phi_E} \right) * Wt$$

Donde:

Wt = Peso debido a carga muerta

**4.2.3. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura. (I)** La estructura en análisis es una vivienda familiar considerada con un factor de importancia de **1,0**.

**4.2.4. Coeficiente de Suelos (S)** = Clasifica los sitios o perfiles de suelo de acuerdo con las propiedades mecánicas del sitio. Debido a que el suelo analizado es un Perfil tipo S2, tomaremos el valor mostrado en la tabla 4.1

**4.2.5. Coeficiente (C)** = ordenada espectral, representa los efectos combinados de todos los modos de vibración.

No debe exceder el valor de Cm establecido en la tabla 4.1., no debe ser menor a 0,5 y puede utilizarse para cualquier estructura.

$$C = \frac{1.25S^S}{T}$$

**COEFICIENTE DE SUELO S Y COEFICIENTE Cm**

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S2	Suelos intermedios	1,2	3

Tabla 4.1

**4.2.6 Factor de reducción de resistencia sísmica R**

Para la definición del factor de reducción de resistencia R, se tomaron ciertos criterios, recomendaciones y penalizaciones dirigidas hacia estructuras que no

permiten disponer de ductilidad apropiada para soportar las deformaciones inelásticas requeridas por el sismo de diseño.

***Coefficiente de reducción de respuesta estructural R***

Sistema estructural	R
Estructuras de mampostería reforzada o confinada	5
Estructuras con muros portantes de tierra reforzada o confinada	3

Tabla 4.2

**4.2.7 Zona sísmica y factor de zona (Z).** El valor de Z de cada zona representa la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

El sitio donde se construirá la estructura determinará una de las cuatro zonas sísmicas del Ecuador, de acuerdo con la definición de zonas del cuadro indicado. Una vez indicada la zona sísmica correspondiente, se adoptará el factor de zona Z según la Tabla 4.3

**POBLACIONES ECUATORIANAS Y VALOR DEL FACTOR Z**

CIUDAD	PROVINCIA	CANTON	PARROQUIA	ZONA	FACTOR Z
Quito	Pichincha	Quito	Quito	IV	0.4

Tabla 4.3

#### **4.2.8 Coeficiente de configuración estructural en planta y elevación**

**( $\phi_p, \phi_e$ )**

El código incorpora factores penalizantes al diseño de estructuras irregulares, tanto en planta como en elevación, debido a que en la presencia de dichas irregularidades usualmente causan problemas en las estructuras ante la ocurrencia de un sismo. Junto a la descripción se ha incluido una caracterización de la severidad acumulativa de tales irregularidades.

La utilización de los factores penalizantes incrementa el valor del cortante de diseño, con la intención de proveer de mayor resistencia a la estructura, pero no evita los problemas que pudieran presentarse en el comportamiento sísmico, de la edificación. Por lo tanto es recomendable evitar al máximo la presencia de las irregularidades mencionadas.

$\Phi p_1$  = Irregularidad torsional = 0,9

$\Phi p_2$  = No existe irregularidad = 1

$\phi_e$  = No existe irregularidad en elevación = 1

#### **4.2.9 Período de Vibración (T) –** Para estructuras de edificación, el valor de

T puede determinarse de manera aproximada mediante la expresión:

$$T = C_t * (h_n)^{\frac{3}{4}}$$

$C_t$ : para otras estructuras = 0,06:

$h_n$ : Altura máxima en edificaciones de n pisos. 7 m

#### **4.2.10 Coeficiente de reducción de respuesta estructural (R)** La

edificación en analizada corresponde al tipo de estructura con muros portantes de tierra el valor de R es igual a 3.

#### 4.2.11 RESUMEN

Wt: es el total del peso debido a carga muerta

C: No debe exceder el valor de Cm establecido anteriormente en la tabla 4.1., no debe ser menor a 0,5 y puede utilizarse para cualquier estructura.

S: su valor y exponente se obtiene de la tabla 4.1.

R: Factor de reducción de respuesta estructural tabla 4.2.

$\Phi_p$ ,  $\Phi_e$ : factores de configuración estructural en planta y elevación.

$\Phi_{p1}$  = Irregularidad torsional = 0,9

T: periodo de vibración

Ct: para otras estructuras = 0,06

hn: Altura máxima en edificaciones de n pisos. 7 m

$$V = \left( \frac{ZIC}{R\phi_p\phi_e} \right) * wt \quad ; \quad C = \frac{1.25S^s}{T} \quad ; \quad T = Ct * (hn)^{\frac{3}{4}}$$

Z = 0,4

I = 1

R = 3

$$T = Ct * (hn)^{\frac{3}{4}} = 0,06 * (7)^{\frac{3}{4}} = 0,25$$

$$C = \frac{1.25S^s}{T} = \frac{1.25 * (1,2)^{1,2}}{0,25} = 6,22;$$

C (calculado) > C (CEC);

Adoptamos el valor de C = 3 recomendado en CEC de acuerdo al tipo de suelo.

$$\Phi_p = \Phi_{p1} + \Phi_{p2} = 0,9 * 1 = 0,9$$

$$\Phi_e = 1,0$$

$$V = \frac{ZIC}{R\phi_p\phi_E} = 0,44*wt$$

### Fuerza Sísmica por Piso de la Estructura

PISO	AREA (m <sup>2</sup> )	CM ( tn/m <sup>2</sup> )	wt (tn)		
2	110.11	0.46	50.65	wt <sub>2</sub>	
1	121,95	1,03	125.61	wt <sub>1</sub>	
			176.26	wt	
		hi	wi*hi	$\frac{w_i * h_i}{\sum w_i * h_i}$	Fi ( Tn) %*Vbasal
2	50,65	7,00	354,55	0,57	<b>44,57</b>
1	74.96	3,50	262.38	0,42	<b>32,98</b>

$$V_{basal} = 0,44*wt$$

$$V_{basal} = 0,44*176.26 T$$

$$V_{basal} = 77,55 T$$

### 4.3 CARGAS COOPERANTES

El área cooperante depende del panel de análisis como se muestra en la Figura 4.4. y en la Figura .4.2

El objetivo principal de este análisis es determinar el panel crítico y su carga aplicada en las vigas.

El panel crítico es el de mayor longitud en sus lados.

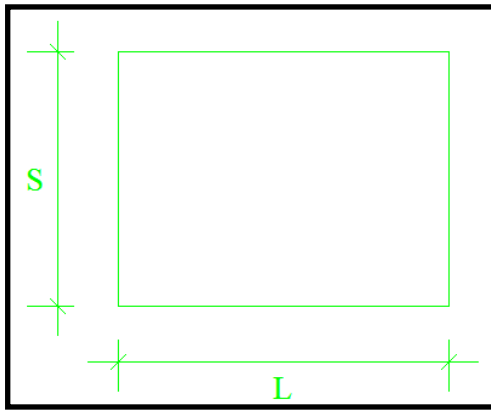


Figura 4.1

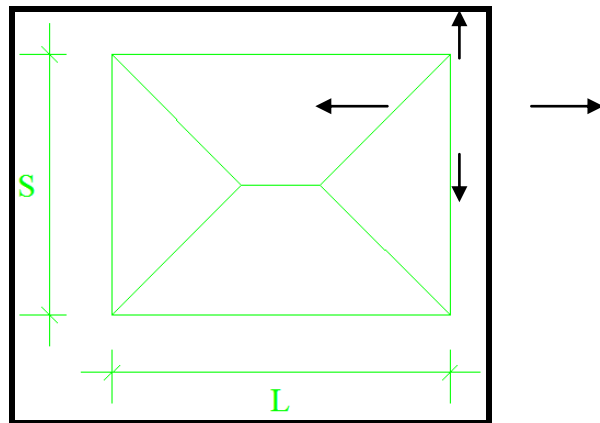


Figura.4.2

Figura 4.1- Muestra un panel crítico

Figura 4.2- Muestra el panel crítico con los diagramas de cargas actuantes sobre las vigas.

S: lado de menor longitud

L: lado de mayor longitud

#### 4.3.1 Equivalencia de Cargas

La equivalencia de cargas sirve para representar la carga actuante en las vigas según el tipo de diagrama o forma geométrica del panel.

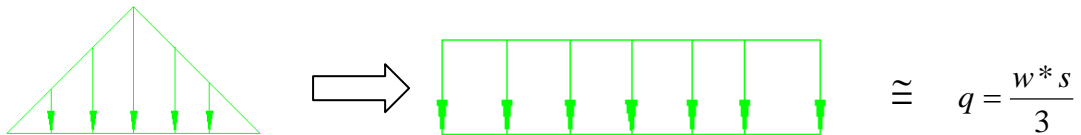
Los diagramas de las cargas que actúan sobre las vigas dependen de la longitud del lado del panel para su representación, por que debemos tomar en cuenta dos parámetros importantes para su interpretación:

- La menor longitud del panel siempre tendrá una forma triangular en el panel crítico.
- La mayor longitud tendrá una forma trapezoidal en el panel.

### 4.3.2 Cargas Distribuidas

#### MENOR LONGITUD

Para el diagrama de carga triangular se aplica la siguiente expresión y la carga pasa de triangular a rectangular.



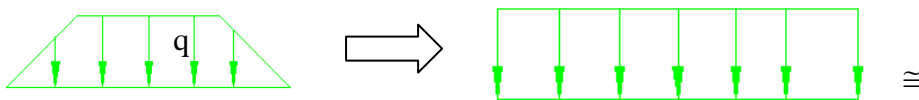
Donde:  $w$ : carga última aplicada ( $Tn/m^2$ )

$s$ : menor longitud (m)

$q$ : carga distribuida actuante

#### MAYOR LONGITUD

Para el diagrama de carga trapezoidal se aplica la siguiente expresión y la carga pasa de ser trapezoidal a ser rectangular.



$$q = \frac{w * s}{3} * \left( \frac{3 - m^2}{2} \right)$$

$$m = \frac{s}{L} = \frac{\text{Long.menor}}{\text{Long.mayor}}$$

Donde:  $w$ : carga última aplicada ( $tn/m^2$ )

m: relación entre lados del panel

s: lado de menor longitud (m)

L: lado de mayor longitud (m)

q: carga distribuida actuante

## 4.2 ANÁLISIS DE CARGAS POR PANELES DE LA ESTRUCTURA

Para el cálculo de las cargas rectangulares distribuidas sobre las vigas de collar de la estructura, Se tomara los diagramas de carga según los planos para la primera planta, mostrados a continuación en las figuras

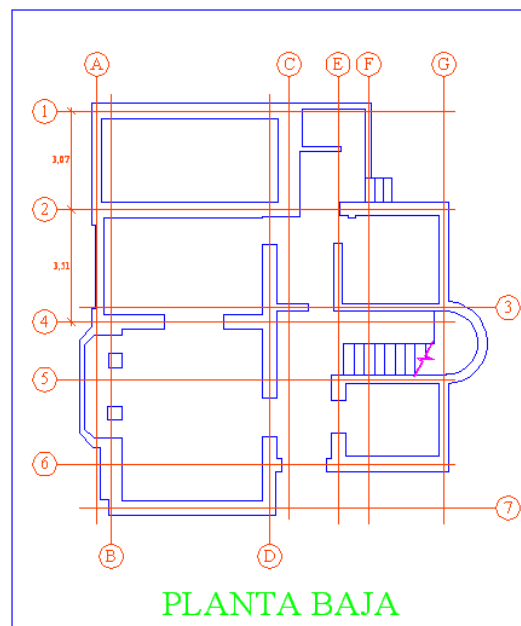


Figura 4.3 Vista en Planta Primer Piso



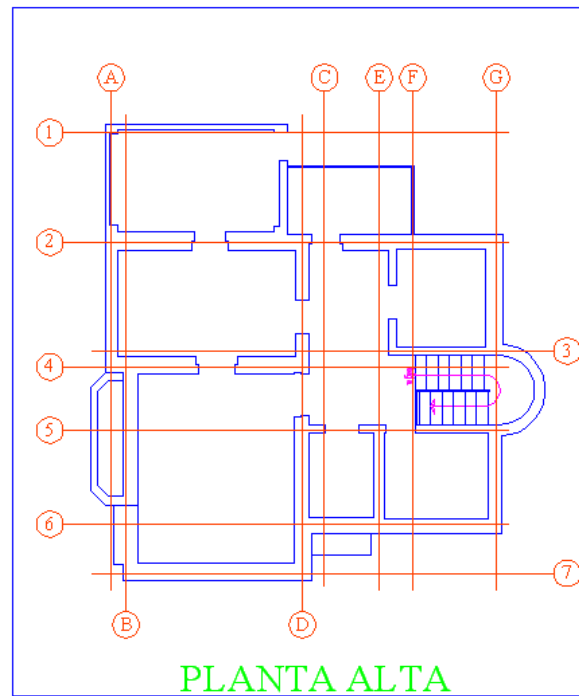


Figura 4.4 Vista en Planta Segundo Piso

#### 4.2.1 Cargas Aplicadas

$$CT = 1,33 \frac{T}{m^2} \quad \text{Primera Planta}$$

$$CT = 0,56 \frac{T}{m^2} \quad \text{Segunda Planta}$$

Las cargas aplicadas se calculan de acuerdo al análisis siguiente, para ejemplificar se analizará un pórtico del EJE A

Segunda Planta

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{0,56 * 3,07}{3} = \mathbf{0.57} \frac{T}{m}$$

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{0,56 * 3,51}{3} = \mathbf{0.66} \frac{T}{m}$$

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{0,56 * 0,68}{3} = \mathbf{0,12 T / m}$$

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{0,56 * 3,76}{3} = \mathbf{0.70 T / m}$$

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{0,56 * 1,373}{3} = \mathbf{0.25 T / m}$$

Primera Planta

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{1,33 * 3,07}{3} = \mathbf{1,36 T / m}$$

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{1,33 * 3,5}{3} = \mathbf{1.55 T / m}$$

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{1,33 * 1,80}{3} = \mathbf{0.79 T / m}$$

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{1,33 * 2,64}{3} = \mathbf{1,17 T / m}$$

$$q = \frac{w * s}{3} = \frac{1,33 * 1,37}{3} = \mathbf{0,60 T / m}$$

(Ver planos anexos con cargas en las vigas por pórticos laminas P1 – P13)

### **4.3. ANÁLISIS DE ELEMENTOS SÓLIDOS**

Como se ha visto, una edificación de mampostería de adobe suele tener como principales elementos estructurales a: la cimentación, los muros de adobe que trabajan como portantes o como elementos de arriostre, las vigas soleras o collar, los entrepisos y los techos. Por lo tanto los elementos indicados son los que requerirán un análisis detallado; se necesita por consiguiente conocer la magnitud y naturaleza de las cargas que ocasionan solicitaciones sobre tales elementos.

Los techos y entrepisos son, por lo general, elementos flexibles, de modo que no trabajan como diafragmas rígidos, y por lo tanto sus pesos deben distribuirse a los elementos que los soportan en función a sus áreas tributarias.

Por lo indicado hasta ahora, se puede comprender que para el caso de cargas de gravedad, la condición de seguridad básica es que tales cargas no superen la resistencia a compresión de los muros de adobe, lo que puede conseguirse determinando adecuadamente el espesor de los muros, lo cual, a su vez, permitirá seleccionar las dimensiones de los adobes. Es muy poco frecuente encontrar fallas debidas exclusivamente a cargas verticales en condiciones normales. Posiblemente la causa principal de las fallas por gravedad se debe a

la presencia de humedad en los muros, que reduce su resistencia a la compresión gradualmente sin que los usuarios se percaten de ello, hasta que ocurre una falla súbita que derrumba parcial o totalmente al muro.

También se ha observado fallas debidas a una combinación de cargas de gravedad, falta de resistencia de la cimentación y baja capacidad portante de los suelos, la que ocasiona asentamientos diferenciales.

Son, sin embargo, las fuerzas sísmicas las causantes de las fallas más peligrosas, inesperadas y frágiles, cuando las edificaciones carecen de refuerzos adecuados. Este tipo de fuerzas horizontales puede actuar perpendicularmente al plano de los muros o coplanares con éstos. En el primer caso generan flexiones tanto en planos paralelos como perpendiculares a las hiladas, que producen esfuerzos de tracción y compresión; los esfuerzos de tracción por flexión son los que suelen generar fallas que se manifiestan con la aparición de grietas verticales. También es frecuente la aparición de grietas verticales en las esquinas o encuentros entre muros perpendiculares, debidas a la insuficiente resistencia a la tracción de la albañilería; esta falla separa a los muros, les quita su capacidad de arriostre y posibilita su desplome.

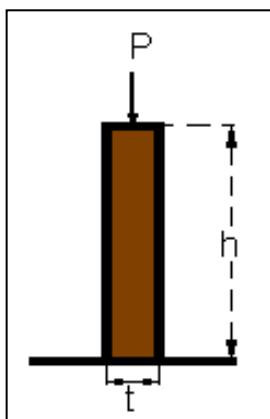
En el segundo caso cuando las fuerzas de sismo actúan en el plano del muro, tienden a voltearlos en su propio plano, pero principalmente ocasionan fallas por esfuerzos cortantes, que por lo general siguen a las juntas entre adobes.

Las fuerzas sísmicas pueden también generar torsiones que se manifiestan más en caso de edificaciones asimétricas en su geometría y en la distribución de sus masas. Por ello es muy recomendable e importante en caso de edificaciones de adobe, que el diseño se realice con criterios de simetría y

tratando que la densidad de muros sea también equilibrada en las direcciones ortogonales.

Se presenta a continuación de modo simplificado el proceso de deducción de las principales expresiones útiles para el diseño de mampostería de adobe, desarrolladas en la investigación del Ing. Oscar Concha realizada en el Perú.

#### 4.3.1. Muros Bajo Carga Vertical



Se considera el caso de muros portantes que además de su

peso propio soportan cargas verticales, transmitiéndolas a la cimentación. Esto se puede idealizar como aparece en el dibujo adjunto. En este caso se debe tener en cuenta que la resistencia del muro dependerá básicamente de la

resistencia de los adobes, del tipo de mortero, de la esbeltez del muro y de la excentricidad de la resultante de las cargas actuantes.

En base al valor de  $f'm$ , se puede determinar el esfuerzo admisible  $f_m$ . Con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$f_m = 0.25 f'm$$

Y que cuando no se realicen ensayos de pilas se podrá usar como esfuerzo admisible.

$f_m = 2 \text{ Kg. / cm}^2$ . (Según Adobe Diseño y Construcción. Ing. Isabel Moromi Nakata. Oficina de Investigación y Normalización del MVC, Perú)

En los ensayos realizados a pilas de adobe obtuvimos el esfuerzo máximo:

$$f_m = 3.95 \text{ Kg / cm.}^2 \quad (\text{valor obtenido de los ensayos en pilas})$$

$$f_m = 0.25 \cdot f'_m$$

$$f_m = 1.00 \text{ Kg / cm}^2 \quad \text{Esfuerzo Admisible}$$

Cuando no se realicen ensayos en pilas se podrá utilizar un valor de esfuerzo admisible de :  $2 \text{ Kg / cm}^2$

#### **4.3.2. Muros sometidos a Cargas Perpendiculares a su Plano**

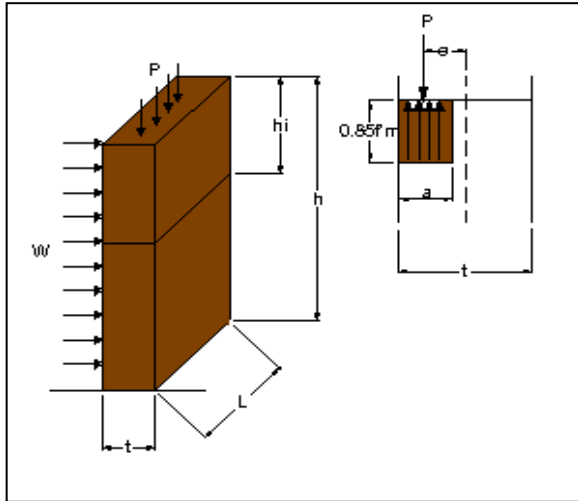
Cuando un muro soporta cargas perpendiculares a su plano, se producen flexiones que tienden a ocasionar fallas tanto en sentido vertical, perpendicular a las hiladas, como en sentido horizontal, paralela a las mismas. La flexión produce en los muros, un efecto similar a lo que ocurre en una losa, esfuerzos de compresión y tracción; estos últimos son los que suelen ocasionar las fallas cuando su magnitud supera la capacidad resistente de la mampostería.

##### **4.3. 2.1. Flexión en el Plano Vertical**

Siguiendo consideraciones similares a las que se emplean para el concreto armado, se analizó el comportamiento a flexión de los muros de adobe.

Las cargas de gravedad  $P$  sobre una sección situada a una distancia  $h_i$  del extremo superior del muro, serán su propio peso, más las cargas procedentes de entresijos o techos, según el caso. La carga  $P$  es la que genera el momento actuante que, en la rotura, puede expresarse como:

$$M_{rot} = P \cdot e$$



Donde P será la sumatoria de las cargas debidas al peso propio y peso entrepiso:

De otro lado, en condiciones de trabajo, el momento resistente se puede escribir:

$$M_r = f_v \cdot Z$$

Donde:  $f_v$ : esfuerzo resistente admisible en flexión en el plano vertical

Z: módulo resistente de la sección del muro

$$Z = \frac{L \cdot t^2}{6} ; \quad f_v = \frac{4}{3} \cdot \sigma ; \quad \sigma = \frac{P}{L \cdot t}$$

Para el análisis de cargas ejemplificaremos los cálculos para el muro en estudio, EJE A, se establecen las siguientes dimensiones:

Valores :

L =	307,00	cm	Longitud del muro
h =	350,00	cm	Altura del muro
d =	538,00	cm	Longitud del vano
h =	700,00	cm	Altura del muro
t =	40,00	cm	Ancho de muro
At=	82583,00	cm <sup>2</sup>	Area de aporte
CT1=	0,133	kg/cm <sup>2</sup>	Carga actuante Primera Planta
CT2=	0,056	kg/cm <sup>2</sup>	Carga actuante Segunda Planta
P 1=	10983,54	Kg	CARGA VERTICAL PRIMEA PLANTA
P2=	4624,65	Kg	CARGA VERTICAL SEGUNDA PLANTA

Calculos :

P =	10983,54 Kg	Carga vertical
-----	-------------	----------------

$$f_{actuante} = \frac{P}{Area_{seccion}} = 0,89 \quad \text{kg/cm}^2$$

Area de la sec L \* t                      12280,00      cm<sup>2</sup>

$$f_{actuante} < f_m \quad \quad \quad \mathbf{OK}$$

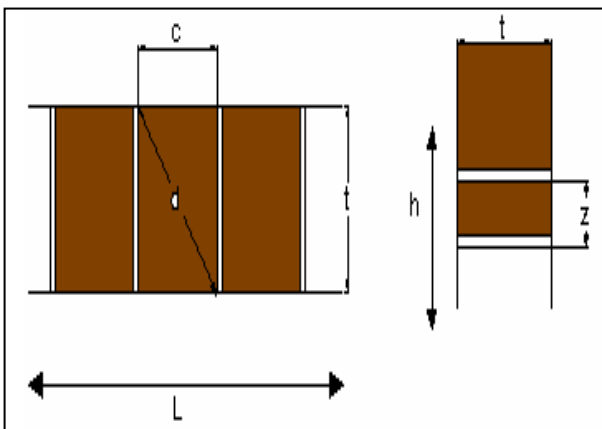
$$f_v = \frac{4}{3} \cdot \sigma$$

$$\sigma = \frac{P}{L \cdot t} \quad \sigma = 0,89 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{Esfuerzo de confinamiento}$$

$$f_v = 1,19 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{Esfuerzo resistente admisible en flexión}$$

$$M_r = f_v \cdot \frac{L \cdot t^2}{6} \quad M_r = 97631,46 \quad \text{kg.cm} \quad \text{Momento resistente}$$

#### 4.3.2.2. Flexión en el Plano Horizontal



Para determinar el esfuerzo resistente en flexión en el plano horizontal, que usualmente es mayor que  $f_v$ , se analizan los efectos elásticos y plásticos de las rotaciones de los adobes en el momento de la rotura, lo cual conduce a la

expresión:

$$f_h = 1.88 \cdot v_r \cdot \left(\frac{c}{z}\right) \cdot \sqrt{\left(\left(\frac{c}{t}\right)^2 + 1\right)}$$

Donde: C: longitud del adobe en sentido perpendicular a la fuerza actuante



t : Espesor del muro de adobe

Z: altura del adobe + j

j: espesor de mortero de unión de adobes = 2 cm

$v_r$  : Representa el esfuerzo cortante resistente, cuya expresión es:

$$v_r = \mu + f\sigma$$

Siendo: f: el coeficiente de fricción

$\mu$  : el valor de la adherencia.

Adicionalmente se puede indicar que el valor admisible del esfuerzo cortante, se calcula como:

$$v_{ad} = 0.45(\mu + f\sigma)$$

ADOBE	MORTERO	Esfuerzo de Adherencia $\mu$ en Kg/cm <sup>2</sup>	Peso Específico $\gamma_m$ en Kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente de fricción f
Común	Barro	0.15	1600 a 1700	1.09
Estabilizado con Asfalto	Cemento - Arena 1:8	0.32	1900	1.10
	Suelo – Asfalto al 1%	0.13		1.06

Tabla 4.1

Valores :

C =	9	cm	Dimensión del adobe al paralelo al muro
z =	12	cm	Altura de adobe
t =	40	cm	Ancho de muro
L =	307	cm	Longitud del muro
j =	2	cm	Espesor de la junta de adobe
f =	1,09		Coefficiente de fricción
$\mu$ =	0,15	$\frac{kg}{cm^2}$	Coefficiente de adherencia

Calculos :

$v_r = \mu + f\sigma$	$v_r = 1,12 \text{ kg/cm}^2$
$v_{adm} = 0.45(\mu + f\sigma)$	$v_{adm} = 0,51 \text{ kg/cm}^2$
$f_h = 1.88 \cdot v_r \cdot \left(\frac{c}{z}\right) \cdot \sqrt{\left[\left(\frac{c}{t}\right)^2 + 1\right]}$	$f_h = 1,63 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.3.2.3. Elementos de Análisis

Asumiendo siempre que el comportamiento de un muro sometido a cargas perpendiculares a su plano se puede asimilar al de una losa, el momento flector actuante de un muro rectangular se puede expresar:

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

Donde:

W = H/h Intensidad de la fuerza lateral

H = Cm P Fuerza sísmica en la base del muro

a = Dimensión crítica del muro

$\beta$  = Coeficiente de momentos en losas

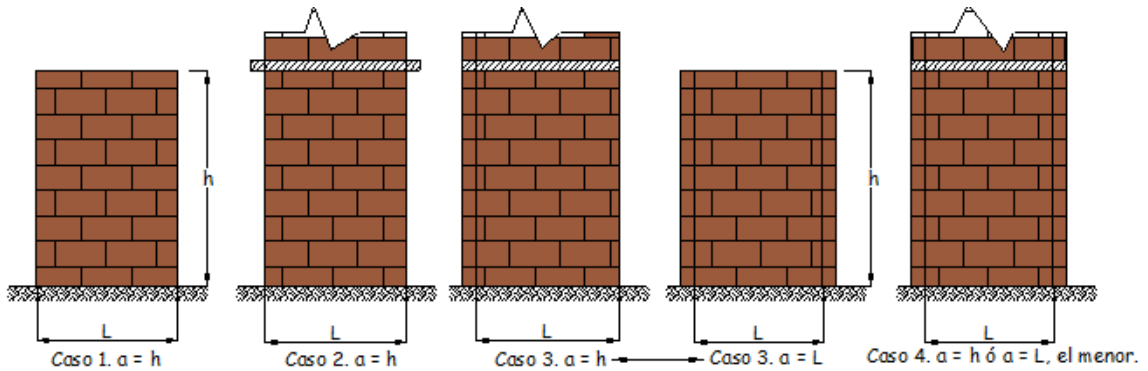
#### 4.3.2.4 Intensidad de la Fuerza Lateral (W)

La intensidad de la fuerza lateral es conocida comúnmente como el Cortante Basal o Vbasal, el mismo que se calculó anteriormente y de valor:

$$V_{\text{basal}} = 77,55 \text{ Tn.}$$

#### 4.3.2.4 Dimensión crítica del muro

La dimensión crítica del muro es aquella que se toma de acuerdo al número de bordes arriostrados de un muro determinado; para ello se pueden considerar 4 casos:



Caso	Nº de bordes arriostrados	Dimensión crítica: a
1	1 (Voladizo)	Altura del muro h
2	2 (Simplemente apoyada)	Altura del muro h
3	3	Longitud del borde libre
4	4	h o L, la que sea menor

TABLA 4.2

$a = h$		
$a =$	350	cm

$a =$	307	cm
-------	-----	----

$a = L$		
$a =$	307	cm

#### 4.3.2.5 Coeficiente de momentos en losas ( $\beta$ )

Para determinar el coeficiente de losas hacemos referencia a la relación:

$\frac{L}{a} =$  ; Con este valor ingresamos al gráfico a determinar el valor de  $\beta$

Donde:

L: Largo del muro

a: Dimensión crítica del muro

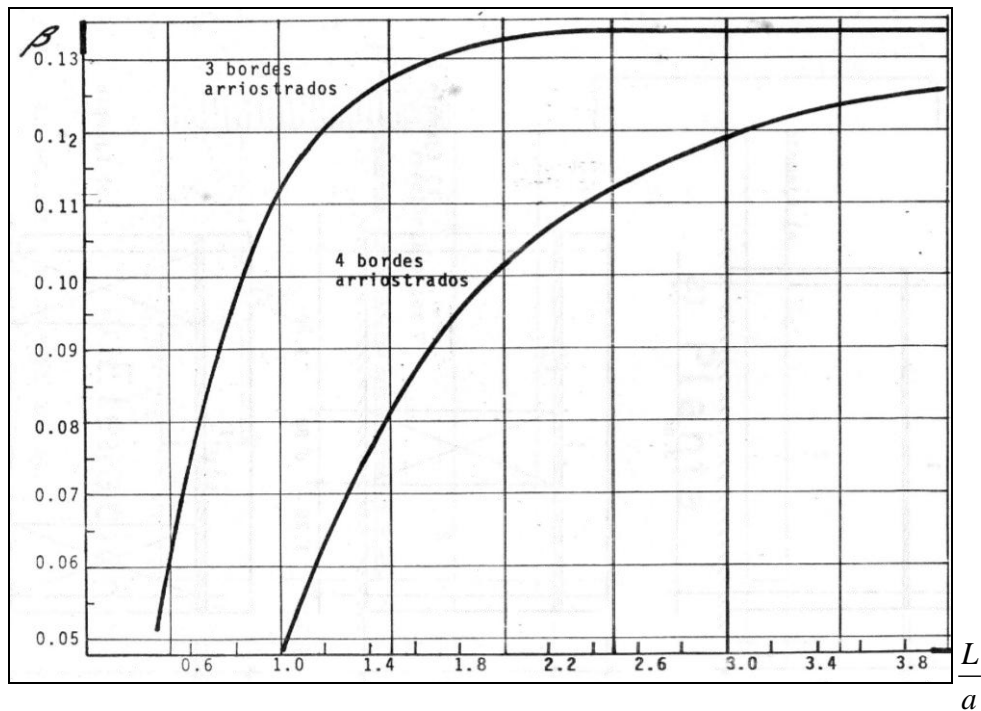


Figura 4.6 Determinación del valor  $\beta$

Donde:  $\beta$  = será el valor de intersección de la curva parabólica y la relación  $L/a$

Relacion :	$\frac{L}{a} =$	1,00
	Con el valor de la relación ingresar al gráfico para determinar $\beta =$	0,048

Valores :

$\beta =$	0,05	
$C_m =$	0,44	
$H =$	4832,76	kg
$L =$	307,00	cm
$h =$	350,00	cm
$w =$	13,81	Kg / cm

Conocidos los factores que determinan su magnitud, se obtiene  $M_{\max}$ . Además, como se ha visto, el Momento Resistente del muro en condiciones de trabajo, por unidad de longitud, será:

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

La condición de seguridad del muro, frente a sollicitaciones horizontales perpendiculares a su plano, será:

$$M_{\max} \leq M_r$$

Cálculos :

$$M_{\max} = \beta \cdot W \cdot a^2 \quad M_{\max} = 62466,18 \quad \text{kg.cm}$$

$$M_r = 97631,46 \quad \text{kg.cm}$$

$$M_{\max} \leq M_r$$

**OK**

Chequeo complementario por compresión

$$e = \frac{M_{\max}}{P}$$

$$e = 5,69 \text{ cm}$$

$$t/6 = 6,67 \text{ cm}$$

$$e \leq \frac{t}{6}$$

**TRABAJA A COMPRESION**

e: Excentricidad

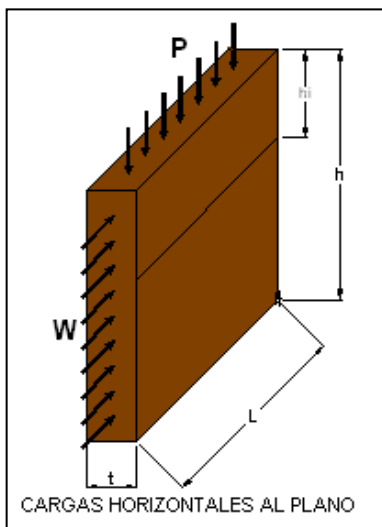
t : Ancho del muro

Una aplicación útil para verificar la competencia de los muros ante cargas horizontales es determinar el ancho mínimo que éstos deben tener para una sollicitación determinada. Para ello se puede proceder a igualar  $M_{\max}$  y  $M_r$ , y despejar el valor de t, lo que permite llegar a la siguiente expresión:

$$t = \frac{6\beta \cdot C_m \cdot \sigma \cdot a^2}{f_v \cdot h_i} \quad \text{ó} \quad t = 4.5\beta \cdot C_m \cdot \frac{a^2}{h_i}$$

#### 4.3.2.6 Cargas Horizontales en el Plano del Muro

Las cargas horizontales que actúan en el plano del muro, generalmente originadas por sismo, producen dos efectos principales; el primero es la aparición de esfuerzos cortantes paralelos a las hiladas del muro, y, el



segundo, es la generación de momentos de volteo, en especial cuando un muro trabaja como arriostre de otro.

#### 4.3.2.7. Esfuerzos Cortantes

Como se ha visto, la carga horizontal sísmica se estima como una fracción de las cargas de gravedad que actúan sobre una sección horizontal del muro.

Si se representa como P a las cargas verticales que comprenden: el peso propio de la porción de muro sobre la sección, parte proporcional de techo o entrepiso, etc., la carga horizontal sería:  $C_m \cdot P$ ; es conveniente se analice la sección de la base del muro, que es la más desfavorable. El esfuerzo cortante actuante en esa sección será el cociente entre la carga horizontal y el área de la misma. Se puede entonces representar al esfuerzo cortante actuante como:

$$\boxed{v_a = \frac{C_m \cdot P}{L \cdot t}} \quad \text{ó} \quad \boxed{v_a = C_m \cdot \sigma}$$

Donde:

$C_m$ : factor sísmico

$\sigma$ : Representa el esfuerzo de confinamiento sobre la sección considerada.

$F_v$ : esfuerzo resistente a la flexión en el plano horizontal

$\beta$ : Coeficiente de momentos en losas

$a^2$ : Dimensión crítica del muro

De otro lado, como se ha visto, el esfuerzo cortante admisible será:

$$\boxed{v_{ad} = 0.45(\mu + f\sigma)}; \quad \boxed{v_a = C_m \cdot \sigma}$$

Donde:

$\mu$ = valor de la adherencia

$f_v$ = esfuerzo resistente admisible en flexión en el plano vertical

La condición de seguridad se verificará si:

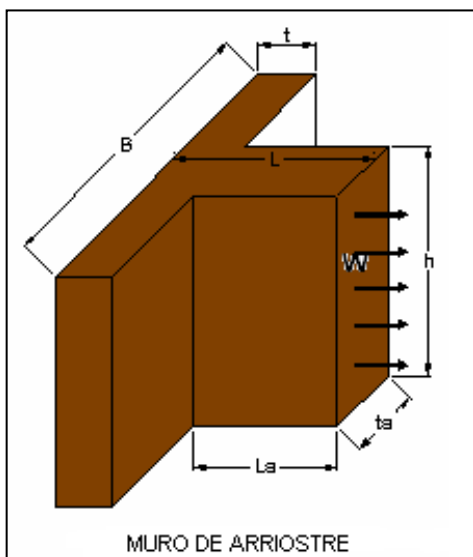
$$v_a \leq v_{ad}$$

Cálculos :

$v_a = \frac{C_m \cdot P}{L \cdot t}$	Va =	0,39	$\frac{kg}{cm^2}$
$v_{ad} = 0.45(\mu + f\sigma)$	Vad =	0,51	$\frac{kg}{cm^2}$
Condición de seguridad		$Va \leq Vad$	<b>OK</b>

#### 4.3.2.8 Estabilidad ante Momentos de Volteo en Muros de Arriostre

Cuando un muro sometido a cargas perpendiculares a su plano necesita de arriostramiento para resistir las sollicitaciones a las que está sometido, se requerirá diseñar un muro de corte o de arriostre, usualmente perpendicular al primero, cuya estabilidad al volteo debe asegurarse. En la estabilidad al volteo intervienen todas las fuerzas actuantes, sin embargo, la contribución principal de un muro de arriostre a la estabilidad del sistema se debe a su propio peso.



Para verificar la estabilidad de un muro por volteo se determina el valor de  $P$  y de la fuerza horizontal  $C_m \cdot P$ ; luego se determina la carga horizontal actuante por unidad lineal de altura  $W$ , con la cual se calcula el momento actuante. Posteriormente se determina el esfuerzo actuante  $fa$



generado en la base del muro por dicho momento, dividiendo a éste entre el módulo resistente Z. De otro lado se determina el esfuerzo resistente  $f_r$ , que será suministrado por el peso del muro de arriostre. Finalmente se verifica la condición de seguridad  $f_a < f_r$ . Siguiendo el procedimiento anterior se presenta la deducción de expresiones que permiten determinar la longitud mínima del muro arriostre requerido. Para simplificar se ha considerado sólo el peso del sistema.

En el esquema adjunto, que representa un tramo de muro de longitud B y ancho t sometido a fuerzas perpendiculares a su plano, y al muro de arriostre de longitud total L y ancho  $t_a$ , que resiste fuerzas horizontales en su plano, se puede establecer que el peso del sistema será:

$$P = (B \cdot t + L_a \cdot t_a) h \cdot \gamma_m$$

Por consiguiente la carga sísmica actuante, por unidad lineal de altura será:

$$W = C_m \cdot \frac{P}{h}$$

El momento actuante será:

$$M = c \cdot W \cdot h^2$$

Se debe indicar que el coeficiente c puede asumir valores diferentes, según las restricciones del muro de arriostre.

Descripción	Valor de c
-------------	------------

Si n restricciones en su parte superior.	$\frac{1}{2}$
Con restricciones a los giros en la parte superior, pero con libertad para desplazamientos.	$\frac{1}{3}$
Con libertad de giros en la parte superior, pero con restricciones en sus desplazamientos.	$\frac{1}{8}$

TABLA 4.3.

El esfuerzo actuante en la base del muro de arriostre será

$$f_a = \frac{6c \cdot C_m (B \cdot t + L_a \cdot t_a) \gamma_m \cdot h^2}{t_a \cdot L^2}$$

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

$$f_r = \alpha \cdot \gamma_m \cdot h$$

Siendo  $\alpha$  un factor que toma en cuenta las características del material y los morteros utilizados.

Adobe	Mortero	$\alpha$
Común	Barro	1
Estabilizado con Asfalto	Cemento Arena 1:8	2

TABLA 4.4.

Finalmente se verifica la condición de seguridad  $f_a < f_r$

### EJE A (ANALISIS PORTICOS 2-4-7)

Valores :

Cm2 =	0,58		
Cm1 =	0,43		Porcentaje de Cortante Basal
t =	40,00	cm	Ancho de muro
ta =	40,00	cm	Ancho de muro de arriostre
La =	178,00	cm	Longitud del muro de arriostre
h =	350,00	cm	Altura del muro
B =	952,00	cm	Longitud del eje
$\gamma_m$ =	0,0023	$\frac{kg}{cm^3}$	Peso especifico de muro
L =	218,00	cm	Longitud del muro de arriostre

$$f_a = \frac{6c \cdot C_m (B \cdot t + L_a \cdot t_a) \gamma_m \cdot h^2}{t_a \cdot L^2}$$

$$f_a = 5,77 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_r = \alpha \cdot \gamma_m \cdot h$$

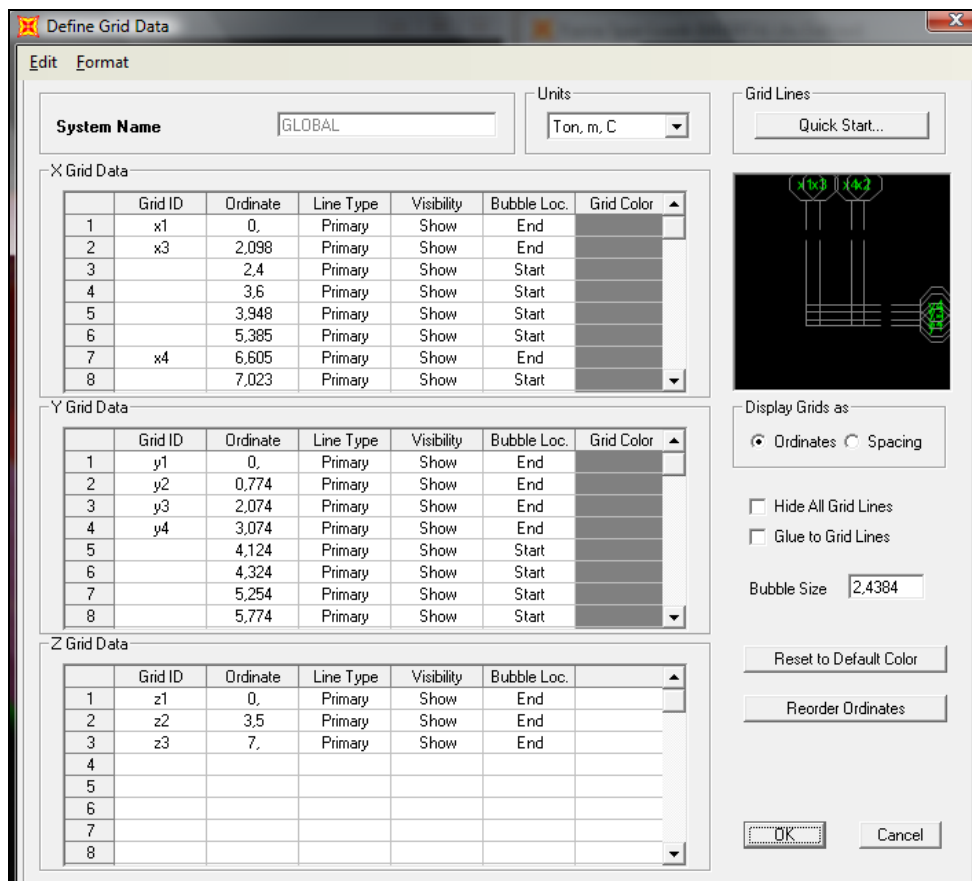
$$f_r = 0,82 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_a > f_r$$

**FALLA POR VOLTEO**

## 4.4 MODELAJE DE LA ESTRUCTURA

La construcción de la rejilla es necesaria para definir las distancias entre elementos y ejes de la edificación.



### 4.4.1. Definición de materiales

Para definir los tipos de materiales es necesario tomar en cuenta las propiedades propias de cada material como:

- Módulo de Elasticidad.  $E_m$
- Módulo de Poisson.  $\mu$
- Coeficiente de dilatación térmica
- Densidad
- Peso específico

Valores obtenidos en investigaciones realizadas:

	<b><math>E_m</math> (<math>Tn/m^2</math>)</b>	<b><math>G_m</math> (<math>Tn/m^2</math>)</b>	<b><math>\mu</math></b>
<b>ESPE 2008</b>	13835.90	5534.40	0,25
<b>U. CATOLICA</b>	11574,5	4629,8	0,25
<b>INVESTIGACIONES REALIZADAS EN COLOMBIA</b>	11700	4680	0,25
<b>CODIGO. PERÚ</b>	12000	4800	0,25

TABLA 4.4.

- Propiedades Mecánicas de la Madera

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: MADERA

Material Type: Other

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 0,021

Mass per Unit Volume: 2,141E-03

Units: Ton, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 1000000,

Poisson's Ratio, U: 0,35

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 370370,4

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Valores obtenidos de JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA:

Módulo de elasticidad

$$E_m = 100000 \text{ kg/cm}^2$$

Módulo de Poisson

$$\mu = 0,35 \text{ kg/cm}^2$$

Módulo de Corte

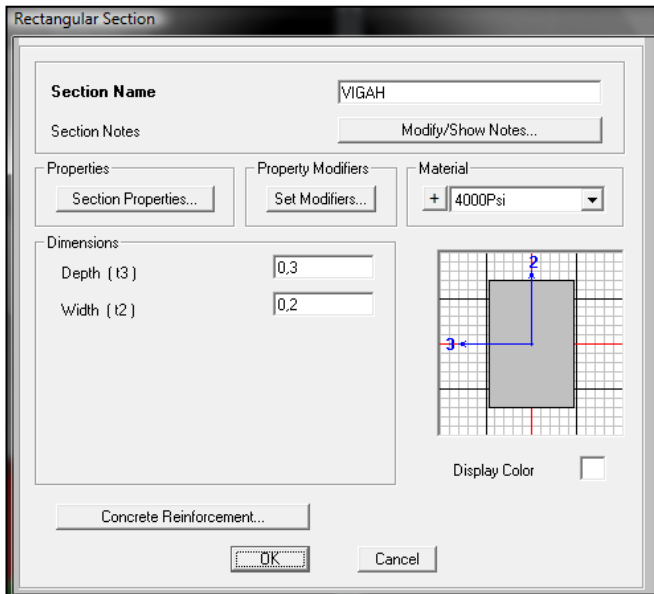
$$G_m = 37037,04 \text{ kg/cm}^2$$

Peso específico

$\gamma_{adobe}$	2,1 x10-5	Kg/cm <sup>2</sup>
------------------	-----------	--------------------

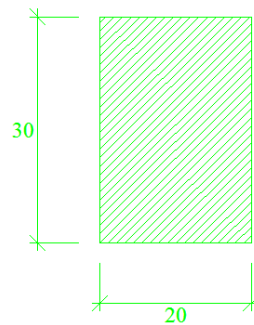
#### 4.4.2. Definición de Secciones

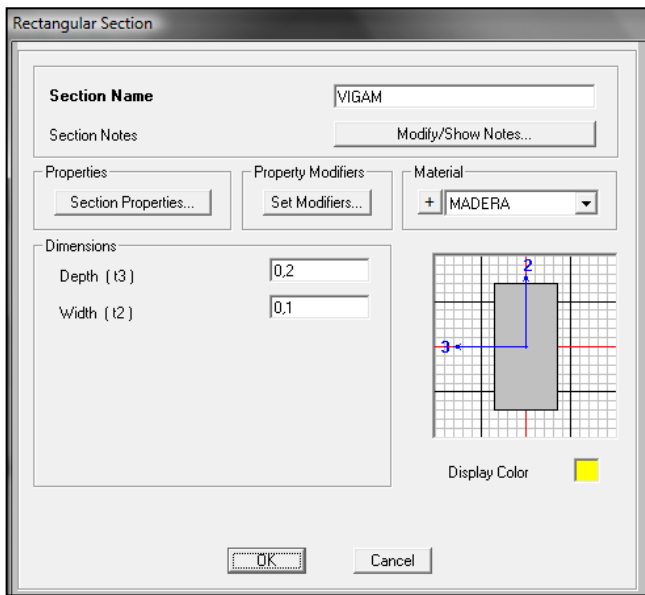
Durante el levantamiento realizado en la vivienda Ibarra – Camacho construida en 1930, se obtuvo las medidas de las vigas que actúan en la estructura tanto en la cubierta como en el entrepiso.



#### Viga de Hormigón

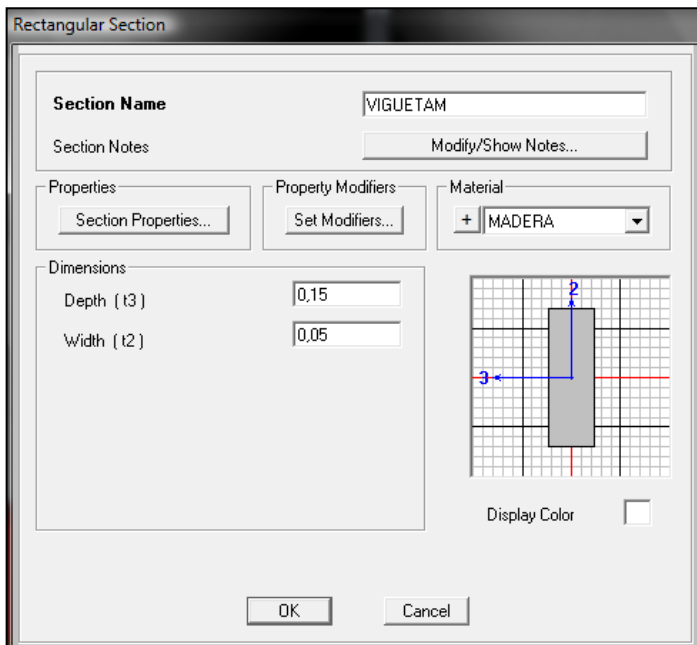
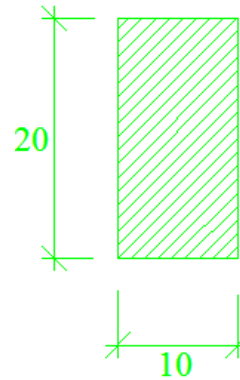
Utilizada como viga collar en la cubierta cuyas dimensiones son:





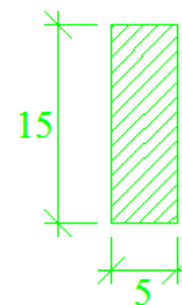
### Viga de Madera

Utilizada como viga collar en el entrepiso cuyas dimensiones son:

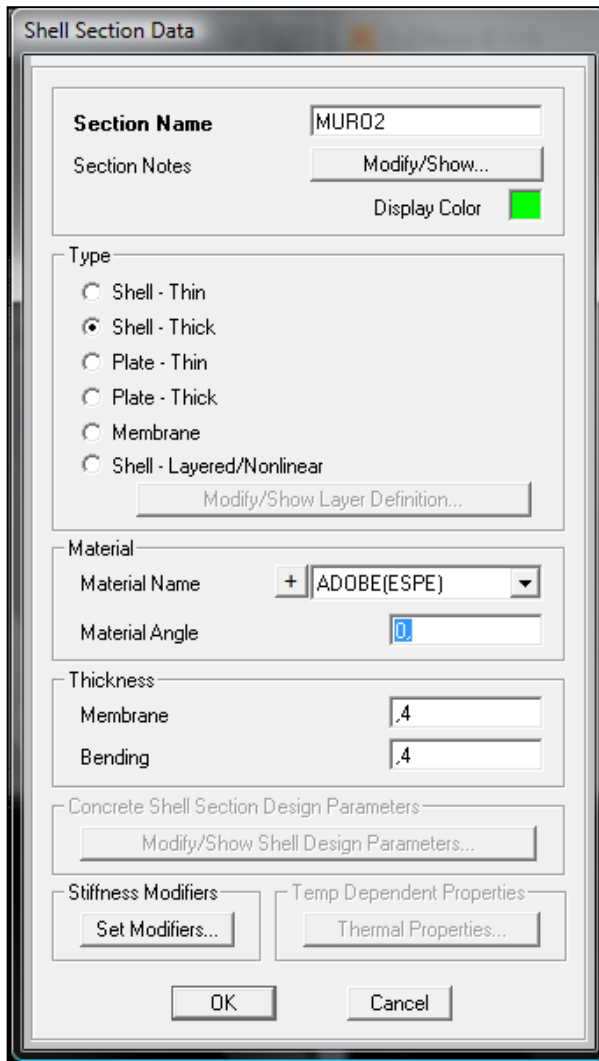


### Viga de Madera

Utilizada como vigueta en el entrepiso cuyas dimensiones son:







Para crear los muros de mampostería de Adobe en el programa SAP 2000, es necesario analizarlos como un elemento tipo Shell tipo Thick.

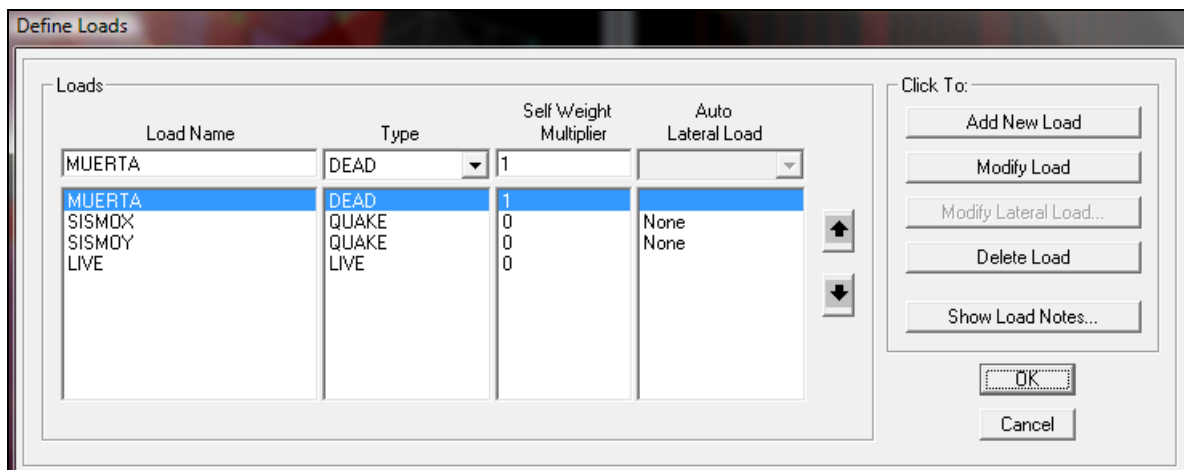
El elemento shell es una placa con propiedades definidas anteriormente, el programa SAP 2000 analiza los muros como elementos finitos, por esta razón es necesario dividir los muros en subdivisiones, que son semejantes a las secciones de la mampostería de adobe.

Es necesario tomar en cuenta que en la pantalla mostrada se debe ingresar el espesor de muro en el recuadro **Membrana** y también se debe ingresar el espesor del muro que llega al muro de análisis en el recuadro **Bending**, para considerar 6 grados de libertad

#### 4.4.3. Definición estados de carga

Los estados de carga son aquellas cargas que afectan a la estructura en forma permanente, y ocasional.

Es importante que para ingresar los factores de afectación de carga muerta en la estructura se coloque el valor de **1**, para que el programa pueda calcular el peso propio de la estructura como conjunto, y para los estados de carga viva, sismo x, sismo y, se toma valores de **0**, para que el programa mantenga los valores ingresados por consola.



#### 4.4.4. Definición de Combinaciones.

Las combinaciones de carga que afectan a una estructura son afectadas por factores de mayoración en los distintos estados de cargas y están definidas así:

$$Combo1 = 1,2 * C.M + 1,6 * C.V$$

$$Combo2 = 1,2 * C.M + 1,0 * C.V + 1,0 * C.sismox$$

$$Combo3 = 1,2 * C.M + 1,0 * C.V - 1,0 * C.sismox$$

$$Combo4 = 1,2 * C.M + 1,0 * C.V + 1,0 * C.sismoy$$

$$Combo5 = 1,2 * C.M + 1,0 * C.V - 1,0 * C.sismoy$$

$$Combo6 = 1,2 * C.M + 1,0 * C.sismox$$

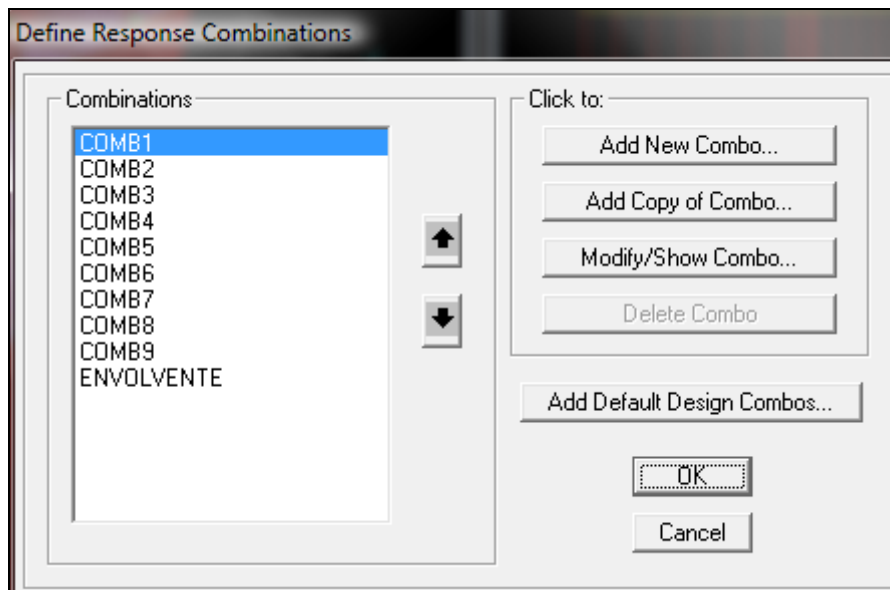
$$\text{Combo7} = 1,2 * C.M - 1,0 * C.sismox$$

$$\text{Combo8} = 1,2 * C.M + 1,0 * C.sismoy$$

$$\text{Combo9} = 1,2 * C.M - 1,0 * C.sismoy$$

Estas distintas combinaciones son ingresadas en el programa, y se obtiene un valor de combinación máxima que también definimos una nueva combinación así:

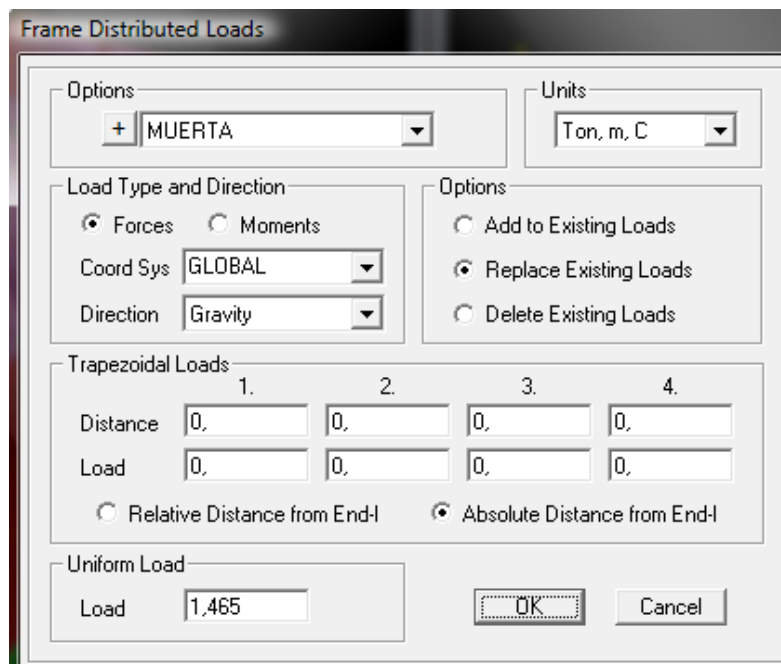
$$\text{envolvente} = (\text{máximo valor de combos})$$



#### 4.4.5. Asignación de cargas en vigas

Para asignar cargas en las vigas fue necesario realizar los distintos pórticos tipo que se muestran en los planos P1 – P13.

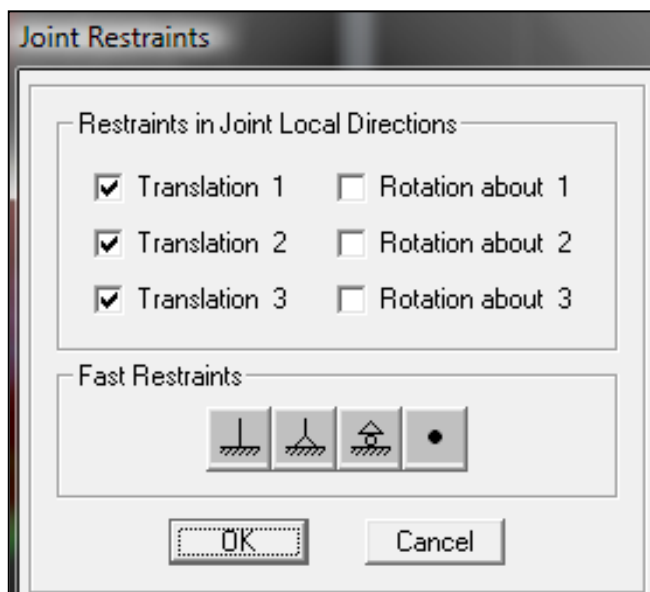
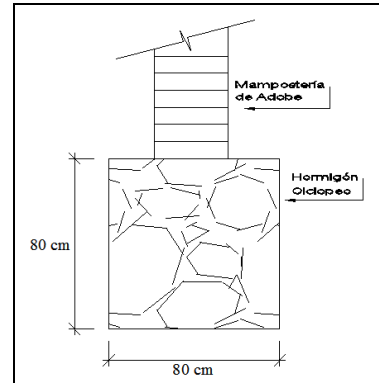
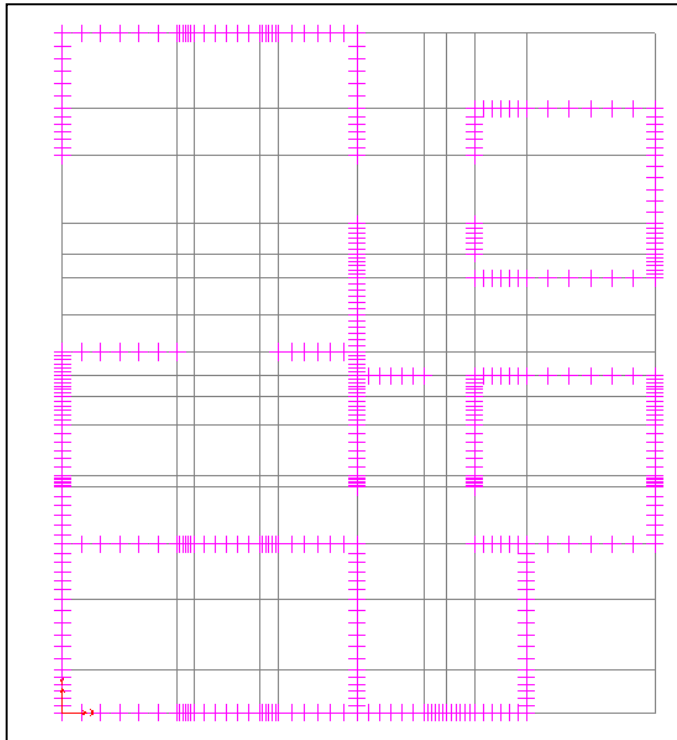
Como son cargas distribuidas en el programa SAP 2000 son asignadas en el recuadro **Uniform load**, tomando en cuenta que estén afectando en toda la viga por lo que la pestaña **absolute distance from End-I**, deberá estar encendida.



#### 4.4.6. Asignación de apoyos

Las construcciones de la época utilizaban un hormigón ciclópeo en su cimentación cuyo comportamiento estructural en el programa SAP 2000 es representado por un apoyo fijo.

En la figura se muestra la planta de cimentación de la estructura analizado su cimentación como un apoyo fijo.



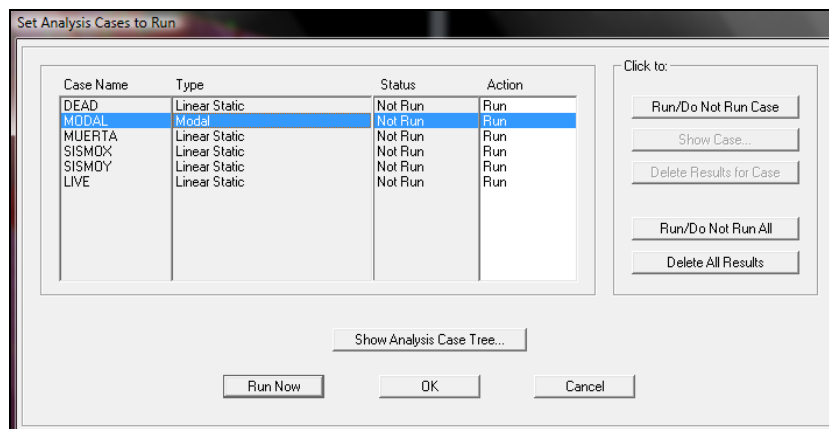
En el gráfico se puede observar las restricciones del apoyo fijo.

Para su análisis es necesario tomar en cuenta que el apoyo posee desplazamiento en X, Y, Z, pero no posee rotación en ninguno de sus ejes por esta razón no están tomados en

cuenta en los recuadros.

#### 4.4.7. Análisis computacional

Para el análisis computacional se debe seleccionar el caso de análisis y es necesario que la estructura sea analizada en el caso MODAL para que reporte valores de acuerdo al modo de vibrar de la estructura.



En la Figura 4.7 se muestra la edificación analizada, modelada en el programa computacional SAP 2000.

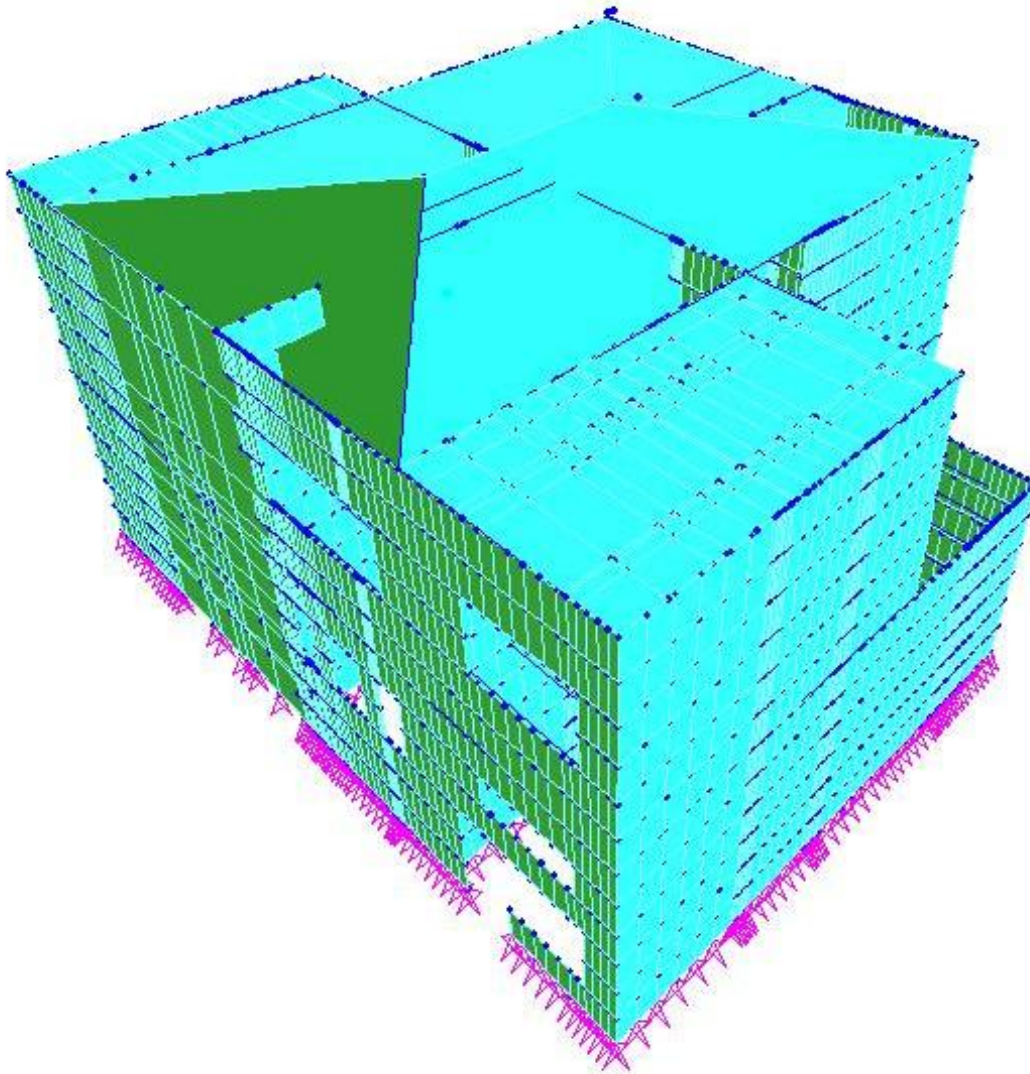


FIGURA 4.7. Modelo Estructural de residencia Ibarra – Camacho construida en  
1930

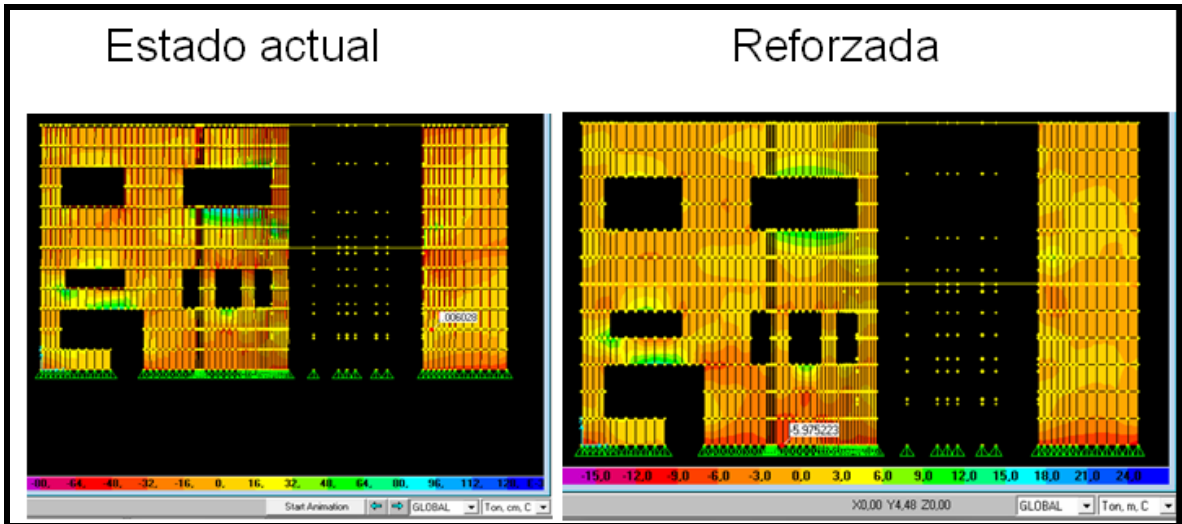
(Ver resultados en tablas ANEXOS)

#### **4.4.8. Comparación de Resultados Obtenidos en SAP 2000**

##### **4.4.8.1 FUERZAS INTERNAS**

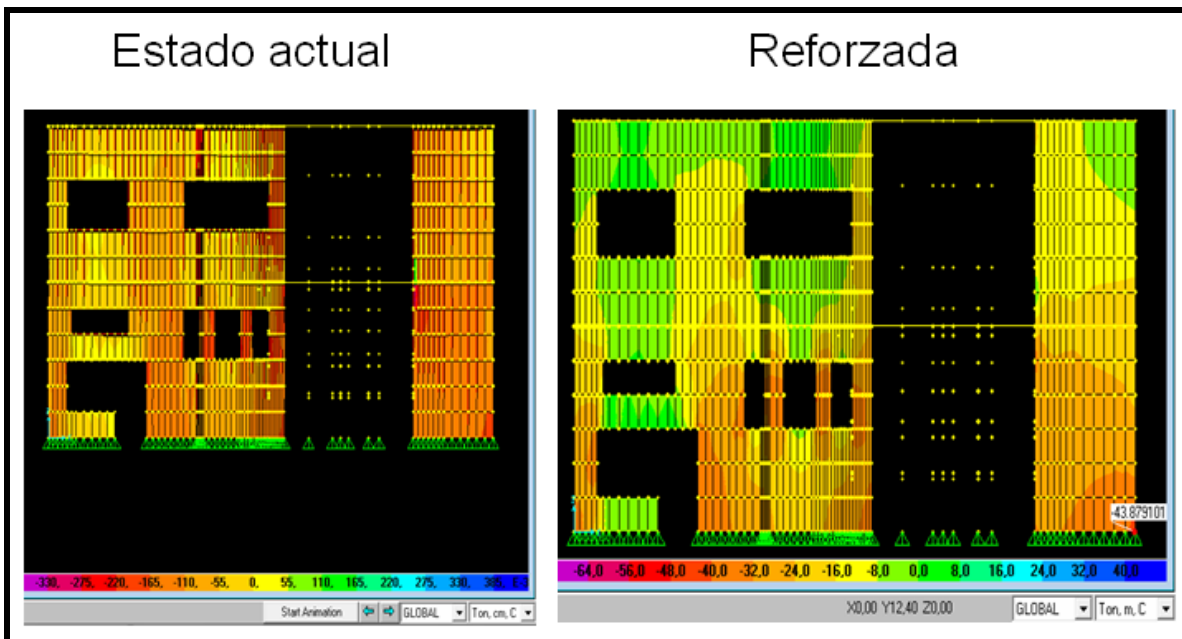
PLANO HORIZONTAL

**F 11**



PLANO VERTICAL

F 22



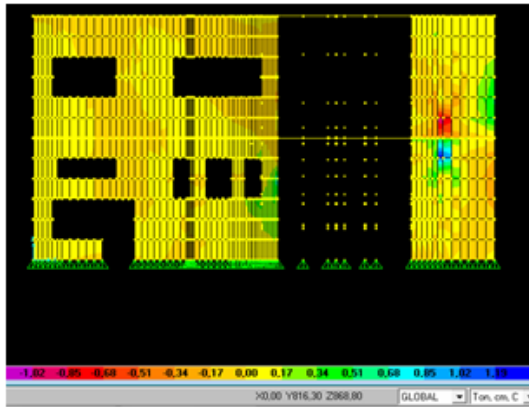
4.4.8.2 MOMENTOS ACTUANTES

MOMENTO FLECTOR

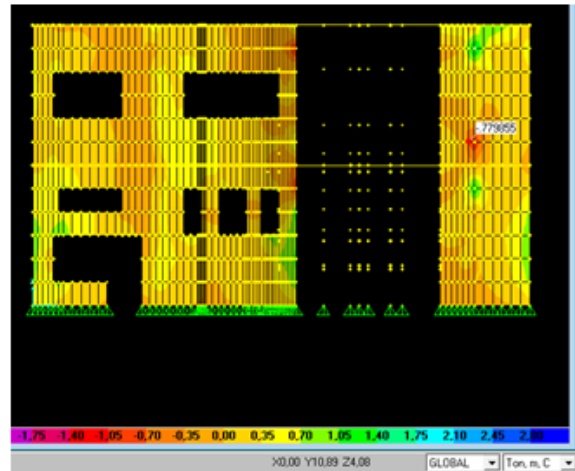
M 11



Estado actual

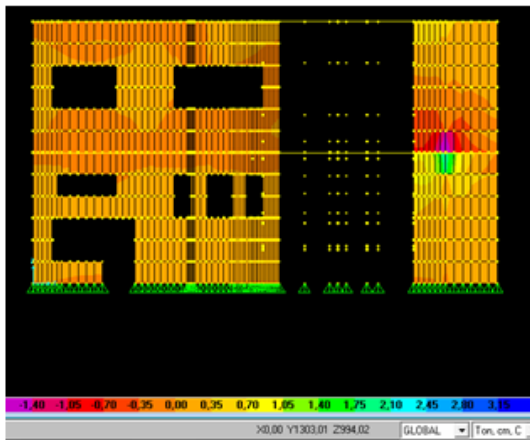


Reforzada

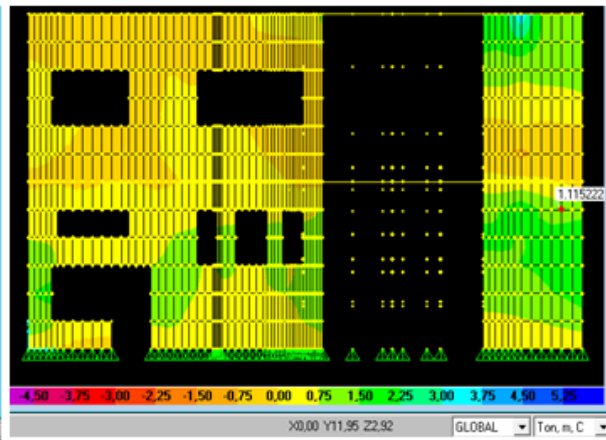


M 22

Estado actual

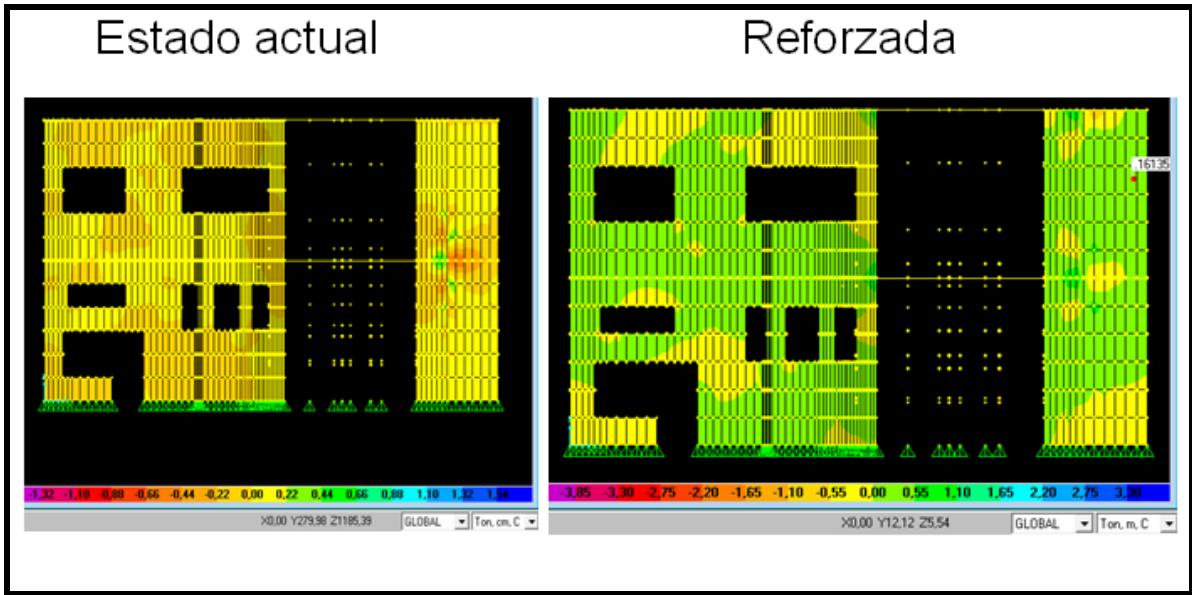


Reforzada



MOMENTO RESISTENTE

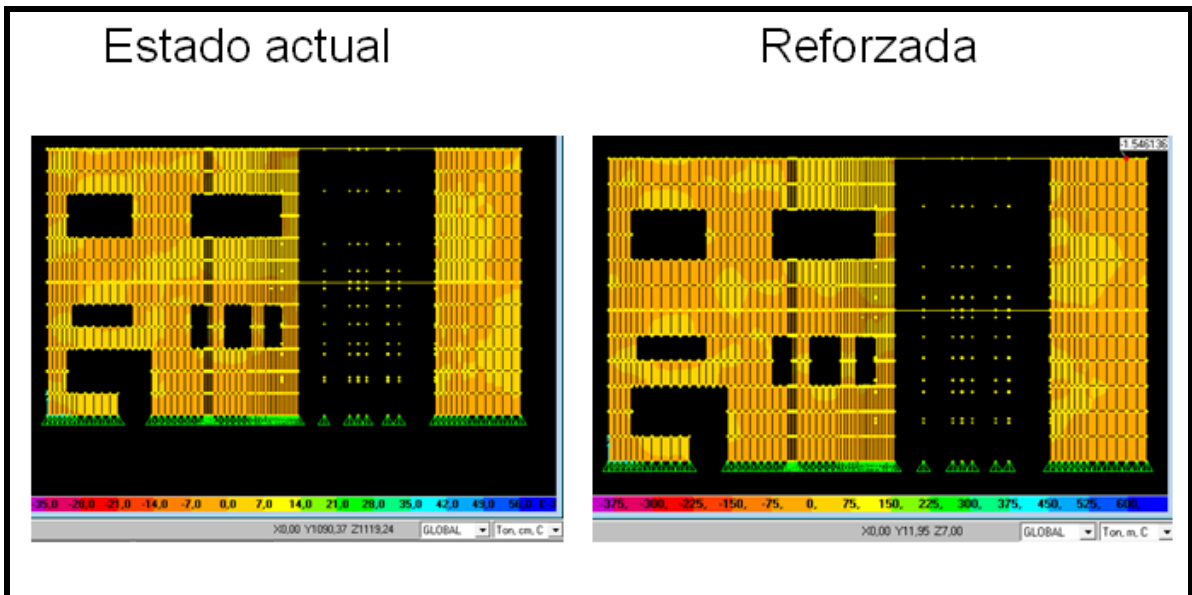
M 1 2



#### 4.4. 8. 3 ESFUERZO ADMISIBLE

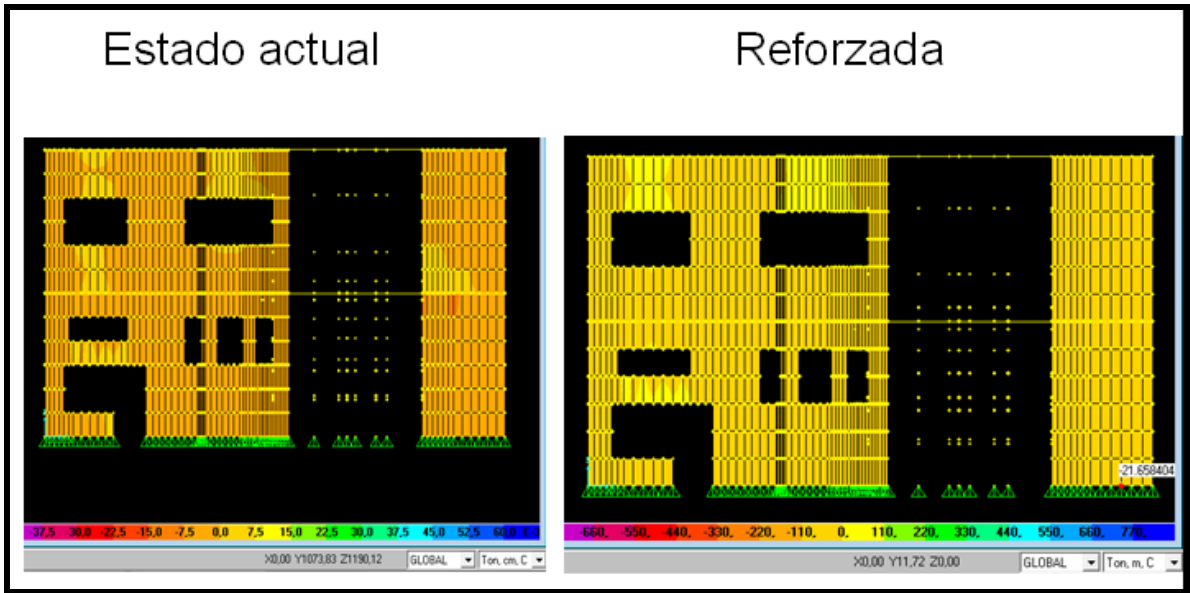
FLEXION EN EL PLANO HORIZONTAL

S 11



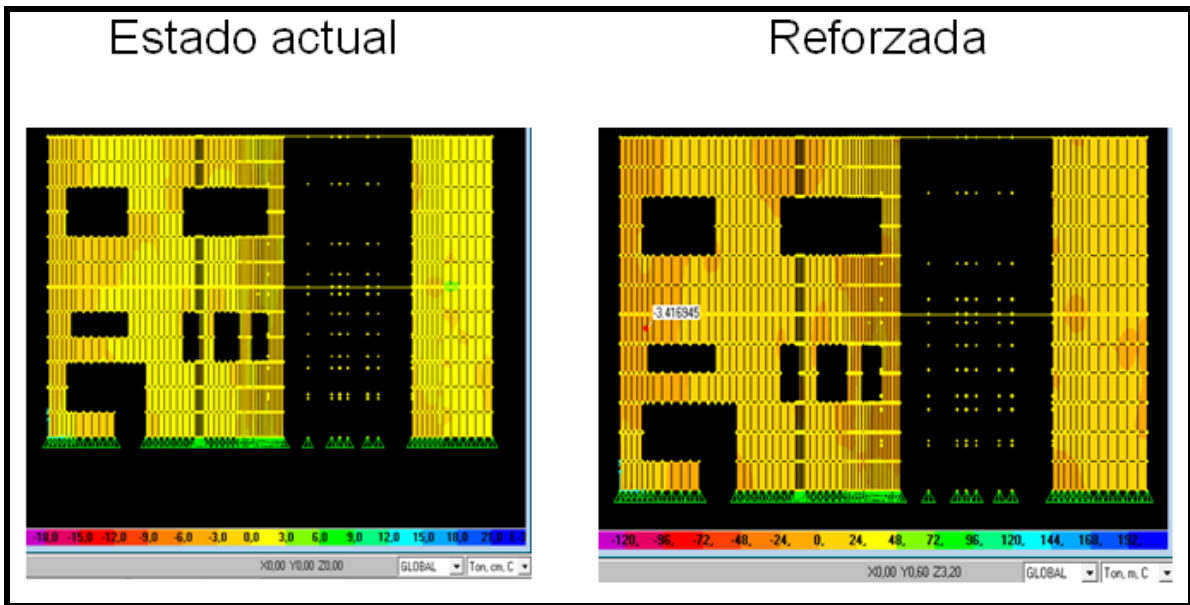
FLEXION EN EL PLANO VERTICAL

S 22



ESFUERZO DE TORSION

S 12



## CAPITULO V

### 5. CÁLCULO Y DISEÑO DE MUROS REFORZADOS

#### 5.1. REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Las construcciones antisísmicas deben disponer de una ductilidad mayor. Esto significa que deben ser capaces de asumir parte de la energía con las deformaciones plásticas.

Las siguientes características son las más relevantes para el comportamiento de una estructura durante un sismo:

- Resistencia contra fuerzas horizontales
- Ductilidad (capacidad de deformación)

Ductilidad es la capacidad de una estructura de sufrir deformaciones sin romperse. En este caso, se aceptan conscientemente daños que se producen por causa de la salida del rango elástico.

Entre ambas características existe una interdependencia íntima. Esta es de gran importancia para toda la ingeniería.

Con respecto al riesgo de colapso se puede establecer aproximadamente la relación siguiente: "calidad" del comportamiento = resistencia x ductilidad.

De acuerdo con esta relación, una estructura debe tener por ejemplo una gran resistencia y una baja ductilidad o una resistencia baja y una ductilidad alta o puede tener valores medianos tanto de la resistencia como de la ductilidad.

Todas estas soluciones posibles tienen probabilidades similares de resistir un sismo de gran intensidad sin colapsar:

- Cuanto menor la resistencia, mayor es la ductilidad necesaria
- Cuanto menor la ductilidad, mayor es la resistencia necesaria

La primera solución posible consiste en construir una estructura con una resistencia tan alta, que resista el sismo sin deformación plástica. De esta manera no es necesaria la ductilidad y por lo tanto no se requiere capacidad de deformación de la estructura. Esta solución normalmente es muy poco económica, debido a que exige grandes esfuerzos para la resistencia.

Ejemplos de esta solución son las antiguas residencias de tapial con muros de un espesor de más de 60 cm. a 100 cm., que resistieron sismos durante siglos. Considerando que los sismos de gran intensidad no son comunes, se puede aceptar deformaciones plásticas de la estructura si no se produce un colapso. Frecuentemente, se escoge una solución con estructura de resistencia mediana.

Con ello, la intensidad de diseño causará solamente deformaciones plásticas moderadas y el requerimiento de ductilidad se mantiene relativamente bajo.

Para sismos de mayor intensidad todavía quedan reservas plásticas suficientes, que impiden un colapso aunque con grandes deformaciones y daños.

Para ello, hay que cubrir los requerimientos de ductilidad con un dimensionamiento y un diseño apropiados. (*Texto según Grohmann, 1998*)

Para reforzar una estructura de adobe importante tomar en cuenta el tipo de material a ser utilizado, ya que existen diferentes tipos de refuerzo:

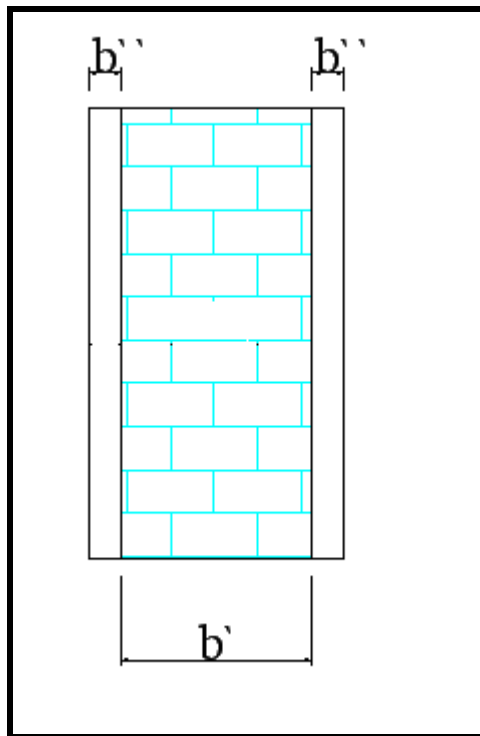
- Terrocemento + polipropileno
- cal + cemento
- cemento + arena
- chocota
- cementina

## ***5.2. CALCULO DE LA SECCION EQUIVALENTE PARA UNA ESTRUCTURA DE ADOBE.***

Para hallar una sección equivalente se tomará la siguiente metodología:

1. Transformar los diferentes elementos en uno equivalente de un solo material
2. Mantener altura de los elementos y modificar su ancho
3. Cambiar la sección del material de refuerzo a la sección que va ser reforzada.

La sección equivalente que reforzará la estructura adoptara una sección como muestra la figura:



Donde:

$b$  : ancho de la sección adoptada

$b'$  : ancho de la sección a ser modificada

$b''$  ancho de la sección a ser modificada

$t_1, t_2, h$ : alturas de elementos; que no deben modificarse

$M_1, M_2$ : Materiales

La ecuación básica para cambiar a una sección equivalente es:

$$b^* = b' + 2 \cdot b'' \cdot \frac{E_{\text{materiales.de.refuerzo}}}{E_{\text{adobe}}}$$

$E$ : Módulo de Elasticidad de la sección a adoptada

$E'$  : Módulo de Elasticidad de la sección a ser modificada.

.El adobe es un material compuesto de arena, arcilla, paja y agua por lo tanto posee un módulo de elasticidad bajo, por esta razón es necesario buscar secciones equivalentes de mayor resistencia.

### 5.2.1 Ancho Equivalente de acuerdo a NTC de México para mamposterías de tabique de barro

MODULO ELASTICO DEL ADOBE		1178,8	kg/cm <sup>2</sup>
Em = 350* fm	fm =	esfuerzo máximo del adobe en relación al área de contacto	
Em = 1382,5 kg/cm <sup>2</sup>	fm =	3,95 kg / cm <sup>2</sup>	
MODULOS ELÁSTICOS DE MATERIALES DE REFUERZO			
			<b>TIPO</b>
Terrocemento + polipropileno	3950 kg/cm <sup>2</sup>		<b>I</b>
cal + cemento	4280 kg/cm <sup>2</sup>		<b>II</b>
cemento + arena	5080 kg/cm <sup>2</sup>		<b>III</b>
chocoto	4000 kg/cm <sup>2</sup>		<b>IV</b>
$b^* = b' + 2 \cdot b'' \cdot \frac{E_{\text{materiales.de.refuerzo}}}{E_{\text{adobe}}}$			
b' =	ancho del muro de adobe	=	40 cm.
b'' =	ancho del material refuerzo	=	4 cm.
			<b>TIPO</b>
b total equiv =	66,81 cm.		<b>I</b>
b total equiv =	69,05 cm.		<b>II</b>
b total equiv =	74,48 cm.		<b>III</b>
b total equiv =	67,15 cm.		<b>IV</b>

### 5.2.2. Ancho Equivalente de acuerdo al Código del Perú N. E80 para Adobe



MODULO ELASTICO DEL ADOBE		1200	kg/cm <sup>2</sup>
Em = 350* fm	fm =	esfuerzo máximo del adobe en relación al área de contacto	
Em = 1382,5 kg/cm <sup>2</sup>	fm =	3,95 kg / cm <sup>2</sup>	
MODULOS ELÁSTICOS DE MATERIALES DE REFUERZO			
			<b>TIPO</b>
Terrocemento + polipropileno	3950 kg/cm <sup>2</sup>		<b>I</b>
cal + cemento	4280 kg/cm <sup>2</sup>		<b>II</b>
cemento + arena	5080 kg/cm <sup>2</sup>		<b>III</b>
chocoto	4000 kg/cm <sup>2</sup>		<b>IV</b>
$b^* = b' + 2 \cdot b'' \cdot \frac{E_{\text{materiales.de.refuerzo}}}{E_{\text{adobe}}}$			
b' =	ancho del muro de adobe	=	40 cm.
b'' =	ancho del material refuerzo	=	4 cm.
			<b>TIPO</b>
b total equiv =	66,33 cm.		<b>I</b>
b total equiv =	68,53 cm.		<b>II</b>
b total equiv =	73,87 cm.		<b>III</b>
b total equiv =	66,67 cm.		<b>IV</b>

**5.2.3. Ancho Equivalente de acuerdo a investigaciones referentes al Reforzamiento de estructuras de adobe Investigación Universidad los Andes -Colombia**

MODULO ELASTICO DEL ADOBE		1170	kg/cm <sup>2</sup>
Em = 350 * fm	fm =	esfuerzo máximo del adobe en relación al área de contacto	
Em = 1382,5 kg/cm <sup>2</sup>	fm =	3,95 kg / cm <sup>2</sup>	
MODULOS ELÁSTICOS DE MATERIALES DE REFUERZO			
			<b>TIPO</b>
Terrocemento + polipropileno	3950 kg/cm <sup>2</sup>		<b>I</b>
cal + cemento	4280 kg/cm <sup>2</sup>		<b>II</b>
cemento + arena	5080 kg/cm <sup>2</sup>		<b>III</b>
chocoto	4000 kg/cm <sup>2</sup>		<b>IV</b>
$b^* = b' + 2 \cdot b'' \cdot \frac{E_{\text{materiales.de.refuerzo}}}{E_{\text{adobe}}}$			
b' =	ancho del muro de adobe	=	40 cm.
b'' =	ancho del material refuerzo	=	4 cm.
			<b>TIPO</b>
b total equiv =	67,01 cm.		<b>I</b>
b total equiv =	69,26 cm.		<b>II</b>
b total equiv =	74,74 cm.		<b>III</b>
b total equiv =	67,35 cm.		<b>IV</b>

**5.2.4 Ancho Equivalente de acuerdo a ensayos realizados en la U. Católica del Ecuador**

MODULO ELASTICO DEL ADOBE		1157,45	kg/cm <sup>2</sup>
Em = 350* fm	fm =	esfuerzo máximo del adobe en relación al área de contacto	
Em = 1382,5 kg/cm <sup>2</sup>	fm =	3,95 $\frac{kg}{cm^2}$	
MODULOS ELÁSTICOS DE MATERIALES DE REFUERZO			
			<b>TIPO</b>
Terrocemento + polipropileno	3950 kg/cm <sup>2</sup>		<b>I</b>
cal + cemento	4280 kg/cm <sup>2</sup>		<b>II</b>
cemento + arena	5080 kg/cm <sup>2</sup>		<b>III</b>
chocoto	4000 kg/cm <sup>2</sup>		<b>IV</b>
$b^* = b' + 2 \cdot b'' \cdot \frac{E_{materiales.de.refuerzo}}{E_{adobe}}$			
b ' =	ancho del muro de adobe	=	40 cm.
b '' =	ancho del material refuerzo	=	4 cm.
			<b>TIPO</b>
b total equiv =	67,30 cm.		<b>I</b>
b total equiv =	69,58 cm.		<b>II</b>
b total equiv =	75,11 cm.		<b>III</b>
b total equiv =	67,65 cm.		<b>IV</b>

El reforzamiento de la estructura será la combinación cemento-arena y malla electrosoldada.

Los esfuerzos serán calculados mediante la utilización del programa SAP 2000.

*Los resultados se muestran en las tablas anexas.*

## CAPITULO VI

### 6. ESPECIFICACIONES TECNICAS

#### 6.1. SISTEMA DE REFORZAMIENTO.

##### 6.1.2.- Definición

Serán las operaciones necesarias para cortar, doblar, y otras necesarias para la fabricación y colocación de una estructura para reforzamiento de paredes según planos y especificaciones del proyecto.

### **6.1.3.-Materiales mínimos:**

- malla electro soldada  $\phi$  3.5mm @ 15cm\*15cm
- varilla de acero  $\phi$  8mm
- alambre galvanizado #18
- alambre galvanizado # 8

#### **6.1.3.1.- Características técnicas de los materiales**

Esfuerzo de fluencia de la malla electrosoldada:  $f_y = 5000 \text{ kg} / \text{cm}^2$

Esfuerzo de fluencia del alambre:  $f_y = 5000 \text{ kg} / \text{cm}^2$

Mortero: cemento – arena, dosificación 1:6 (la dosificación corresponde a 1 saco de cemento mas 6 pariguelas de arena)

El mortero deberá tener una cantidad de agua para una consistencia semejante a la del mortero para enlucido vertical.

La malla debe estar amarrada a los ganchos de los conectores con alambre # 18.

Deben colocarse conectores en todos los vértices interiores de los refuerzos en los muros y conectarse con las mallas exteriores tanto en juntas como en encuentros de muros.

El espesor mínimo de los enchapes será de 4 cm

Únicamente se construirá canales en las paredes con espesores mayores o iguales a 70 cm

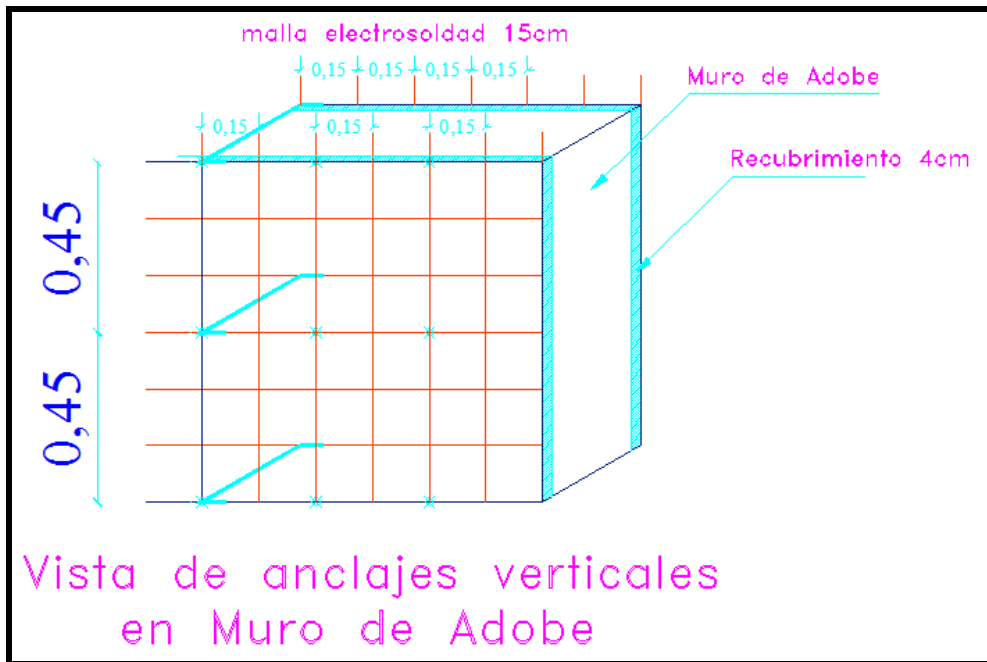


Figura 6.1.- Anclajes para muros de adobe

El anclaje representado en la grafica anterior cuyas dimensiones son en horizontal 30 cm y en vertical 45 cm, son las recomendadas por la norma técnica de construcción en adobe del Perú.

#### 6.1.4.-Equipo mínimo: Herramienta menor.

Para aplicar la técnica de reforzamiento propuesta, se requieren las siguientes herramientas de trabajo:

- Alicates. Empleado para cortar la malla electro soldada y los elementos conectores de las mallas verticales.
- Cincel y Martillo. Se usan para hacer las perforaciones de 3x3 cm en el muro, donde se ubican los elementos conectores de la malla,
- Carretilla. Es empleada para transportar las bolsas de cemento y la arena fina.
- Batea. Utilizada para preparar el mortero 1:4.

- Lata. Se usa para definir las proporciones volumétricas de los ingredientes del mortero (cemento, arena fina y agua).
- Badilejo, codal, Plancha y Tabla. Estas herramientas se emplean en la operación de nivelación. El badilejo se utiliza para pañetear al muro con una primera capa de mortero (después que la malla haya sido instalada), lanzar una segunda capa de mortero y cortar las rebabas finales del mortero. El codal y la tabla sirven para alisar la capa de mortero y la plancha para darle el acabado final, para lo cual debe espolvorearse cemento seco.
- Plomada Utilizada para efectuar las mediciones correspondientes.

**6.1.5.-Mano de obra mínima calificada:** Categorías I, II.

## **6.2.- CONTROL DE CALIDAD, REFERENCIAS NORMATIVAS, APROBACIONES**

### **6.2.1. REQUERIMIENTOS PREVIOS**

- Revisión de los planos arquitectónicos, estructurales y de detalle de la estructura, así como otros documentos de obra que definan diseños, sistemas y materiales a utilizarse.
- Determinación y organización del trabajo a ejecutarse.
- Replanteo y trazos requeridos del sitio a ubicar el reforzamiento.
- Verificación de medidas en obra.
- Disposición de un sitio adecuado para el almacenamiento y trabajos en obra.

- Ubicación de sistemas de andamios, entarimados y otros que se requieran para el alzado.
- Verificación y pruebas del personal técnico.
- Sistemas de seguridad para obreros: botas, guantes, anteojos, cascos, cinturones.
- El montaje de la estructura estará dirigido por un profesional (ingeniero) experimentado en la rama.
- Fiscalización exigirá muestras previas, para la verificación de materiales.

### **6.2.2. DURANTE LA EJECUCIÓN**

- Control de los materiales y verificación de cumplimiento de dimensiones, formas y espesores: según recomendación de la norma E.080 del Código de la construcción del Perú.
- Se puede usar como refuerzo exterior aplicado sobre la superficie del muro malla electro soldada, anclado adecuadamente a el.
- Deberá estar protegido por una capa de mortero de cemento- arena de 4 cm. de espesor aproximadamente.
- La colocación de la malla puede hacerse en una o dos caras del muro, en cuyo caso se unirá ambas capas mediante elementos de conexión a través del muro. Su uso es eficiente e las esquinas asegurado un traslape adecuado.

## 6.3. EJECUCIÓN Y COMPLEMENTACIÓN

### 6.3.1. REFUERZOS PARA PAREDES

#### 6.3.1.1. Reforzamiento Vertical

Las malla que se encuentran en cada lado de la pared, deben estar vinculadas entre si, mediante unos conectores de acero, pueden ser grapas de diámetro mayor o igual a 4 mm Espaciadas 45 cm de la dirección principal del refuerzo y una dimensión semejante al espesor del muro en la dirección transversal, con un gancho de por lo menos 20 cm, doblado con un ángulo de 90 °.

En el caso de usar alambre deberá ser # 18 y colocada cada un espesor del muro.

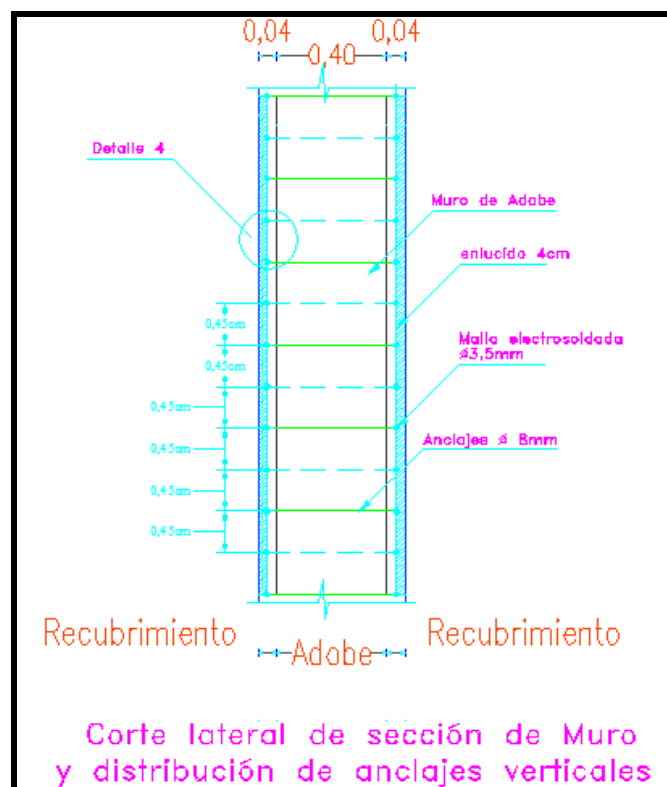


Figura 6.2.- Refuerzo vertical para muros de adobe



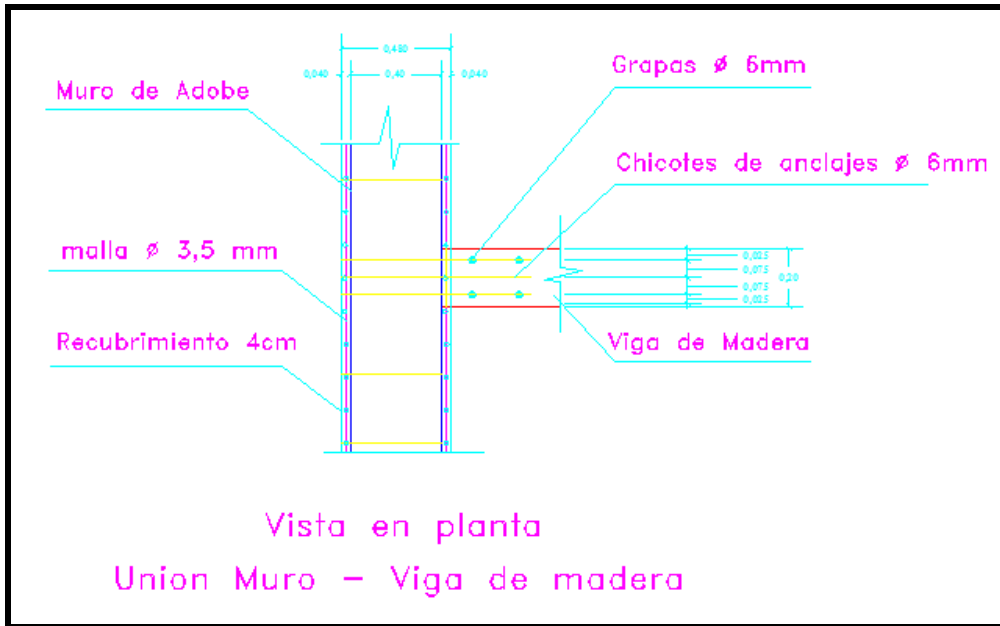


Figura 6.2.- Refuerzo vertical para entrepiso vista en elevación

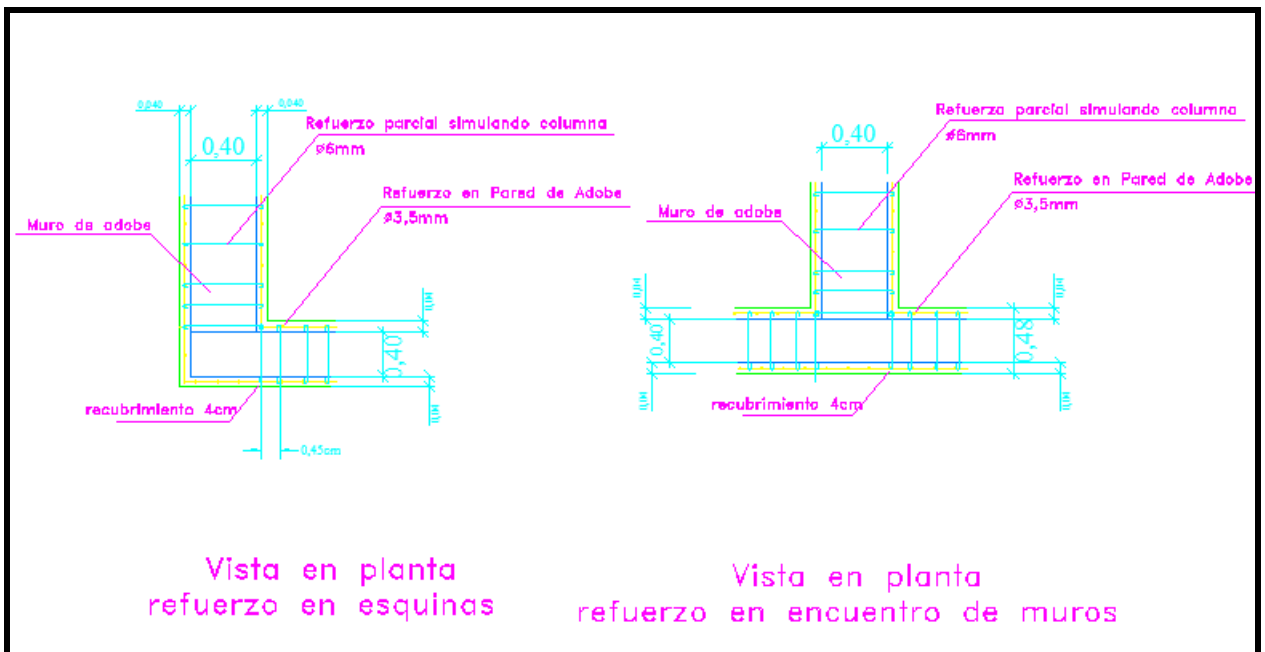


Figura 6.2.- Refuerzo de encuentros en L y en T vista en planta

### 6.3.1.2. Reforzamiento Horizontal

La malla debe tener 30 cm de ancho, mínimo tres espigas de acero en la dirección principal del refuerzo, espaciada 15 cm

Se colocará sobre la superficie o en un canal elaborado en la zona superior de los muros en ambos casos el enchape con un ancho mínimo de 40 cm, el espesor que se requerirá mínimo es de 4 cm para que exista adecuada adherencia entre el refuerzo y la pared; y para que la malla se encuentre protegida de las adversidades ambientales.

Los traslapes serán mínimo de 30 cm y por lo menos a 1,20 m de las esquinas o encuentros de paredes, no se los hará en el centro de la longitud del muro.

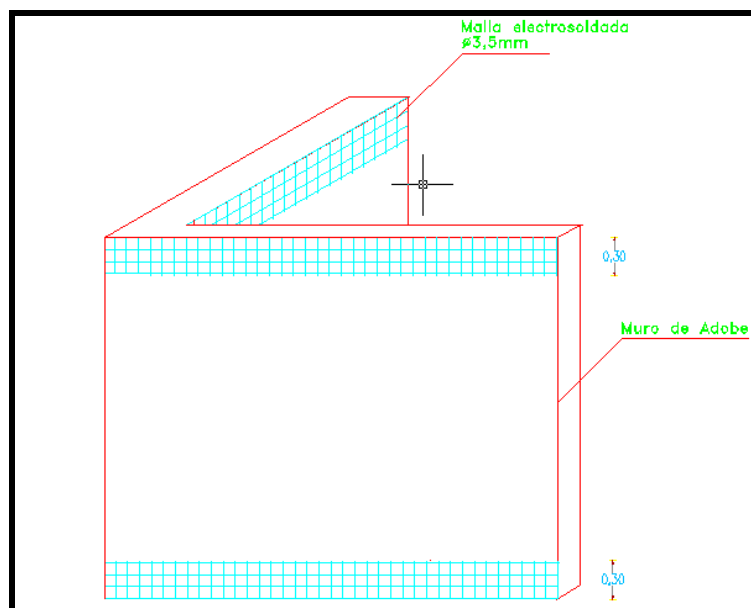


Figura 6.3.- Refuerzo horizontal para muros de adobe

### 6.3.1.3. TIMPANO

La malla debe tener 60 cm. de ancho, y se colocará 30 cm. sobre el plano de debilidad y 30 cm. por debajo del mismo.

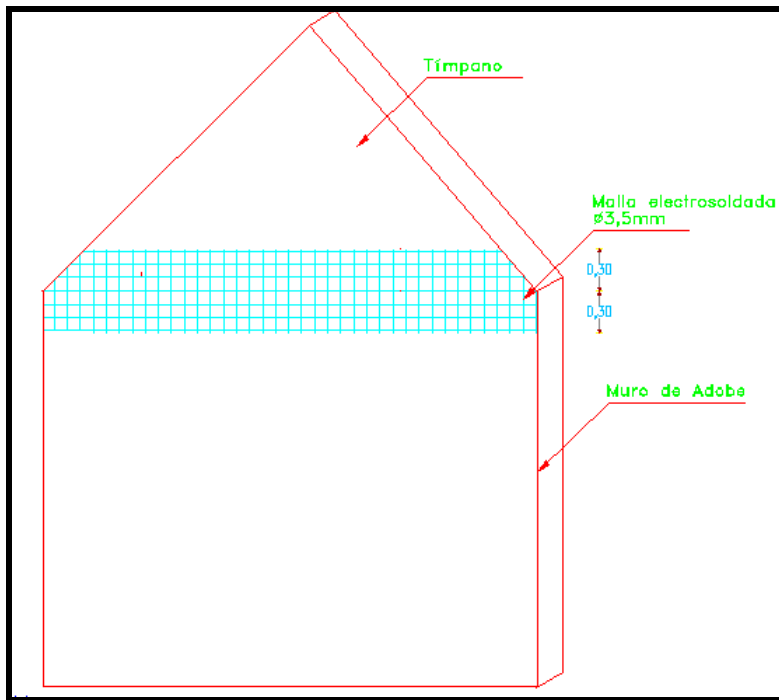


Figura 6.4.- Refuerzo de tímpanos para muros de adobe

### 6.3.2. REFUERZOS PARA JUNTAS DE PAREDES, ENCUENTROS Y BORDES LIBRES DE MUROS.

La malla se deberá colocar aproximadamente 30 cm desde a cara externa del muro en arriostre hacia dentro del muro reforzado en ambos sentidos.

Colocar la malla en toda la altura de la pared desde el sobrecimiento, si el muro carece de este, colocar desde la base del hormigón ciclópeo.

El diámetro de los conectores será mayor o igual a 4 mm Se colocará cada 30 cm o un espesor de muro que converge al muro a ser reforzado o a 45 cm en la dirección que el muro desarrolla la altura total.

El gancho será de 20 cm y deberá ser doblado con un ángulo de 90°.

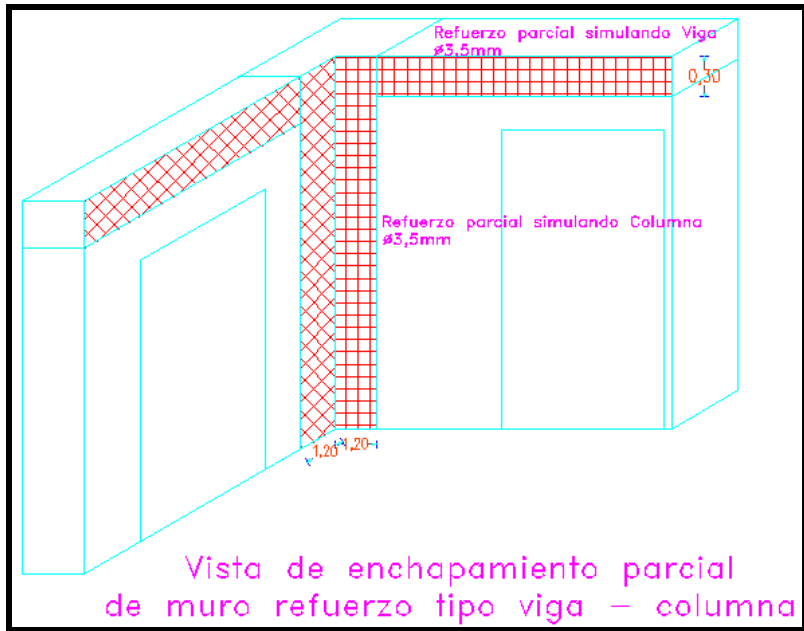


Figura 6.5.- Refuerzo en juntas de muros de adobe

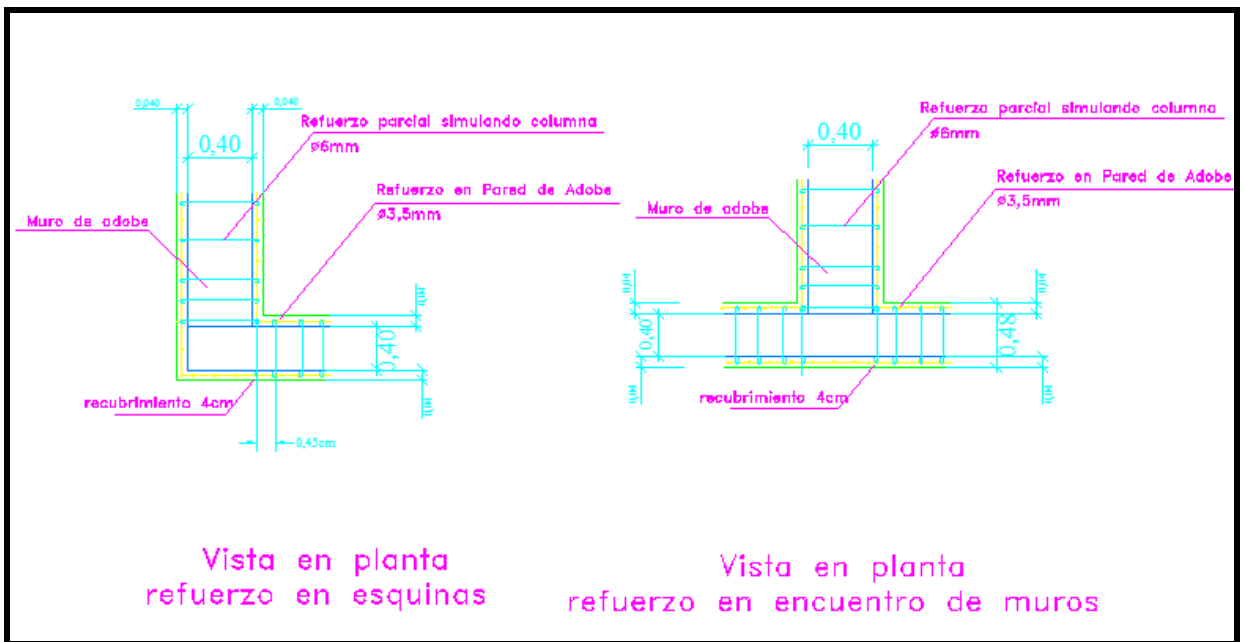


Figura 6.2.- Refuerzo de encuentros en L y en T vista en planta

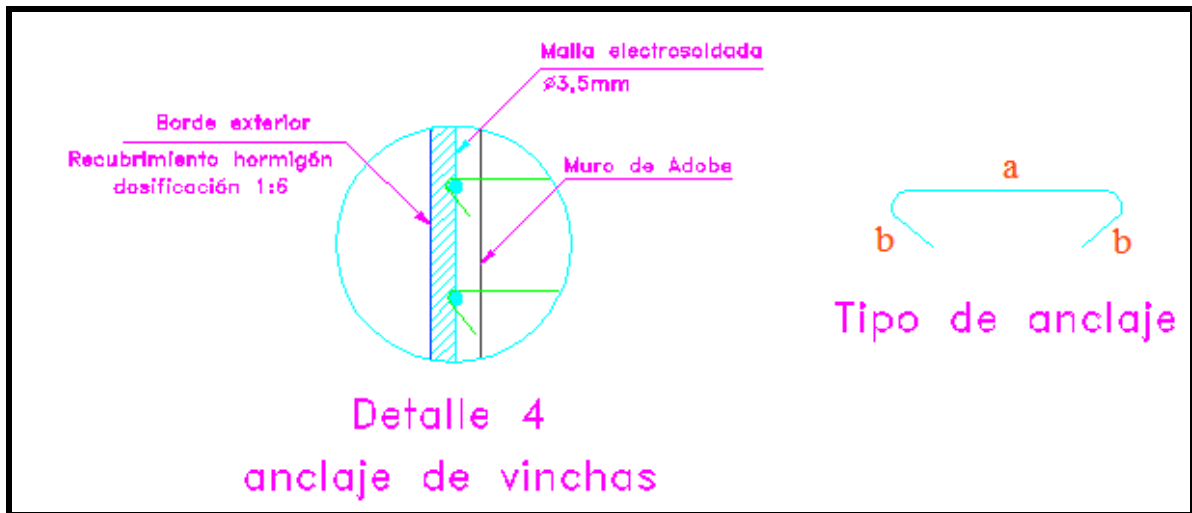


Figura 6.2.- Refuerzo y ganchos típicos

### 6.3.3. REFUERZO EN LA BASE DEL MURO

La malla electro soldada debe ser de 30 cm de ancho con tres espigas de acero en la dirección principal con un diámetro mínimo de 3.5 mm, con un espesor mínimo de 4 cm

Si el espesor del muro es mayor a 60 cm o el muro es de dureza elevada se podrá retirar el enlucido. Si el espesor del muro es mayor a 60 cm o es igual a 1 m se podrá elaborar un canal en el muro.

Los conectores de acero pueden ser grapas de diámetro mayor o igual a 4 mm. Colocadas en la dirección principal en la que se desarrolla el refuerzo a partir del borde interior de la pared perpendicular.

El gancho debe ser de 20 cm doblado con un ángulo de 90 °. En caso de usar alambre este debe ser # 18 (mínimo 8 hilos).

El recubrimiento debe ser de 40 cm de ancho, con un espesor mínimo de 4 cm y extenderse por lo menos 60 cm desde la arista interior de la intersección de dos muros perpendiculares o 1.20 desde la arista exterior de la junta (esquina). Las mallas de refuerzo interiores o exteriores deben extenderse la longitud necesaria para que el enchape se conforme completamente a la base del muro.

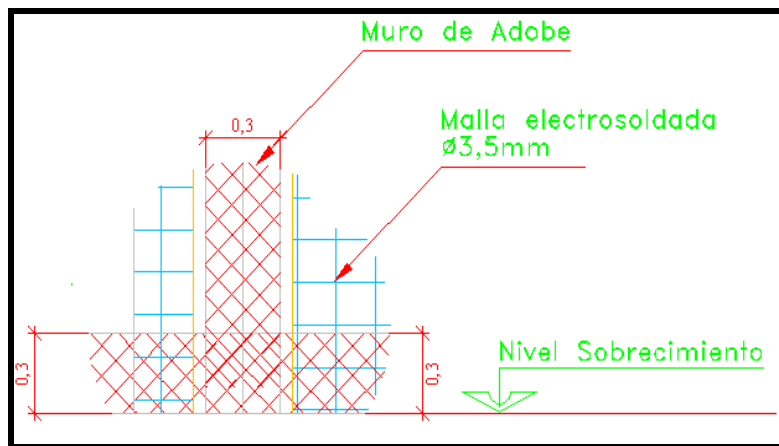


Figura 6.6.- Refuerzo en la base de muros de adobe

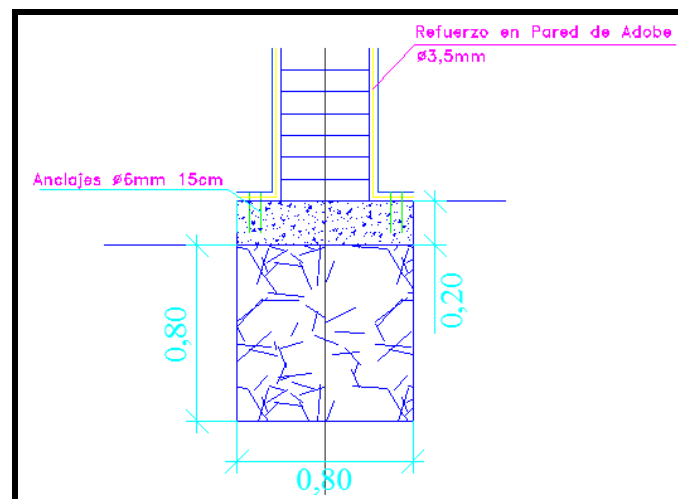


Figura 6.7.- Corte de Refuerzo en la base de muros de adobe

#### 6.3.4. REFUERZO EN MURO LIBRE

La malla debe ser colocada a 1.20 m desde las aristas del borde hacia el interior de la pared.

Los conectores deben estar a 30 cm del borde libre del muro, otro en la mitad de su longitud y otro en el extremo final de la pared.

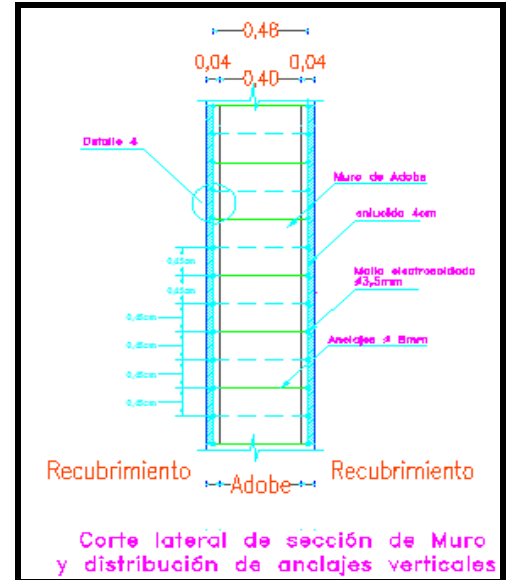
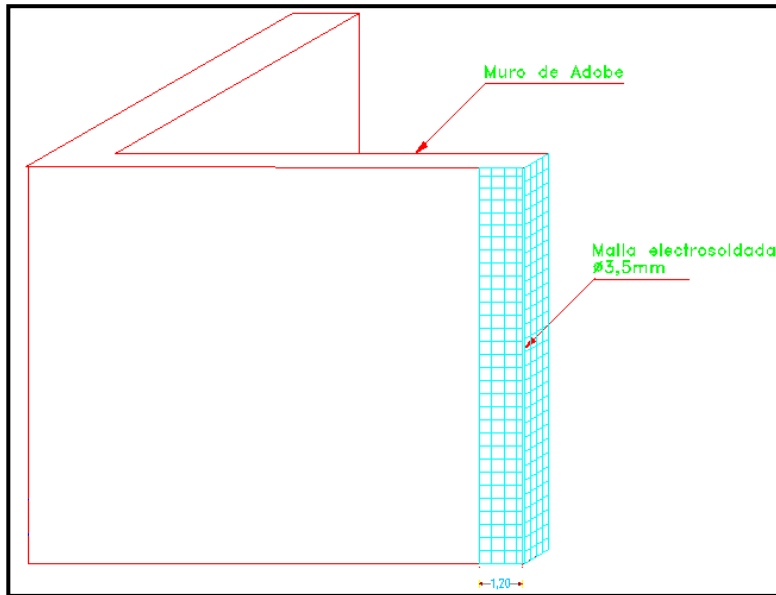


Figura 6.7. Refuerzo en muro libre y corte del refuerzo en muro libre

### 6.3.5. REFUERZO EN ABERTURAS (PUERTAS Y VENTANAS)

El reforzamiento con malla debe ser colocado en el perímetro de la abertura en la parte interior y exterior del muro.

El recubrimiento será de 40 cm de ancho y con un espesor de 4 cm

Las grapas serán de 4 mm colocadas a 30 cm en la dirección paralela y a 45 cm en la dirección principal.

El gancho debe ser de 20 cm y doblado con un ángulo de 90°.

Se debe considerar no concentrar conectores en la zona de intersección de los refuerzos horizontal y vertical para no debilitar la mampostería.

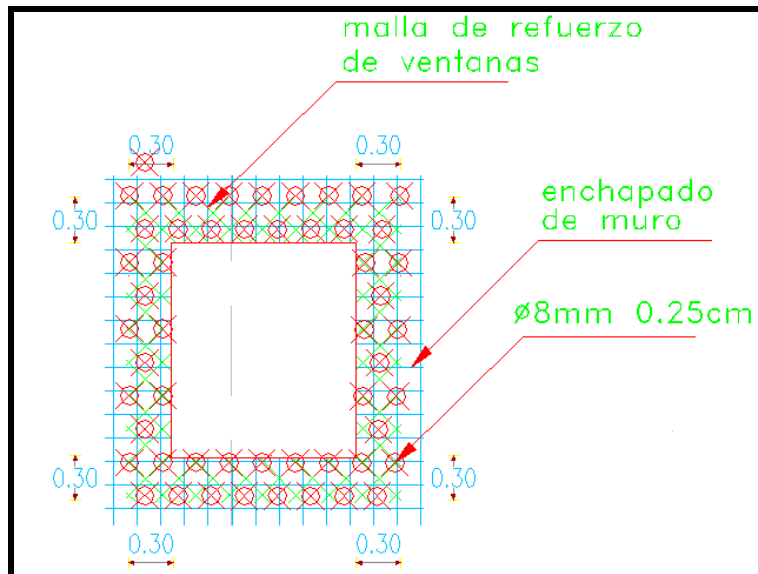


Figura 6.8.- Refuerzo en aberturas de muros de adobe

#### 6.4. MEDICIÓN.

Las cantidades a pagarse serán por unidad

#### 6.5. PAGO

Las cantidades medidas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios contractuales y compensarán el suministro de materiales, transporte y colocación; así como la mano de obra, equipo, herramientas necesarias para la ejecución de estos trabajos.

Código	Rubro	Unidad de medición
	Malla electro soldada $\phi$ 3.5mm @ 15cm*15cm	kg
	Varilla de acero $\phi$ 8mm.	kg
	Alambre galvanizado #18	kg
	Alambre galvanizado # 8	kg
	Mortero 1:6.....	$m^3$



## **CAPITULO VII**

### **7.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1.-FALLAS CONSTRUCTIVAS GENERALES**

Las estructuras de adobe pueden resistir bastante bien cargas de gravedad. Sin embargo, son estructuras frágiles, por lo cual su comportamiento frente a sollicitaciones laterales es pobre y es notorio que muchas de las edificaciones de adobe están construidas, y se siguen construyendo, sobre terrenos de poca capacidad portante y con cimentaciones poco satisfactorias, por lo que también este último aspecto merece atención.

La principal fallas constructivas en este tipo de edificaciones de debe a lo siguiente:

- No tiene estudios previos de mecánica de suelos.
- Ambientes únicos hacen que la densidad en paredes sea muy baja y provoca una concentración de fuerzas en estos elementos, incrementando su vulnerabilidad ante cargas sísmicas.
- Los dinteles producen concentración de esfuerzos por ser más rígidos que la tierra.
- El entrepiso y entablado (en el caso de tener mas de un piso) son de muy baja rigidez en su plano y crean una gran esbeltez que no brinda un soporte lateral adecuado a los muros, los que de acuerdo al sistema constructivo, para comportarse adecuadamente frente a sollicitaciones de carga axial deben ser continuos de altura. Además no vinculan adecuadamente a los muros obteniéndose de esta manera una pobre respuesta estructural de conjunto.

## **7.2. COMPORTAMIENTO DIMAMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ADOBE REFORZADAS.**

Los refuerzos pretenden cubrir los esfuerzos de tensión en los elementos y mantener la integridad estructural.

Un reforzamiento conveniente es el que coloca refuerzos verticales en las juntas de los muros para evitar la separación de los elementos, alrededor de las aberturas para evitar agrietamientos en sus esquinas y principalmente como un collar horizontal en la parte superior de todos los muros para vincularlos.

Se coloca también refuerzos horizontales en la base de los muros para conformar un cinturón de confinamiento vertical en las paredes para desarrollar una mayor resistencia frente a solicitaciones sísmicas antes del fisuramiento y mejorar la estabilidad de la pared.

## **7.3. CRITERIOS BASICOS DE REFORZAMIENTO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ADOBE**

Que resista esfuerzos de tensión ya sea de origen directo por la acción de fuerza de tensión o por otras acciones como corte o flexión, para impedir fisuras.

Que garantice trabajo conjunto de todos los elementos.

Disipación de energía sísmica por el conjunto estructural aún cuando esta ya se haya fisurado.

Debe retardar al máximo el tiempo de colapso de una edificación cuando esta sea sometida a un sismo severo.

Debe ser económico para que las personas que son propietarias de las viviendas de adobe puedan aplicarlas.

## **7.4. FASE ANALÍTICA: RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN**

Con la identificación de los materiales estructurales se da un marco de referencia en cuanto a la calificación y cuantificación de las propiedades más relevantes que de él se pueden deducir. Esta investigación sólo es una fracción del estudio de los materiales y comportamiento estructural de las edificaciones patrimoniales en tierra. Por tanto los resultados aquí registrados, aunque merecen confiabilidad, son una muestra discreta frente a tantos edificios de este carácter que se encuentran distribuidos en todo el territorio, construidos con materiales y técnicas similares.

### **7.4.1. Resultados del Estudio de las Propiedades Físicas del Adobe**

Las propiedades físicas del adobe fueron determinadas en su mayoría en los ensayos realizados en el laboratorio de suelos y los resultados obtenidos son los siguientes:

- El contenido de humedad natural es bajo, posiblemente debido a la manipulación de las muestras y probetas empleadas en los ensayos.
- Existe un contenido bajo de materia orgánica.
- El análisis de composición granulométrica revela un mayor contenido de suelos finos; quedando clasificados los suelos del caso de estudio como *CL - Arcillas inorgánicas de baja plasticidad.*

En general que existe una correspondencia con el amplio rango de valores que se han encontrado en estudios anteriores para este material. Pero se debe tener en cuenta que este trabajo se refiere sólo a un caso de estudio y no es apropiado generalizar todo un sistema constructivo a partir de los resultados obtenidos.

#### 7.4.2. Resultados del Estudio de las Propiedades Mecánicas del Adobe:

Las propiedades mecánicas de este material estructural corresponden a ensayos realizados en el laboratorio de materiales. Se observa entonces que la capacidad mecánica de este sistema constructivo es relativamente baja.

Los ensayos de compresión simple muestran que la resistencia del adobe de este caso de estudio es similar a los resultados compilados de autores referentes, como indica el cuadro.

CUADRO DE PROPIEDADES MECÁNICAS

	Em (Kg./cm <sup>2</sup> )	Gm (Kg./cm <sup>2</sup> )	μ
TESIS ESPE 2008	1383.59	4715,36	0,25
U. CATOLICA	1157,45	4629,8	0,25
INVESTIGACION COLOMBIANA	1170	4680	0,25
CODIGO. PERÚ	1200	4800	0,25

Se debe tomar en cuenta que las características mecánicas, son las que condicionan el desempeño del sistema estructural ante sollicitaciones dinámicas

#### 7.5. METODOLOGÍA GUÍA PARA EL ESTUDIO DE EDIFICACIONES EN TIERRA

La información recopilada, se debe agrupar en función de la etapa en la cual se obtiene, pues así se da claridad al proceso metodológico que se pretende plasmar en la guía.

La guía debe mostrar un proceso lógico, secuencial y cronológico en la toma de información y obtención de los resultados. Asimismo, dejará ver e identificar las

características tipológicas del sistema constructivo y estructural del edificio, las condiciones existentes de su funcionamiento estructural, los agentes externos que actúan como causas de posibles efectos sobre el sistema estructural; esto en la fase inicial de trabajo de campo.

Con el uso de esta metodología propuesta no sólo se alcanza información relativa al material estructural que a lo largo de este trabajo se ha estudiado, sino que además se reconocen el sistema constructivo de la edificación, información relevante para el análisis del diagnóstico del comportamiento y de la situación estructural, así como otros valores de orden técnico que contribuyen en la toma de decisión para plantear medidas de rehabilitación efectivas, o acciones consistentes con la realidad y el estado estructural del edificio.

El uso del modelo metodológico aquí propuesto contribuye a conformar una base de datos que amplía el conocimiento de sistemas estructurales que utilicen la tierra como material estructural

De la observación de los resultados en las diferentes áreas estudiadas, principalmente en la física y mecánica, es recurrente la alta fragilidad y consecuentemente la vulnerabilidad que presenta el sistema.

La normalización de los materiales básicos de este sistema constructivo no se ha realizado profundamente. Se entiende que esta situación es debido a la poca utilización que como material estructural se le da al adobe actualmente, así como a las demás variables del sistema constructivo en tierra cruda.

Según los aspectos que se han tratado en este estudio, se puede presentar los siguientes conceptos sobre el comportamiento estructural de los sistemas constructivos en tierra:

- Los factores externos o del entorno donde se encuentre la estructura construida en adobe y que lo afectan son función de la calidad de la manufactura del sistema, es decir que un adobe fabricado con proporciones adecuadas de sus componentes granulométricos y construido con buena calidad en la mano de obra, donde se hayan cuidado las trabas, los aparejados y espesores de pega garantiza que mejora el funcionamiento estructural de un sistema de mampostería.
- La composición física del adobe está regulada por la presencia de los componentes granulométricos básicos, cuyas cuantías varían aún entre los mismos elementos del sistema constructivo de un mismo inmueble.
- Siempre están asociados al sistema de mampostería en adobe una serie de agentes de deterioro que indican una tendencia de la debilidad y fragilidad de este mampuesto; razón por la cual en su estudio se debe considerar, además de los aspectos físicos y mecánicos mostrados, el referente a la patología estructural que se presenten en el sistema.
- El estudio de estructuras de este tipo se debe realizar mediante el análisis de la evolución del daño; es decir que a partir del momento de aparición del deterioro estructural se pueden comparar las propiedades mecánicas de los materiales estructurales para verificar cuál es el nivel de degrado de la estructura y con ello deducir la condición de seguridad que continúe presente, o en el caso más desfavorable, la pérdida de ésta.

### **7.5.1 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS EN EDIFICACIONES DE TIERRA.**

- La longitud máxima entre muros de arriostre dependerá de la expresión:

$$long_{\max} = 12 * e_{muro.arriostre}$$

- Ancho máximo para puertas y ventanas

$$Ancho_{\max} = \frac{1}{3} \cdot long_{\max}$$

- Longitud libre al próximo arriostre

$$5 \cdot e_{m.arriostre} > Long_{proximarriostre} > 3 \cdot e_{m.arriostre}$$

- Longitud de muro de arriostre

$$long_{muro.arriostre} > 3 \cdot e_{muro.por.arriostar}$$

La siguiente figura muestra el pórtico 1- 2 del eje A, este muro debe ser reforzado debido a que no cumple con las recomendaciones constructivas, ya tiene el ancho mínimo de ventanas.

En los planos adjuntos se indica el estado actual de cada muro de adobe.

## BIBLIOGRAFÍA

- Zegarra L., San Bartolomé A., (2001). Comportamiento Sísmico y Alternativas de Rehabilitación de Edificaciones en Adobe y Tapia Pisada con Base en Modelos a Escala Reducida Ensayados en Mesa Vibratoria, Perú
- Zegarra L., San Bartolomé A., (2001.) *Manual Técnico para el Reforzamiento de las Viviendas de Adobe Existentes en la Costa y la Sierra. Perú,*
- Rodríguez A., Fonseca L., (2003) «Comportamiento sísmico y alternativas de rehabilitación de edificaciones en adobe y tapia pisada con base en modelos a escala reducida ensayados en mesa vibratoria»

*Tesis de Maestría en Ingeniería Civil, Estructuras y Sísmica, Universidad de los Andes, Colombia.*

- Caiza Sánchez Pablo. Manual para el uso de SAP2000 10.0.1 en el análisis sísmico de estructuras. Ecuador CEINCI-ESPE.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, Código Ecuatoriano de la Construcción CEC2000. Requisitos Generales de Diseño. Ecuador.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (2003). Memorias del Seminario Taller Reforzamiento Estructural en las Edificaciones Patrimoniales. Ecuador



PLANOS