

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE ALFÉIZARES CONSTRUIDOS CON LA  
PLACA P-10 A CARGAS PERPENDICULARES A SU PLANO**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presentan los bachilleres:

Alonso Felipe Icochea Trujillo

Alejandro Alberto Fernández Loayza

Asesor: Ing. Ángel San Bartolomé

**Lima, Febrero del 2013**

## RESUMEN

Actualmente se utilizan en los edificios de Lima, en gran cantidad, alféizares de albañilería hechos con el bloque sílico-calcáreo P-10, reforzados verticalmente con varillas de 8mm y contruidos de distantes maneras. Considerándose: 1) que el Perú se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica; 2) el peligro que representa para las personas el posible volteo de estos elementos ante movimientos sísmicos perpendiculares a su plano en caso de encontrarse en fachadas; y, 3) que no se conoce el comportamiento que puedan tener estos alféizares ante sismos severos, se llega a la conclusión de que es necesario investigarlo, siendo ésta el objetivo principal de la tesis.

Para esta investigación se prepararon cuatro alféizares con las mismas dimensiones, pero con métodos constructivos diferentes, los cuales representan la forma de construcción en diferentes proyectos de edificaciones: 1.- Siguiendo la recomendación del proveedor de las unidades de albañilería, Cia Minera Luren, siendo estas consideradas buenas prácticas escritas en un manual, 2.- No se siguen buenas prácticas constructivas, caso que también se da en las obras, 3.- El alféizar presenta un caso particular en donde existe presencia de tuberías sanitarias en su estructura, 4.- Se siguen las mejores prácticas observadas en las construcciones de estas edificaciones.

Con el propósito de conocer el comportamiento dinámico de los alféizares contruidos se les ensayó en dos etapas: una etapa dinámica, en la mesa vibratoria del LEDI, y la segunda etapa de ensayo estático con la ayuda de una gata hidráulica, marco de reacción, etc.

De ambos ensayos se llega a la conclusión que el comportamiento que tienen estos elementos, frente a sollicitaciones dinámicas perpendiculares a su plano, es elástico, por lo que hubo que ejecutar un ensayo de carga lateral monotónicamente creciente hasta lograr el colapso de los alféizares. Se puede aseverar que el refuerzo vertical de acero recomendado por el fabricante de las unidades de albañilería está muy por encima del calculado mediante la norma E.070.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : "Comportamiento sísmico de alféizares contruidos con la Placa P-10"  
Área : Estructuras -Investigación-  
Asesores : Ing. Ángel San Bartolomé  
Alumno : ALEJANDRO ALBERTO FERNÁNDEZ LOAYZA  
Código : 2003.7280.7.412  
Alumno : ALONSO FELIPE ICOCHEA TRUJILLO  
Código : 2003.0613.N.412  
Tema N° : 318  
Fecha : Lima, 7 de febrero de 2013



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente se utilizan en los edificios de Lima, en gran cantidad, alféizares de albañilería hechos con el bloque sílico-calcáreo P-10, reforzados verticalmente con varillas de 1/4" y contruidos de distantes maneras. Considerándose: 1) que el Perú se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica; 2) el peligro que representa para las personas el posible volteo de estos elementos ante movimientos sísmicos perpendiculares a su plano en caso de encontrarse en fachadas; y 3) que no se conoce el comportamiento que puedan tener estos alféizares ante sismos severos, se llega a la conclusión de que es necesario investigarlos.

OBJETIVO

La finalidad principal de esta investigación es comprobar mediante ensayos de simulación sísmica, el comportamiento de los alféizares hechos con la Placa P-10 ante sollicitaciones perpendiculares a su plano.

Dependiendo de los resultados que se obtengan, otro objetivo será proponer algún sistema de reforzamiento para los alféizares existentes y otro sistema de refuerzo para los alféizares nuevos.

PLAN DE TRABAJO

La metodología a emplear constará de tres etapas:

- *Trabajo de campo:*  
Se visitarán proyectos de edificaciones en Lima dirigidos a los diferentes segmentos socioeconómicos, y se recopilará datos acerca de los métodos constructivos de los alféizares con la Placa P-10.
- *Trabajo de gabinete y ensayos:*  
Se procederá a escoger los métodos constructivos más representativos de los encontrados en la etapa anterior, para, en base a éstos, construir 4 especímenes que luego serán ensayados en el Laboratorio de Estructuras:



- ✓ Ensayo sísmico ortogonal al plano del alféizar. Se usará un anillo de concreto armado cedido por el LEDI, sobre el cual se construirán los 4 alféizares, que, posteriormente, serán ensayados en simultáneo a 3 fases del sismo (leve, moderado y severo).
- ✓ Ensayo de anclaje del refuerzo vertical. Se harán 3 ensayos sobre la varilla anclada en zonas del anillo no ocupada por los alféizares.
- *Interpretación de resultados*  
En base a los resultados de los ensayos efectuados, se emitirán conclusiones respecto a cada método constructivo. Se elaborará la memoria descriptiva del proyecto) en no más de 100 páginas y un artículo de no más de 12 páginas con fines de difusión.

Tanto la construcción como el procesamiento de resultados serán conducidos por los alumnos, bajo la responsabilidad del asesor. El personal técnico y los equipos para los ensayos serán proporcionados por el Laboratorio de Estructuras.

V°B° .....  
Ing. Ángel San Bartolomé  
Coordinador de Investigación

A.S.B.)



*A mis padres, Roberto y Jazmin,  
con todo mi amor,  
por su apoyo incondicional, cariño y consejos;  
a mis hermanos, Roberto y Alvaro,  
por ser mis cómplices;  
a Fiorella y Sebastián,  
por ser mi motivación.*

*Alonso*

*A mis padres, Alejandro y Angelita,  
con todo mi amor,  
por su constante apoyo y consejos;  
a mi hermana, Paola,  
y a Lourdes,  
el amor de mi vida.*

*Alejandro*

### Agradecimiento

La elaboración de este trabajo de tesis se lo debemos en gran medida a nuestro asesor, el Ing. Ángel San Bartolomé, quién nos brindó su apoyo incondicional, experiencia, enseñanzas, comunicación, confianza, paciencia, motivación y su invaluable tiempo para atendernos siempre con el buen ánimo que lo caracteriza.

Agradecemos también a nuestras familias por su cariño y apoyo en todo momento. También a los amigos de siempre quienes nos acompañan sin importar las circunstancias.



## Índice

Capítulo 1	GENERALIDADES .....	1
1.1	Descripción del Proyecto.....	1
1.2	Objetivos .....	1
1.3	Revisión Bibliográfica .....	2
Capítulo 2	CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES .....	3
2.1	Características de los muretes analizados .....	4
2.2	Anillo de cimentación .....	4
2.3	Mano de obra .....	4
2.4	Planificación del proyecto .....	4
Capítulo 3	MATERIALES UTILIZADOS .....	5
3.1	Unidades de albañilería.....	5
3.2	Agregados.....	6
3.3	Cemento.....	6
3.4	Mortero.....	7
3.5	Concreto fluido (grout) .....	7
3.6	Acero.....	8
3.7	Epóxico (Sikadur® 31 Hi-Mod-Gel).....	8
3.8	PVC en murete M3.....	8
Capítulo 4	ENSAYO DE ANCLAJE DEL REFUERZO VERTICAL.....	9
4.1	Generalidades.....	9
4.2	Descripción del ensayo e instrumentación .....	10
4.3	Fases del ensayo .....	11
4.4	Gráfica de resultados .....	11
Capítulo 5	CONSTRUCCIÓN DE LOS MURETEES.....	12

5.1	Características comunes de los muretes.....	12
5.2	Métodos constructivos usados en obra.....	12
5.3	Construcción de la albañilería armada.....	13
Capítulo 6	ENSAYOS DE SIMULACIÓN SÍSMICA.....	37
6.1	Descripción del ensayo e instrumentación.....	37
6.2	Fases del ensayo.....	37
6.3	Comportamiento cualitativo de los muretes.....	37
6.4	Comportamiento cuantitativo de los muretes.....	38
Capítulo 7	ENSAYOS DE CARGA ESTÁTICA.....	50
7.1	Descripción del ensayo e instrumentación.....	50
7.2	Comportamiento de los muretes.....	51
7.3	Gráficas carga-desplazamiento.....	53
7.4	Carga equivalente.....	55
7.5	Cargas equivalentes de los muretes.....	56
7.6	Resistencia máxima y comparación con la carga de diseño.....	56
7.7	Resistencia máxima y comparación con la carga de fluencia.....	56
7.8	Resistencia máxima y comparación con la carga máxima dinámica.....	56
7.9	Comparación de los 4 muretes.....	57
Capítulo 8	CONCLUSIONES.....	58
Capítulo 9	BIBLIOGRAFÍA.....	60



## Capítulo 1 GENERALIDADES

### 1.1 Descripción del Proyecto

Considerándose: 1) que el Perú se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica debido a su localización en una zona de subducción de dos placas tectónicas; 2) el gran uso de muretes o alfeizares hechos con la Placa P-10 en nuestro medio causado por el aumento de la construcción inmobiliaria (Fig. 1.1); 3) el peligro que representa para las personas el posible volteo de estos elementos ante movimientos sísmicos que crean fuerzas perpendiculares al plano de estos muretes o alféizares ubicados, mayoritariamente, en fachadas; y, 4) que actualmente no se conoce el comportamiento que puedan tener estos muretes ante sismos severos, se llega a la conclusión de que es necesario investigar si estos elementos, tal como se construyen actualmente, tendrán un buen comportamiento ante los sismos.

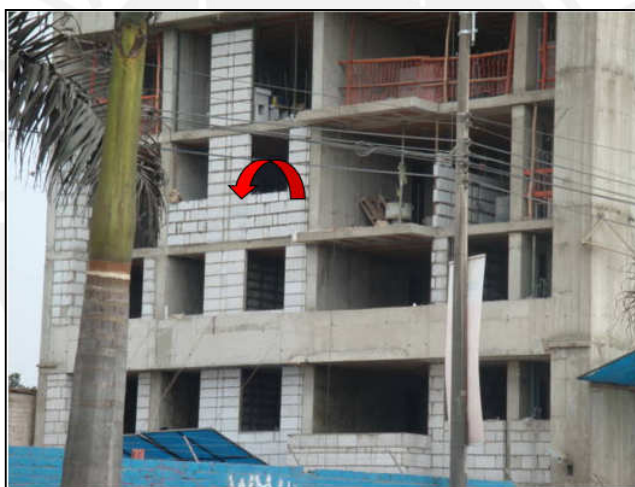


Figura 1.1. Edificio de concreto armado con albañilería silico calcárea.

### 1.2 Objetivos

Los muretes pueden sufrir volcamiento en un evento sísmico por cargas perpendiculares a su plano (se comportan como elementos en voladizo, Fig.1.2) en caso que no estén debidamente arriostrados o reforzados.

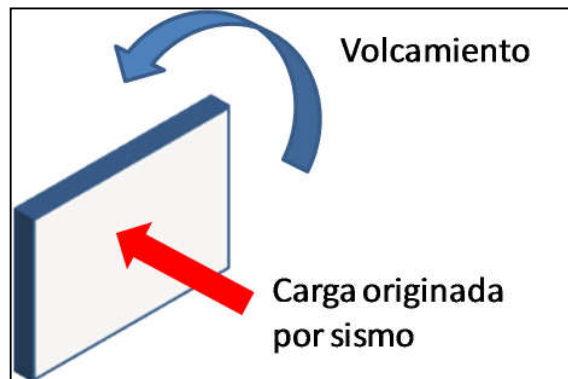


Figura 1.2. Volcamiento de murete.

Tomando en consideración que la mano de obra calificada en el uso de este tipo de albañilería es escasa en el Perú, y que las compañías aplican criterios diferentes de construcción, se considera que es necesario realizar una evaluación de este sistema a fin de poder validar los métodos constructivos recomendables para nuestro medio.

La finalidad principal de esta investigación es comprobar mediante ensayos de simulación sísmica, el comportamiento de los muretes hechos con la Placa P-10 ante sollicitaciones perpendiculares a su plano. Para este efecto se usaron 4 muretes, cada uno de ellos con metodologías de construcción diferentes de acuerdo a como se construyen en obra y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Dependiendo de los resultados que se obtengan, otro objetivo será proponer algún sistema de reforzamiento para los muretes existentes y otro sistema de refuerzo para los muretes nuevos.

### 1.3 Revisión Bibliográfica

Se describe de forma general las consideraciones para muretes de acuerdo al “Manual de Instalación para muros no portantes con placas P-7, P-10, P-12 y P-14 – Décimo tercera edición-“.

Se reproduce parte del “Manual de instalación LACASA” Capítulo 9 – Consideraciones Generales -

9.1 Muretes, parapetos y muros con ventana alta.

- a.- Debido al mayor coeficiente de seguridad que se requiere en estos casos, cuando se construyan muretes, parapetos y muros con ventana alta, no podrá hacerse uso de las Placas P-7 debido a la baja relación de esbeltez que presenta. Como mínimo deberá hacerse uso de la Placa P-10. También podrán ser usadas las Placas P-12 y P-14.
- b.- Las varillas verticales de acero corrugado serán de 8 mm. y deberán ser colocadas empezando por el primer y último alvéolo del muro, distribuyendo las demás hacia el centro del mismo cada 51 cm. Así mismo, la profundidad de la perforación del anclaje deberá ser de 10 cm. como mínimo. Las Placas deberán ser asentadas con amarre de sog a mitad al igual que el resto de los muros.
- c.- Los muretes, parapetos y muros con ventana alta, deberán ser aislados mediante una junta de separación de  $\frac{1}{2}$ " , la cual deberá ser rellena con una plancha de tecknopor, la que deberá ser colocada antes del asentado de la primera hilada y nunca después.
- d.- En muros con ventana alta ubicados entre elementos estructurales de concreto, deberá colocarse una varilla horizontal de acero de 8 mm. en la última junta de mortero horizontal, con la finalidad de asegurar el murete. Para ello, debe taladrarse en cada uno de los elementos estructurales, un agujero de 5 cm. de profundidad por  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, donde quedará simplemente insertada esta varilla. En este caso, la varilla no llevará epóxico.
- e.- Cuando la altura del murete, parapeto o muro de ventana alta no es múltiplo exacto de la altura de la placa incluidas las juntas horizontales, la hilada de piezas no enteras no deberá ser la última.
- f.- La altura máxima del parapeto deberá ser de 1.25 m. Para alturas mayores hasta 2.50 m deberá usarse Placa P-10 con canal y el refuerzo de acero de este muro así como sus anclajes deberán ser diseñados por el ingeniero estructural.
- g. Es importante precisar que para el caso de parapetos, los encuentros de muro en forma de "L" deberá seguir el mismo procedimiento detallado en el capítulo 9.3 inciso "a" del presente Manual.

## Capítulo 2            CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES

### 2.1 Características de los muretes analizados

Los muretes serán de 1.52 m de largo por 0.90 m de alto empleando bloques sílico calcáreos de 0.10 m de espesor sobre el anillo de cimentación cedido por el Laboratorio de Estructuras.

### 2.2 Anillo de cimentación

El anillo de cimentación será de concreto armado de forma rectangular de dimensiones exteriores de 3.60 m x 4.00 m y un espesor de 0.30 m.

### 2.3 Mano de obra

Para la construcción de los muretes y anclajes se necesitaron dos personas (1 operario y 1 ayudante) quienes provinieron de la Cia. Minera Luren, empresa que provee las unidades de albañilería.

El personal técnico y los equipos para los ensayos fueron proporcionados por el Laboratorio de Estructuras.

### 2.4 Planificación del proyecto

La parte del proyecto a realizar en el laboratorio se estima que durará 32 días, tiempo que comprende el traslado de materiales y equipos al LEDI, construcción de especímenes, ensayo de los mismos, entre otras actividades (ver Figura 2.1).

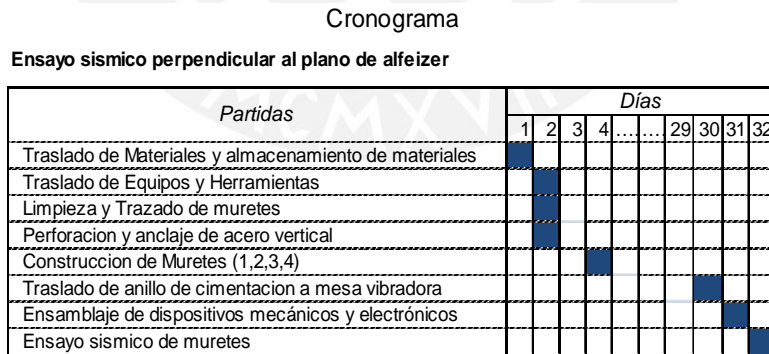


Figura 2.1. Cronograma de Proyecto.

Para el Ensayo de anclaje de refuerzo vertical (Figura 2.2), también se ha considerado una duración de 32 días para que coincidan la fecha de ambos ensayos. Este ensayo se realizará en el mismo anillo de cimentación que el empleado para el ensayo sísmico.

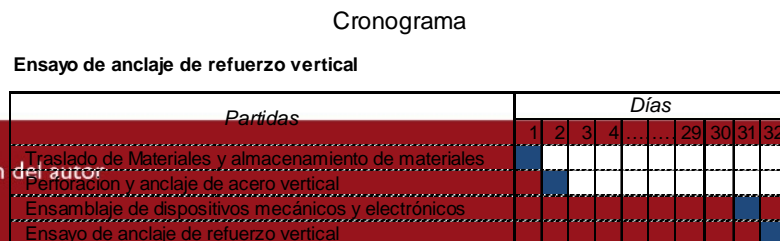


Figura 2.2. Cronograma para ensayo de refuerzo vertical.



## Capítulo 3 MATERIALES UTILIZADOS

### 3.1 Unidades de albañilería

Para fines de la presente investigación se usaron unidades de albañilería industriales tipo Placas P-10 que son unidades sílico calcáreas especialmente diseñadas para la construcción de Muros no estructurales, es decir, muros que solo servirán para dividir

ambientes. Estas unidades provienen de la Compañía Minera Luren (LACASA), la cual tiene mayor presencia en el mercado de este tipo de bloque.

Como información adicional, la principal ventaja de los muros construidos con estos productos es la factibilidad de poder ser empastados directamente sin la necesidad de un tarrajeo previo. Las características de este tipo de albañilería (Placa P-10) son las siguientes (Tabla 3.1):

Tabla N°3.1. Características de la placa P-10.

Unidad de albañilería	Dimensiones en cm	Peso en KG	Piezas x m2	Perforaciones	
				N°	Dimensiones
Placa P-10	10 x 50 x 25	18.5	7.4	4	5 x 7 cm

### 3.2 Agregados

Son materiales inertes que se prestan a ser ligados por una matriz para conformar una masa aglomerada.

Los agregados finos, consisten en arena gruesa natural o piedra triturada con un tamaño máximo de 5 mm. En este proyecto se usó arena gruesa natural.

El agregado grueso consiste en una grava cuyas partículas son mayores a los 5 mm. En este proyecto se usó piedra chancada de ½”.

Los agregados ocupan entre el 60 y 70% del volumen del concreto y sus propiedades influyen en las propiedades del concreto.

En el mortero el agregado fino le proporciona estabilidad volumétrica y atenúa la contracción por secado, para lo cual es importante que haya menos de 5% de polvo (partículas que atraviesan la malla ASTM #200).

### 3.3 Cemento

Se utiliza básicamente cemento normalizado Portland tipo I y cemento adicionado (puzolánico); excepcionalmente se emplea el cemento Portland tipo II (resistente a los sulfatos). El peso volumétrico del cemento es 1500 kg/m<sup>3</sup>, y se comercializa en bolsas de 1 pie cúbico (0.0283m<sup>3</sup>) con 42.5 kg de peso.

En el Perú hubo dos intentos para introducir cemento de albañilería (mezcla de cemento Portland, puzolana, escorias, cal hidráulica con piedra caliza, tiza, talco,



arcilla, conchas marinas, etc.), sin éxito. Con estos cementos, las mezclas usuales 1:4 tuvieron resistencias a compresión 10 veces menores que las obtenidas con cemento Portland tipo I<sup>1</sup>.

### 3.4 Mortero

La función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades, corrigiendo las irregularidades geométricas de altura que estas tienen, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad.

Para esta investigación se empleó el mortero grueso embolsado suministrado por Cia. Minera Luren (bolsa verde), el cual se utiliza para el asentado de Placas P-10 o cualquier otra unidad de albañilería de arcilla o de concreto, ya que la dosificación es la estándar, sólo que vienen listas para usar y con un mayor control de calidad de sus componentes.

### 3.5 Concreto fluido (grout)

El concreto fluido, o “grout”, se emplea para rellenar los alvéolos o celdas de las unidades que forman un muro de albañilería armada y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un solo conjunto estructural, denominado “Albañilería armada”. Este material debe ser preparado mecánicamente en una mezcladora y su revenimiento, medido en el cono de Abrams ASTM C-1019, debe ser alrededor de 10 pulgadas, pudiendo estar comprendido entre 225 y 275mm, con una consistencia similar a la de una sopa espesa de sémola.

Para la presente investigación se usó grout suministrado por LACASA el cual es especial para rellenar los alvéolos de la placa P-10, de manera que hará trabajar el acero de anclaje colocado.

---

<sup>1</sup> **Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería**, Ángel San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson Silva, Fondo Editorial PUCP, Febrero, 2011

### 3.6 Acero

El refuerzo de acero se distribuye normalmente en barras o varillas de sección básicamente circular, con resaltes o corrugaciones en la superficie para mejorar la adherencia con el concreto, en este caso con el grout y mortero del murete.

Se usaron varillas de acero corrugado de 8mm de diámetro para el anclaje vertical, y varillas de acero corrugado de 6mm de diámetro a lo largo del murete para refuerzo horizontal.

### 3.7 Epóxico (Sikadur® 31 Hi-Mod-Gel)

Es un material tixotrópico de dos componentes a base de resinas epóxicas y cargas inactivas, exento de solventes. Sikadur 31 HI-MOD-GEL cumple la Norma ASTM-C-881: Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete.

La profundidad de perforación se rige a las indicaciones del fabricante del epóxico, la cual indica que no debe ser menor a 15 veces el diámetro del perno de anclaje<sup>2</sup>.

### 3.8 PVC en murete M3

En el Murete M3, para simular una instalación sanitaria de acuerdo a como se vio en las visitas a las obras, se usó una tubería para desagüe de 2" de diámetro de marca PAVCO, de acuerdo a la Figura 3.1.

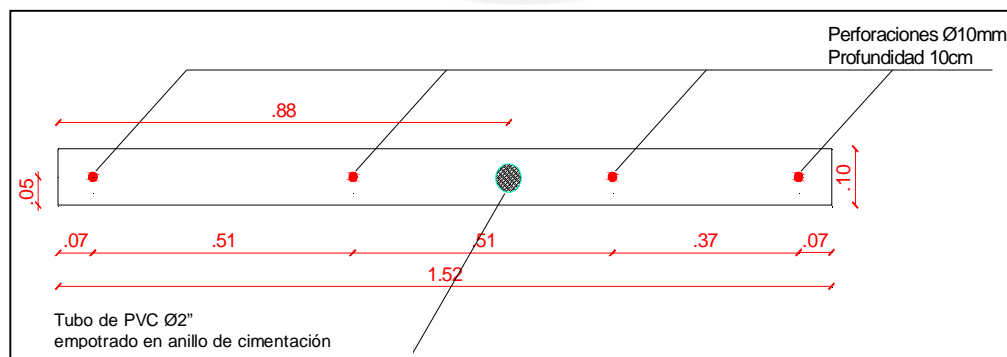


Figura 3.1. Sección Transversal Murete 3.

<sup>2</sup> Hoja Técnica, Edición 4, 15/03/07, LC, Sikadur® 31 Hi-Mod-Gel.



## Capítulo 4                    ENSAYO DE ANCLAJE DEL REFUERZO VERTICAL

### 4.1    Generalidades

El ensayo que se utilizará es el de “pull – out” que medirá la fuerza necesaria para romper la adherencia de una barra de acero embebida en concreto con ayuda de un puente de adherencia del epóxico aplicado. Con este ensayo se podrán obtener los diagramas que relacionan la tensión de adherencia local y el desplazamiento de la barra en el extremo opuesto. También se podrá tener un control de las deformaciones con los LVDT’s por si la barra de acero empieza a sufrir deformaciones, pero para eliminar dicho efecto se debe considerar que la tensión a lo largo de la barra es la misma.

## 4.2 Descripción del ensayo e instrumentación

En primer lugar, se debe tener listo el anillo de cimentación que servirá como base del anclaje de las barras que se ensayarán. Sobre este elemento se deberán hacer las perforaciones correspondientes que deberán estar espaciadas a 0.90 m una de otra. Este anillo de cimentación se elaboró con concreto de resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>.

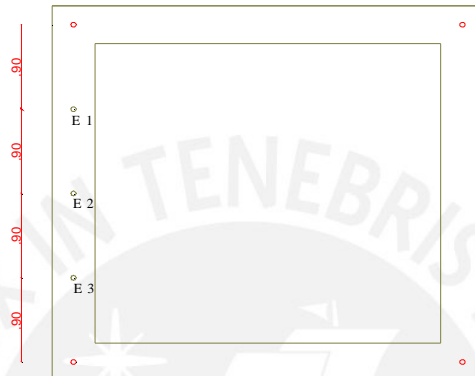


Figura 4.1. Esquema de anclaje sobre anillo de cimentación.

En segundo lugar, se debe determinar la longitud de perforación y su diámetro para lo cual tendremos como referencia la Hoja Técnica, Edición 4, 15/03/07, LC Sikadur® 31 Hi-Mod-Gel. En ella se indica que cuando la resistencia del concreto dónde se realizará el anclaje sea menor a 225 kg/cm<sup>2</sup> o se usen pernos lisos, la profundidad deberá ser por lo menos 15 veces el diámetro del acero corrugado que es de 8 mm según el MANUAL DE INSTALACIÓN PARA MUROS NO PORTANTES CON PLACAS P-7, P-10, P-12 Y P-14 – DECIMO SEGUNDA VERSIÓN, por lo que la profundidad de perforación será, 0.8 cm x 15 = 12 cm.

Respecto al diámetro de la perforación, la Hoja Técnica, Edición 4, 15/03/07, LC Sikadur® 31 Hi-Mod-Gel indica que no deberá ser menor a 6mm y tampoco mayor a 36mm. Por tanto por lo que se usa para la perforación una broca #10 (aproximadamente 29mm). La limpieza de la perforación se realizará con aire comprimido, ya que el área debe quedar lo más limpia posible para generar un buen puente de adherencia.

Luego, se aplicará el epóxico sobre la perforación con ayuda de una bolsa que servirá como chisguete hasta rellenar todo el volumen vacío. Una vez terminado este proceso, se insertará la varilla, se podrá utilizar un martillo para garantizar que ingrese 12cm.

Este procedimiento se realizará para 3 varillas de diámetro 8mm para las cuales se dejará una longitud sobresaliente de 30 cm como se indica en la Figura 4.2.

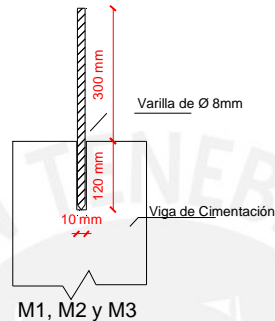


Figura 4.2. Esquema de refuerzo vertical.

#### 4.3 Fases del ensayo

El ensayo se realizó de manera estática para poder determinar la fuerza máxima de adherencia. Como resultado se obtuvo que las 3 varillas fallaron para un esfuerzo mayor al límite de fluencia, que es el valor de diseño (Figura 4.3).

#### 4.4 Gráfica de resultados

De acuerdo a lo mostrado en la Figura 4.3, tenemos los siguientes valores:

Barra 1:

$$F_{y1} = 21.93 \text{ kN}$$

Barra 2:

$$F_{y2} = 25.21 \text{ kN}$$

Barra 3:

$$F_{y3} = 25.00 \text{ kN}$$

Con lo cual tendremos un valor de  $F_y = 21.15 \text{ KN}$

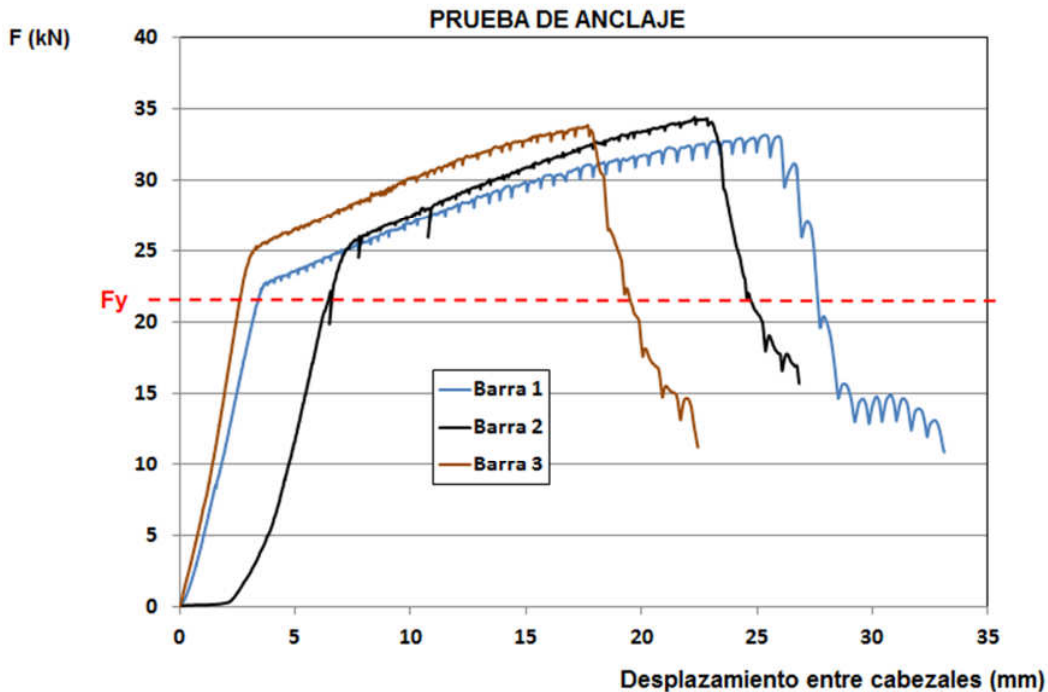


Figura 4.3. Resultados del ensayo de refuerzo vertical.

## Capítulo 5 CONSTRUCCIÓN DE LOS MURETEES

### 5.1 Características comunes de los muretes

Se construyeron cuatro muretes (M1, M2, M3, M4) de dimensiones: 1.52 m de largo por 0.90 m de alto empleando bloques sílico calcáreos de 0.10 m. de espesor sobre el anillo de cimentación cedido por el Laboratorio de Estructuras. A continuación se explica el procedimiento constructivo de cada uno de ellos.

### 5.2 Métodos constructivos usados en obra

Los métodos usando en campo fueron los siguientes:

#### Murete M1

El murete M1 se hizo con el método constructivo que se rige a las especificaciones del fabricante de los bloques y del pegamento epóxico y a las buenas prácticas constructivas.

#### Murete M2



El murete M2 representa el caso en el que no se ha seguido las buenas prácticas constructivas entre las distintas obras visitadas.

### Murete M3

El murete M3 representa un caso particular en el cual se tiene un tubo vertical de desagüe de PVC  $\varnothing 2''$  dentro del murete construido con bloques de Placa P-10.

### Murete M4

El murete M4 representa el mejor método constructivo que se ha podido observar en las distintas obras visitadas.

## 5.3 Construcción de la albañilería armada

### 5.3.1 Murete M1 (Figura 5.1 a 5.15)

Procedimiento:

*Primer día:*

- En primer lugar, se limpia la superficie superior de la viga de cimentación con escoba.
- Luego, se traza el murete (1.52 x 0.10 m) y los puntos donde se anclarán los refuerzos verticales en el anillo de cimentación, según la siguiente distribución.

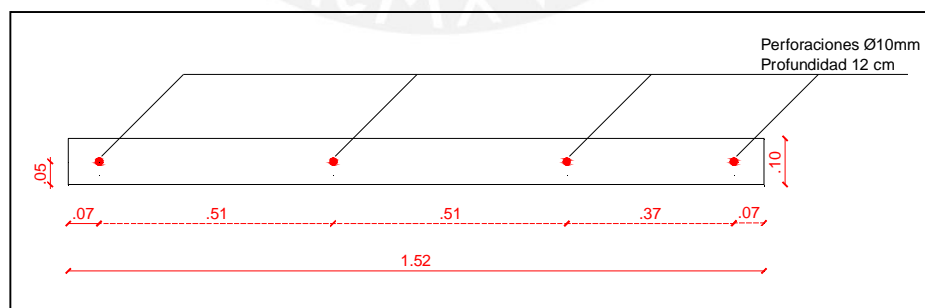


Figura 5.1. Sección transversal de murete M1.

- Se hace una perforación de 12 cm de profundidad con una broca de concreto #10 en los puntos marcados sobre el anillo de cimentación. La profundidad de perforación se rige a las indicaciones del fabricante del epóxico.

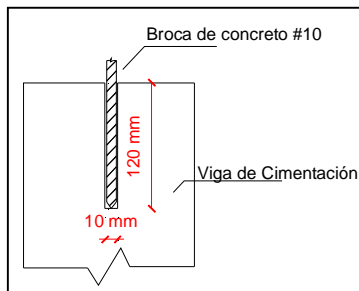


Figura 5.2. Corte transversal del anillo de cimentación para anclaje de refuerzo del murete M1.

- Se limpian los agujeros de anclaje a presión de aire con una compresora.



Figura 5.3. Limpieza de agujeros de anclaje con compresora de aire.

- Se prepara el pegamento epóxico Sikadur 31, mezclando sus dos componentes en una proporción en volumen de 1:1 con ayuda de un pedazo de varilla de 6mm hasta obtener una mezcla uniforme color gris.



Figura 5.4. Preparación de epóxico.

- Se coloca el epóxico dentro de una pequeña bolsa de plástico y aplicarlo a manera de chisguete en las perforaciones, luego aplicar el epóxico en la longitud de anclaje de las varillas de  $\varnothing$  8mm.



Figura 5.5. Aplicación de epóxico en agujeros de la Placa P10 y en el refuerzo vertical.

- Se ancla verticalmente las varillas corrugadas de  $\varnothing$  8mm en las perforaciones, se podrá utilizar un martillo para que pueda anclar toda su longitud.



Figura 5.6. Anclaje de refuerzo vertical.

- Se deja secar por lo menos 24 horas para poder realizar el asentado del murete.

#### Segundo día:

Se procederá a construir un murete de 1.52m x 0.90m, en el cual se usará Placa P-10 suministrado por Cia. Minera Luren al igual que el mortero grueso (bolsa verde) y el concreto líquido grout (bolsa azul).

- El operario limpiará la zona de trabajo con una escoba y se debe mojar la superficie de concreto, previo al asentado.



Figura 5.7. Aplicación de agua en la superficie de concreto.

- En una batea el operario debe preparar su mezcla de mortero grueso el cual será utilizado exclusivamente para asentar los ladrillos (juntas horizontales). La cantidad de agua a aplicar debe ser la necesaria para obtener una buena trabajabilidad en la mezcla.
- Se debe esparcir el mortero sobre la superficie de concreto con ayuda de un badilejo, luego colocar la primera hilada de bloques de placa P-10 desde la parte superior, según esquema, insertando el refuerzo vertical en los alveolos necesarios. (con ayuda de un martillo se debe abrir los alveolos que llevan refuerzo).



Figura 5.8. Apertura de alveolo con refuerzo vertical y colocación de la primera hilada



Figura 5.9. Esquema de primera hilada del Murete M1

- En un balde se prepara la mezcla del concreto grout (bolsa azul), luego se debe llenar con éste los alveolos que llevan refuerzo vertical y proceder a chucear la mezcla con una varilla lisa de  $\phi 5/8$ ".



Figura 5.10. Colocación de grout en alveolos.

- Se llena las juntas verticales con mortero grueso (bolsa verde), procurando llenar toda la sección de las juntas.
- Se coloca en la primera junta horizontal, la varilla corrugada de  $\phi$  6mm como refuerzo horizontal a lo largo del muro.

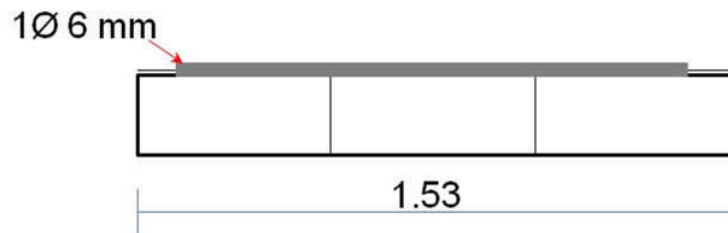


Figura 5.11. Esquema de refuerzo horizontal para el murete M1.

- Se coloca el mortero en la primera junta horizontal en todo el ancho del murete ( $t=10\text{cm}$ ) excepto los alveolos.
- Se procede a asentar los bloques y llenar los alveolos y juntas vertical de la segunda hilada, ver esquema, con el mismo proceso constructivo, Los bloques se encajarán de manera que exista un traslape de medio bloque con los de la primera hilada.

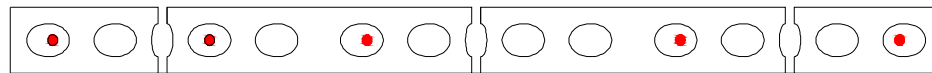


Figura 5.12. Esquema de la segunda hilada del murete M1.

- La segunda junta horizontal no lleva acero de refuerzo.
- Se coloca el mortero en la segunda junta horizontal en todo el ancho del murete excepto los alveolos.

- Con el fin de que la última hilada termine con bloque entero para obtener 0.90 m de altura, en la tercera hilada trabajamos con una altura menor de los bloques, cortándolos a 0.09 m de altura.
- Se procede a asentar los bloques, llenar los alveolos y junta vertical de la tercera hilada, según Figura 5.13, con el mismo proceso constructivo.

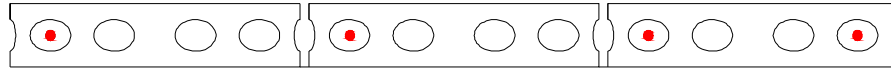


Figura 5.13. Esquema de la tercera hilada del murete M1.

- Se coloca otra varilla corrugada de  $\phi 6\text{mm}$  como refuerzo en la tercera junta horizontal.

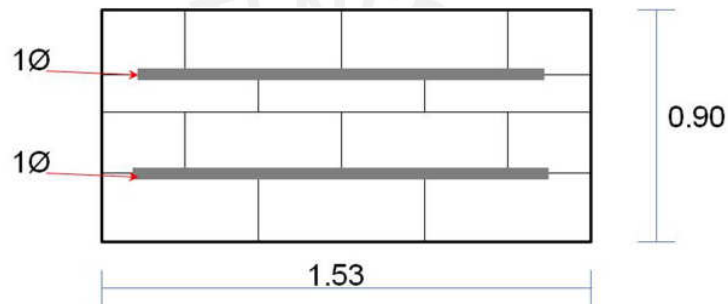


Figura 5.14. Corte longitudinal del murete M1.

- Se coloca el mortero en la segunda junta horizontal en todo el ancho del murete excepto los alveolos.
- Se procede a asentar los bloques y llenar los alveolos de la cuarta hilada con el mismo proceso constructivo, según esquema, dejar el refuerzo vertical tal como ha quedado, no se debe colocar tacos para que quede centrado en los alveolos.



Figura 5.15. Esquema de la cuarta hilada del murete M1.

- Finalmente se limpia la zona de trabajo.

### 5.3.2 Murete M2 (Figura 5.16 a 5.31)



## Procedimiento

### Primer día:

- Se limpia con escoba la zona donde se construirá el murete
- Se traza el murete (1.52 x 0.10 m) y los puntos donde se anclarán los refuerzos verticales en la viga de cimentación, según la siguiente distribución.

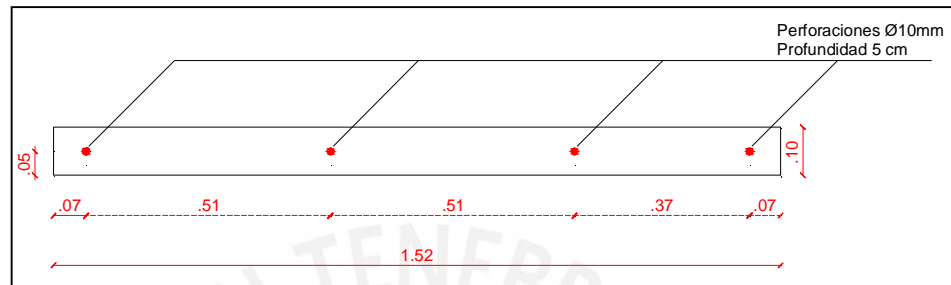


Figura 5.16. Sección transversal de murete M2

- En los puntos marcados sobre el anillo de cimentación, hacer una perforación de 5 cm de profundidad con una broca de concreto #10

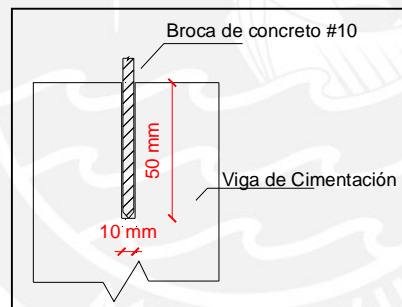


Figura 5.17. Corte transversal del anillo de cimentación para anclaje de refuerzo del murete M2.

- Se hace la limpieza de la perforación empleando un *soplador eléctrico*.



Figura 5.18. Limpieza de perforaciones para el anclaje del murete M2.

- Se prepara el pegamento epóxico Sikadur 31, mezclando manualmente los dos componentes A y B en proporciones de 1:1.
- Se aplica el pegamento epóxico directamente con el dedo en las perforaciones.
- Se inserta manualmente tres varillas de  $\varnothing$  8 mm. y 0.90 m. de longitud.



Figura 5.19. Aplicación de epóxico con el dedo en las perforaciones.

*Segundo día:*

Se procederá a construir el murete de 1.52m x 0.90m, en el cual se usará Placa P-10 suministrado por Cia. Minera Luren al igual que el mortero grueso (bolsa verde) y el concreto liquido grout (bolsa azul).

- Se humedece el anillo de cimentación en el área del murete.
- Se aplica el mortero grueso (bolsa verde) sobre el anillo de cimentación para asentar la primera hilada del murete.
- Se asienta la primera hilada de bloques, según esquema, insertando el refuerzo vertical en los alveolos necesarios.



Figura 5.20. Esquema de la primera hilada del murete M2.

- Se colocarán separadores o “tacos” en el refuerzo de acero vertical a fin de mantenerlo en el centro del alveolo.



Figura 5.21. Colocación de “tacos” en los alveolos.

- Se rellena los alveolos extremos de la primera hilada que contienen acero con grout (bolsa azul) y la junta vertical.
- Se coloca el grout, en vez de mortero grueso, en la primera junta horizontal de espesor de 1.5 cm. Cabe indicar que el grout se vierte sólo sobre el espesor efectivo del bloque.



Figura 5.22. Colocación del grout sólo en el espesor efectivo del murete.

- Se asienta la segunda hilada de bloques, según esquema, los cuales tendrán una junta vertical entre sí de 1.5 cm y encajándolos de manera que exista un traslape de medio bloque con los de la primera hilada.



Figura 5.23. Esquema de la segunda hilada del murete M2.

- Se rellenan las juntas verticales de la segunda hilada con grout (debería ser con mortero grueso).
- En la segunda junta horizontal se colocan dos fierros de  $\varnothing$  6mm sobre el ancho efectivo de los bloques.



Figura 5.24. Colocación del refuerzo horizontal encima del grout en los extremos de la sección transversal.

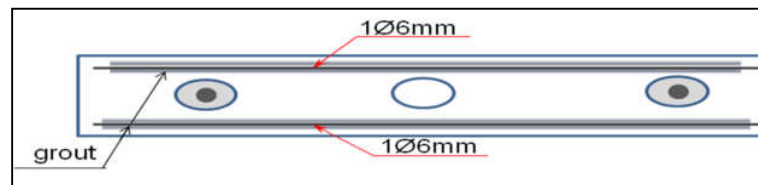


Figura 5.25. Sección transversal del murete M2 en zona del refuerzo horizontal.

- Se coloca el grout en la segunda junta horizontal de 1.5 cm. de modo que solamente cubre el acero ya colocado.
- Se rellena con papel seco los alveolos que no presentan acero vertical y luego se procede a rellenar todo el espesor del muro con grout llenando los alveolos con acero.



Figura 5.26. Relleno de alveolos con papel seco y relleno de juntas horizontales con grout.

- Se procede a asentar la tercera hilada de bloques, según esquema, los cuales tienen una altura no entera, los cuales tendrán una junta vertical entre sí de 1.5 cm y encajándolos de manera que exista un traslape de medio bloque con los de la segunda hilada.

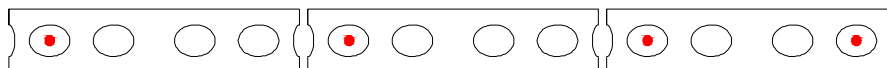


Figura 5.27. Esquema de la tercera hilada del murete M2.

- Se coloca el grout en los alveolos verticales, a fin de cubrir dos hiladas, para luego proceder a mover la parte libre del refuerzo vertical para que el grout ingrese con facilidad.



Figura 5.28. Llenado de alveolos con grout utilizando una vara de acero.

- Se vierte con grout sólo en el ancho efectivo de la tercera junta horizontal de 1.5 cm.



Figura 5.29. Grout en ancho efectivo de la tercera hilada.

- Se asienta los bloques de la cuarta hilada, según esquema, los cuales tendrán una junta vertical entre sí de 1.5 cm y encajándolos de manera que exista un traslape de medio bloque con los de la tercera hilada.



Figura 5.30. Esquema de la cuarta hilada del murete M2.

- Se llenan los alveolos de la cuarta hilada y las juntas verticales con grout.





Figura 5.31. Relleno de alveolos en la cuarta hilada y llenado de juntas con grout.

- Finalmente se limpia la zona de trabajo.

### 5.3.3 Murete M3 (Figura 5.32 a 5.48)

Procedimiento, es similar a M1 con la excepción del tubo de desagüe.

*Primer día:*

- En primer lugar, se limpia la superficie superior del anillo de cimentación con escoba.
- Luego, se traza el murete (1.52 x 0.10 m) y los puntos donde se anclarán los refuerzos verticales en el anillo de cimentación, según la siguiente distribución.

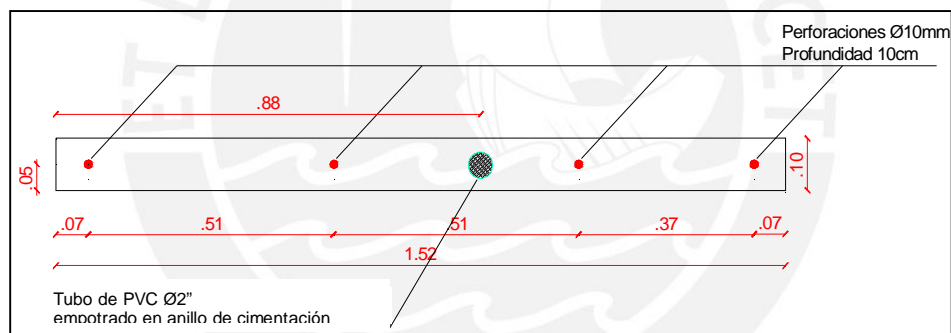


Figura 5.32. Sección transversal de murete M3.

- En el lugar marcado para el tubo, se hace un orificio en el anillo de cimentación una profundidad de 5cm y diámetro de 5cm para colocar verticalmente un tubo de PVC de diámetro 2" de una longitud igual a 0.90m. El tubo debe estar enrollado previamente con alambre #16 en toda su longitud, luego se resanará el orificio con pasta de cemento.





Figura 5.33. Tubo de PVC de  $\varnothing 2''$ .

- En los puntos marcados sobre el anillo de cimentación, se hacen perforaciones de 10 cm de profundidad con una broca de concreto #10. En caso que la perforación se cruce con el acero de refuerzo del anillo de cimentación, se le dará una ligera inclinación para llegar a los 10cm de profundidad.

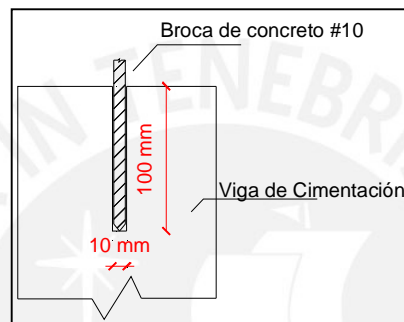


Figura 5.34. Corte transversal del anillo de cimentación para anclaje de refuerzo del murete M3.

- Se limpian los agujeros de anclaje con un soplete con aire a presión.



Figura 5.35. Limpieza de agujeros de anclaje con compresora de aire de murete M3.

- Se prepara el pegamento epóxico Sikadur 31, mezclando sus dos componentes en una proporción en volumen de 1:1 con ayuda de un pedazo de madera hasta obtener una mezcla uniforme color gris.



Figura 5.36. Preparación de epóxico.

- Se coloca el epóxico dentro de una pequeña bolsa de plástico y aplicarlo a manera de chisquete en las perforaciones.



Figura 5.37. Aplicación de epóxico en agujeros de la Placa P10 y en el refuerzo vertical.

- Se anclan verticalmente las varillas corrugadas de  $\varnothing$  8mm en las perforaciones, se utilizará un martillo para que pueda introducir toda su longitud de anclaje. En los casos en que los agujeros estén en diagonal, se coloca el refuerzo inclinado y luego se le endereza con golpes desde la base para que quede perpendicular a la losa



Figura 5.38. Anclaje de refuerzo vertical.

- Se deja secar el epóxico por lo menos 24 horas para poder realizar el asentado del murete.

*Segundo día:*

Se procederá a construir un murete de 1.52m x 0.90m, en el cual se usará Placa P-10 suministrado por Cia. Minera Luren al igual que el mortero grueso (bolsa verde) y el concreto grout (bolsa azul).

Debido al tubo de 2" algunos bloques se tendrán que cortar para poderlo alojar.

- Se limpia la zona de trabajo con una escoba y luego el operario debe mojar la superficie de concreto, previo al asentado.



Figura 5.39. Aplicación de agua para humedecer superficie de concreto.

- En una batea el operario debe preparar su mezcla de mortero grueso el cual será utilizado exclusivamente para asentar los ladrillos (juntas horizontales). La cantidad de agua a aplicar debe ser la necesaria para obtener una buena trabajabilidad en la mezcla.
- Se debe esparcir el mortero sobre la superficie de concreto con ayuda de un badilejo, luego colocar la primera hilada de bloques de placa P-10 desde la parte superior, según esquema, insertando el refuerzo vertical en los alveolos necesarios. (con ayuda de un martillo se debe abrir los alveolos que llevan refuerzo).

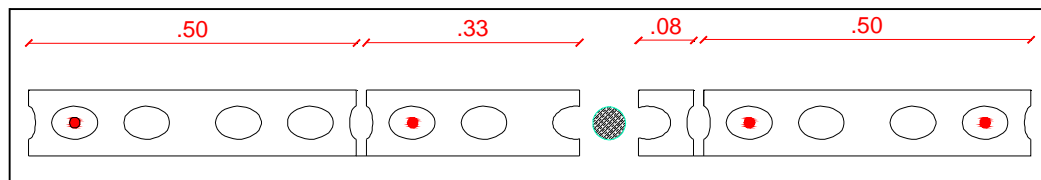


Figura 5.40. Esquema de primera hilada del murete M3.



Figura 5.41. Colocación de primera hilada

- En un balde preparar la mezcla del concreto grout (bolsa azul), luego se debe llenar con éste los alveolos que llevan refuerzo vertical, así como las juntas verticales entre bloques. Se sacude el acero vertical para que el grout se compacte.



Figura 5.42. Colocación de grout en alveolos.

- Se coloca en la primera junta horizontal, la varilla corrugada de  $\phi$  6mm como refuerzo horizontal a lo largo del muro la cual debe tener anclaje de 10 cm a cada lado, el cual se debe introducir en un alveolo extremo.

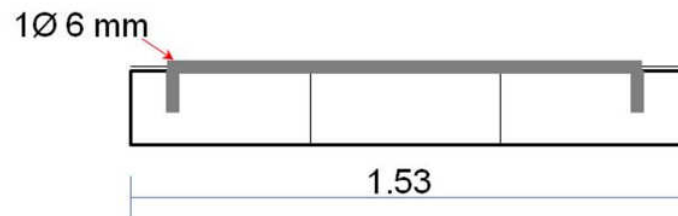


Figura 5.43. Esquema de refuerzo horizontal para murete M3.

- Se coloca el mortero en la primera junta horizontal en todo su espesor ( $t=10\text{cm}$ ).

- Se procede a asentar los bloques de la segunda hilada según esquema, luego llenar los alveolos y juntas vertical con el mismo proceso constructivo, Los bloques se encajarán de manera que exista un traslape de medio bloque con los de la primera hilada.

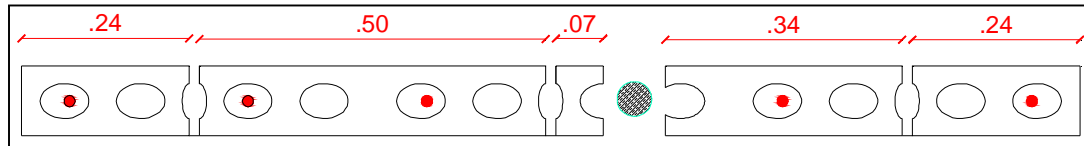


Figura 5.44. Esquema de segunda hilada del murete M3.

- La segunda junta horizontal no lleva acero de refuerzo.
- Se coloca el mortero en la segunda junta horizontal en todo su espesor ( $t=10\text{cm}$ ).
- Con el fin de que la última hilada se termine con bloque entero para obtener 0.90 m de altura, en la tercera hilada trabajamos con una altura menor de los bloques, cortándolos a 0.09 m de altura.
- Se procede a asentar los bloques de la tercera hilada según esquema, luego llenar los alveolos y juntas verticales con el mismo proceso constructivo.

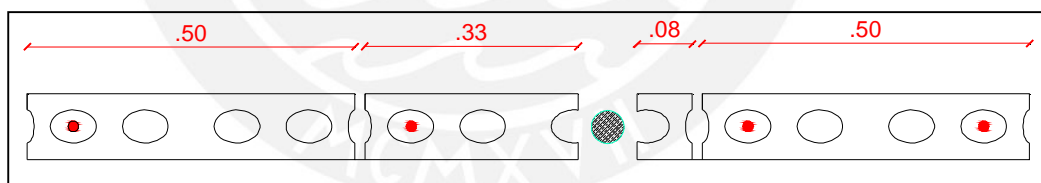


Figura 5.45. Esquema de tercera hilada del murete M3.

- Se coloca otra varilla corrugada de  $\phi 6\text{mm}$  como refuerzo en la tercera junta horizontal.

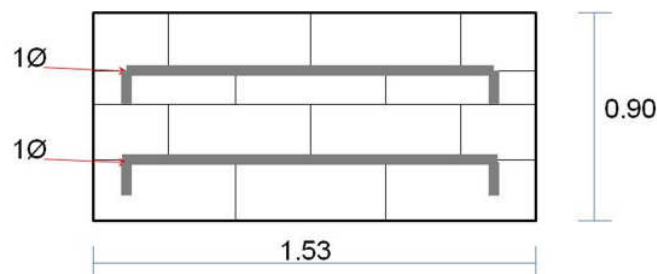


Figura 5.46. Corte longitudinal del murete M3.

- Se coloca el mortero en la tercera junta horizontal en todo su espesor ( $t=10\text{cm}$ ).
- Se procede a asentar los bloques de la cuarta hilada según esquema, luego llenar los alveolos con el mismo proceso constructivo, dejar el refuerzo vertical tal como ha quedado, no se debe colocar tacos para que quede centrado en los alveolos.

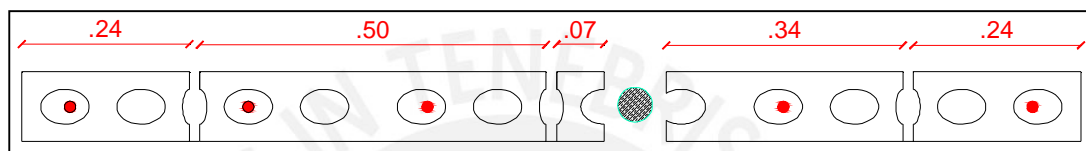


Figura 5.47. Esquema de cuarta hilada del murete M3.

- Se deja secar el murete por 5 horas para luego proceder a rellenar el espacio que queda entre el tubo y los bloques adyacentes con grout con ayuda de un badilejo o plancha.



Figura 5.48. Espacio vacío entre bloque y tubería.

- Por último, se limpia la zona de trabajo.

#### 5.3.4 Murete M4 (Figura 5.49 a 5.63)

Procedimiento

*Primer día:*



- En primer lugar, se limpia la superficie superior de la viga de cimentación con escoba.
- Luego, se traza el murete (1.52 x 0.10 m) y los puntos donde se anclarán los refuerzos verticales en la viga de cimentación, según la siguiente distribución.

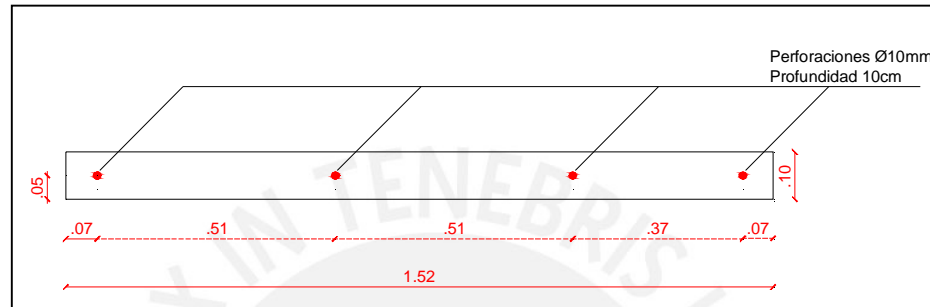


Figura 5.49. Sección transversal de murete M4.

- En los puntos marcados sobre el anillo de cimentación, hacer una perforación de 10 cm de profundidad con una broca de concreto #10

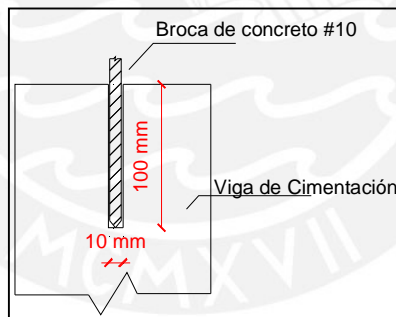


Figura 5.50. Corte transversal del anillo de cimentación para anclaje de refuerzo del murete M4.

- Se limpian los agujeros de anclaje a presión de aire con una compresora.



Figura 5.51. Limpieza de agujeros de anclaje con compresora de aire de murete M4.

- Se preparan el pegamento epóxico Sikadur 31, mezclando sus dos componentes en una proporción en volumen de 1:1 con ayuda de un pedazo de varilla de 6mm hasta obtener una mezcla uniforme color gris.



Figura 5.52. Preparación de epóxico.

- Se aplica primero el epóxico en las perforaciones con ayuda de un retazo de varilla de  $\varnothing$  6mm, luego aplicar el epóxico en la longitud de anclaje de las varillas de  $\varnothing$  8mm.



Figura 5.53. Aplicación de epóxico en agujeros de la Placa P10 y en el refuerzo vertical.

- Se anclan verticalmente las varillas corrugadas de  $\varnothing$  8mm en las perforaciones, se podrá utilizar un martillo para que pueda anclar toda su longitud



Figura 5.54. Anclaje de refuerzo vertical

- Se deja secar por lo menos 24 horas para poder realizar el asentado del murete.

*Segundo día:*

Se procederá a construir un murete de 1.52m x 0.90m, en el cual se usará Placa P-10 suministrado por Cia. Minera Luren al igual que el mortero grueso (bolsa verde) y el concreto grout (bolsa azul).

- En primer lugar, se limpia la zona de trabajo con una escoba y luego el operario debe mojar la superficie de concreto, previo al asentado.



**Figura 5.55. Aplicación de agua para humedecer superficie de concreto.**

- En una batea el operario debe preparar su mezcla de mortero grueso el cual será utilizado exclusivamente para asentar los bloques (juntas horizontales). La cantidad de agua a aplicar debe ser la necesaria para obtener una buena trabajabilidad en la mezcla.
- Se debe esparcir el mortero sobre la superficie de concreto con ayuda de un badilejo, luego colocar la primera hilada de bloques de placa P-10 desde la parte superior, según esquema, insertando el refuerzo vertical en los alveolos necesarios. (con ayuda de un martillo se debe abrir los alveolos que llevan refuerzo).





Figura 5.56. Apertura de alveolo con refuerzo vertical y colocación de la primera hilada

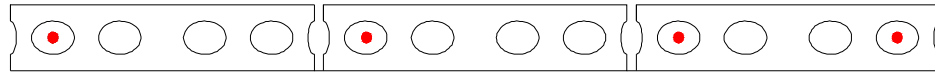


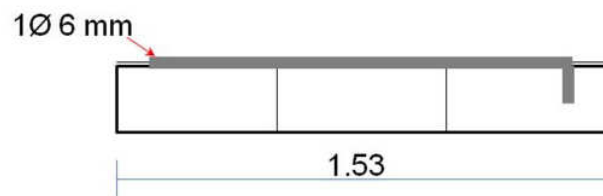
Figura 5.57. Esquema de la primera hilada del murete M4.

- En un balde preparar la mezcla del concreto grout (bolsa azul), luego se debe llenar con éste los alveolos que llevan refuerzo vertical (no se debe vibrar ni chucear), así como las juntas verticales entre bloques.



Figura 5.58. Colocación de grout en alveolos.

- Se coloca en la primera junta horizontal, la varilla corrugada de  $\phi$  6mm como refuerzo horizontal a lo largo del muro la cual debe tener anclaje de 10 cm a un lado, el cual se debe introducir en un alveolo extremo.



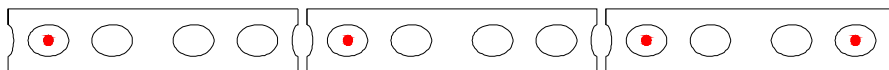
**Figura 5.59. Esquema de refuerzo horizontal para murete M4.**

- Se coloca el mortero en la primera junta horizontal en todo su espesor ( $t=10\text{cm}$ ).
- Se procede a asentar los bloques y llenar los alveolos y juntas verticales de la segunda hilada, según esquema, y con el mismo proceso constructivo. Los bloques se encajarán de manera que exista un traslape de medio bloque con los de la primera hilada.



**Figura 5.60. Esquema de la segunda hilada del murete M4.**

- La segunda junta horizontal no lleva acero de refuerzo.
- Se coloca el mortero en la segunda junta horizontal en todo su espesor ( $t=10\text{cm}$ ).
- Con el fin de que la última hilada termine con bloque entero para obtener 0.90 m de altura, en la tercera hilada trabajamos con una altura menor de los bloques, cortándolos a 0.09 m de altura.
- Se procede a asentar los bloques y llenar los alveolos y juntas vertical de la tercera hilada, según esquema, con el mismo proceso constructivo.



**Figura 5.61. Esquema de la tercera hilada del murete M4.**

- Se coloca otra varilla corrugada de  $\phi 6\text{mm}$  como refuerzo en la tercera junta horizontal.

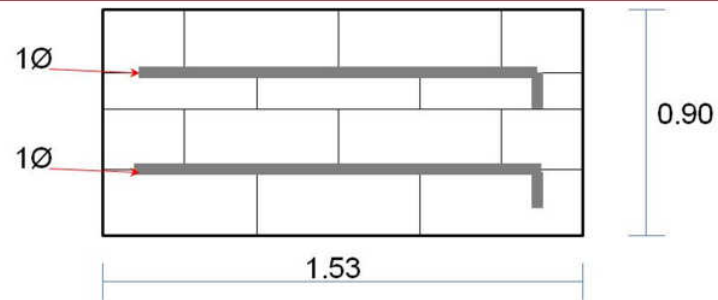


Figura 5.62. Corte longitudinal del murete M4.

- Se coloca el mortero en la tercera junta horizontal en todo su espesor ( $t=10\text{cm}$ ).
- Se procede a asentar los bloques y llenar los alveolos de la cuarta hilada, según esquema, con el mismo proceso constructivo, dejar el refuerzo vertical tal como ha quedado, no se debe colocar tacos para que quede centrado en los alveolos.

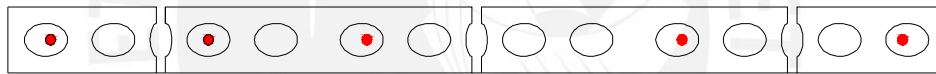


Figura 5.63. Esquema de la cuarta hilada del murete M4.

- Para finalizar, se limpia la zona de trabajo



## Capítulo 6 ENSAYOS DE SIMULACIÓN SÍSMICA

### 6.1 Descripción del ensayo e instrumentación

Para el ensayo de simulación sísmica se utilizó la señal correspondiente a la componente L del terremoto del 31 de mayo de 1970. La intensidad del movimiento fue creciente variable, de tal modo de presentar sismos leves, moderados y severos.

Para dicho ensayo se utilizaron 2 tipos de instrumentos: los acelerómetros y LVDT.

Los acelerómetros sirven, como su nombre lo indica, para medir la aceleración en el punto donde se encuentra colocado. Con respecto a los LVDT son dispositivos de medición de desplazamientos los cuales tienen un tamaño de acuerdo al rango de lectura esperado.

El total de instrumentos colocados para este ensayo fue de 4 acelerómetros localizados en el centro de masa de los muretes, y 4 LVDT, colocados, uno en la parte superior de cada murete. Aparte, se usaron el acelerómetro y el LVDT de la mesa vibradora.

### 6.2 Fases del ensayo

Las fases del ensayo correspondieron a un sismo leve, moderado y severo. El registro utilizado se escaló a:

Fase 1:  $a_{\max} = 0.8g$

Fase 2:  $a_{\max} = 1.1g$

Fase 3:  $a_{\max} = 1.3g$

### 6.3 Comportamiento cualitativo de los muretes

En las 3 fases ensayadas, sólo se presentaron fisuras leves en el murete 3 (M3), las cuales ocurrieron durante el ensayo en las fases 2 y 3. Estas fisuras se presentaron paralelas al eje de la tubería de PVC instalada.

### 6.4 Comportamiento cuantitativo de los muretes

Los resultados de las fases sísmicas son indicadores cuantitativos de las lecturas registradas por cada instrumento a lo largo del tiempo que duró cada fase, por lo que esta información deberá ser procesada.

En el siguiente cuadro (Tabla N°6.1) se presenta, a manera de ejemplo, parte de los resultados obtenidos en una de las fases del ensayo.

Tabla N°6.1 Resultados de Ensayos dinámicos.

Ensayo Simulación Sísmica											
INF-LE: 471-2010											
ENSAYO SÍSMICO ORTOGONAL AL PLANO DEL ALFEIZAR											
Señal: mayo70 (Delta t:0.01s; ur=100 pts/s.)											
Fase 1: 0.8 g											
Velocidad de muestreo: 100 S/seg											
Fecha: 24 febrero 2011											
Tiempo (s)	A0 (g)	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)	A4 (g)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	D0 (mm)	Fa (tn)
0	0.000077	-0.001221	-0.000949	-0.001162	-0.001028	-0.007105	0.000183	-0.004325	-0.003133	-0.00438	0.001918
0.01	0.000073	-0.000959	-0.001058	-0.000973	-0.001023	-0.007144	0.00055	-0.004071	-0.002588	-0.004564	-0.00016
0.02	0.00007	-0.000533	-0.001011	-0.000607	-0.000823	-0.007174	0.000807	-0.003909	-0.002229	-0.004672	-0.003408
0.03	0.000066	-0.000005	-0.000814	-0.000121	-0.000457	-0.007178	0.000914	-0.003876	-0.002128	-0.004684	-0.008067
0.04	0.00006	0.000527	-0.00051	0.000387	-0.000007	-0.007149	0.000854	-0.003989	-0.002308	-0.004596	-0.012539
0.05	0.000051	0.00097	-0.000166	0.000823	0.000409	-0.007091	0.00065	-0.00423	-0.002722	-0.004422	-0.014772
0.06	0.000044	0.001262	0.000152	0.001136	0.000726	-0.007012	0.000359	-0.00455	-0.003265	-0.004185	-0.013906
0.07	0.000047	0.001395	0.000415	0.001319	0.000926	-0.006931	0.000046	-0.00488	-0.003816	-0.003914	-0.010612
0.08	0.000062	0.001405	0.000622	0.001396	0.001039	-0.006874	-0.000245	-0.005162	-0.004291	-0.00364	-0.005971
0.09	0.000075	0.001341	0.000786	0.001395	0.001102	-0.006861	-0.000498	-0.005373	-0.004657	-0.0034	-0.000502
0.1	0.000072	0.00125	0.000927	0.00134	0.001138	-0.006889	-0.000712	-0.005522	-0.004937	-0.00322	0.005654
0.11	0.000056	0.001158	0.00106	0.001256	0.00115	-0.006933	-0.000888	-0.005635	-0.005175	-0.00311	0.012534
0.12	0.000036	0.001064	0.001179	0.001153	0.001134	-0.006968	-0.001027	-0.005731	-0.005405	-0.00306	0.01971
0.13	0.000015	0.000946	0.001264	0.001031	0.001088	-0.006984	-0.00114	-0.005814	-0.005628	-0.00304	0.025799
0.14	-0.000008	0.000787	0.001299	0.00089	0.001018	-0.006993	-0.001249	-0.005874	-0.005822	-0.003022	0.028758

En el cuadro de resultados se tiene para cada una de las tres fases los siguientes datos: En la columna Tiempo se indican los instantes de toma de datos en el ensayo con intervalos de 0.01 segundos (segundos), en la columna (A0) la aceleración de la mesa y en las columnas A1, A2, A3 y A4 las aceleraciones medidas con un acelerómetro en cada murete en su centro de masas, en la columna (D0) se muestra el desplazamiento de la mesa vibratoria, en las columnas siguientes se encuentran los desplazamientos en el punto central superior de cada murete (D1, D2, D3 y D4), y por último se presenta en la columna final la fuerza en toneladas del actuador sobre la mesa (Fa)

#### 6.4.1 Cálculo de la fuerza sísmica perpendicular al plano

Puesto que la variación de aceleraciones entre la base y el punto superior de cada murete es prácticamente lineal, se supondrá que la resultante de la fuerza sísmica

total se encuentra concentrada en el centro de masas del murete, donde la aceleración fue medida, luego se tendrá la Figura 6.1.

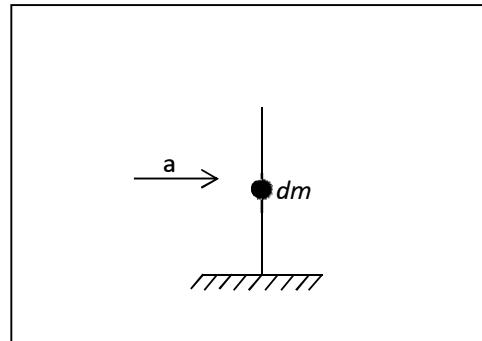


Figura 6.1. Esquema de fuerza sísmica concentrada en el centro de masa.

$$F = \int dm \cdot a$$

$$F_i = m_i \cdot a_i$$

Donde:

$m_i$ : peso (kg) del murete ensayado = 273.60 kg

$$m_i: \gamma \times A_i \times t$$

$\gamma$  : peso volumétrico de cada murete ( $\gamma = 2,000 \text{ kg/m}^3$ )

$A_i$  : área de cada murete ( $A = 1.368 \text{ m}^2$ )

$t$  : espesor de cada murete ( $t = 0.1 \text{ m}$ )

$a_i$ : aceleración del murete ensayado (datos de ensayo en fracción de la gravedad)

$F_i$ : fuerza sísmica actuante en el murete (kg)

Entonces con la ayuda de una hoja de cálculo se procedió a hallar las fuerzas sísmicas en cada instante de tiempo del cual se procede a tomar los máximos positivos y máximos negativos, valores que aparecen en la Tabla 6.2.

Tabla N°6.2. Cuadro de fuerzas (kg) máximas positivas y máximas negativas de cada Fase con su aceleración (g) correspondiente.

		MURETE 1		MURETE 2		MURETE 3		MURETE 4	
		F1	a1	F2	a2	F3	a3	F4	a4
FASE 1	MAX Positivo	198.29	0.7247	200.29	0.7321	202.37	0.7397	204.93	0.7490
	MAX Negativo	-253.40	-0.9262	-259.36	-0.9480	-256.43	-0.9372	-264.34	-0.9661
FASE 2	MAX Positivo	241.34	0.8821	246.02	0.8992	245.13	0.8959	243.48	0.8899
	MAX Negativo	-316.57	-1.1571	-323.30	-1.1816	-316.28	-1.1560	-303.91	-1.1108
FASE 3	MAX Positivo	352.53	1.2885	344.35	1.2586	359.58	1.3142	351.85	1.2860
	MAX Negativo	-410.56	-1.5006	-412.44	-1.5075	-416.78	-1.5233	-434.65	-1.5886

#### 6.4.2 Cálculo de desplazamientos relativos a la mesa de ensayo

Para obtener los desplazamientos relativos a la base se debe restar el desplazamiento absoluto obtenido en la parte superior del murete ( $D_i$ ) menos el desplazamiento total de la mesa vibratoria ( $D_0$ ), a continuación se expresa lo indicado gráficamente en la Figura 6.2.

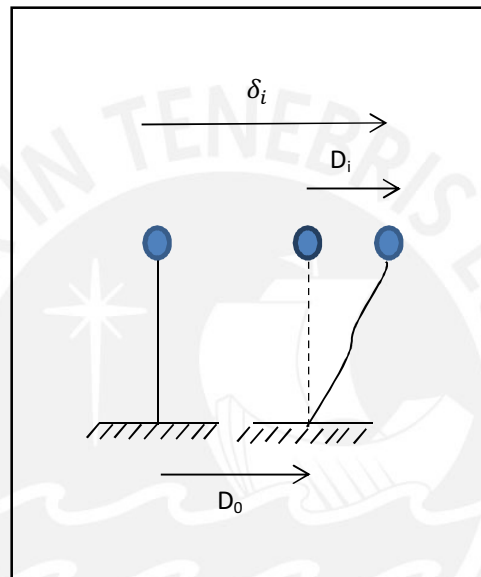


Figura 6.2. Gráfica de desplazamientos relativos a la mesa de ensayo

$$D_i = \delta_i - D_0$$

Donde:

$D_i$ : Desplazamiento relativo del punto superior del murete respecto a la mesa de ensayo (base del murete)

$D_0$ : Desplazamiento de la mesa vibratoria

$\delta_i$ : Desplazamiento absoluto del murete (medido con los LVDT)

Siguiendo los pasos indicados, se elaboraron las tablas de los desplazamientos relativos para cada instante, con ayuda de una hoja de cálculo se hicieron las diferencias de los datos del ensayo para cada instante y se obtuvieron los siguientes resultados máximos (Tabla N°6.3):

Tabla N°6.3. Desplazamientos máximos positivos y máximos negativos de la cada Fase en mm.

		Murete 1 D1	Murete 2 D2	Murete 3 D3	Murete 4 D4
Max Positivos	Fase 1	0.46	2.72	0.48	3.08
	Fase 2	0.54	3.18	0.62	3.30
	Fase 3	0.58	4.49	1.02	4.10
Max Negativos	Fase 1	-0.96	-0.90	-0.61	-7.11
	Fase 2	-1.27	-0.95	-0.68	-9.14
	Fase 3	-1.49	-2.54	-1.31	-11.56

#### 6.4.3 Gráficas Carga – Desplazamiento

Para realizar las envolventes carga-desplazamiento relativo, se tomaron los picos de cada fase, es decir se tomaron los valores máximos positivos y máximos negativos, los cuales se muestran en el cuadro siguiente (Tabla N°6.4):

Tabla N°6.4. Cuadro de máximos positivos y máximos negativos para Fuerzas (kg) en cada murete y desplazamientos relativos de cada murete (mm).

		Murete 1		Murete 2		Murete 3		Murete 4	
		F1	D1	F2	D2	F3	D3	F4	D4
Max Positivos	Fase 1	198.29	0.46	200.29	2.72	202.37	0.48	204.93	3.08
	Fase 2	241.34	0.54	246.02	3.18	245.13	0.62	243.48	3.30
	Fase 3	352.53	0.58	344.35	4.49	359.58	1.02	351.85	4.10
Max Negativos	Fase 1	-253.40	-0.96	-259.36	-0.90	-256.43	-0.61	-264.34	-7.11
	Fase 2	-316.58	-1.27	-323.30	-0.95	-316.28	-0.68	-303.91	-9.14
	Fase 3	-410.57	-1.49	-412.44	-2.54	-416.78	-1.31	-434.65	-11.56

Con los valores presentados en la Tabla N°6.4 se realizaron los gráficos Carga vs Desplazamiento relativo de cada murete para cada una de sus fases que presentamos a continuación:



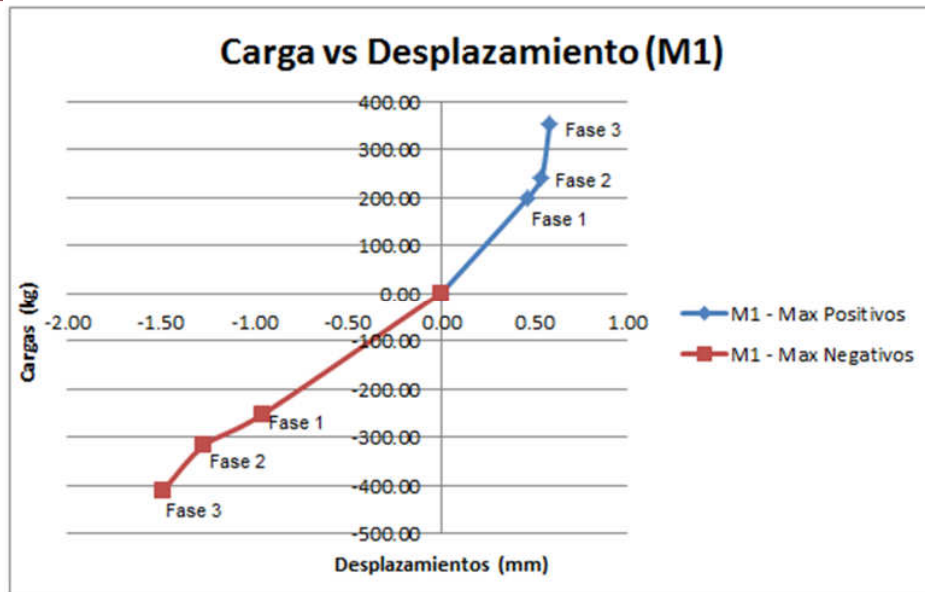


Figura 6.3. Gráfica Carga vs Desplazamiento del murete M1.

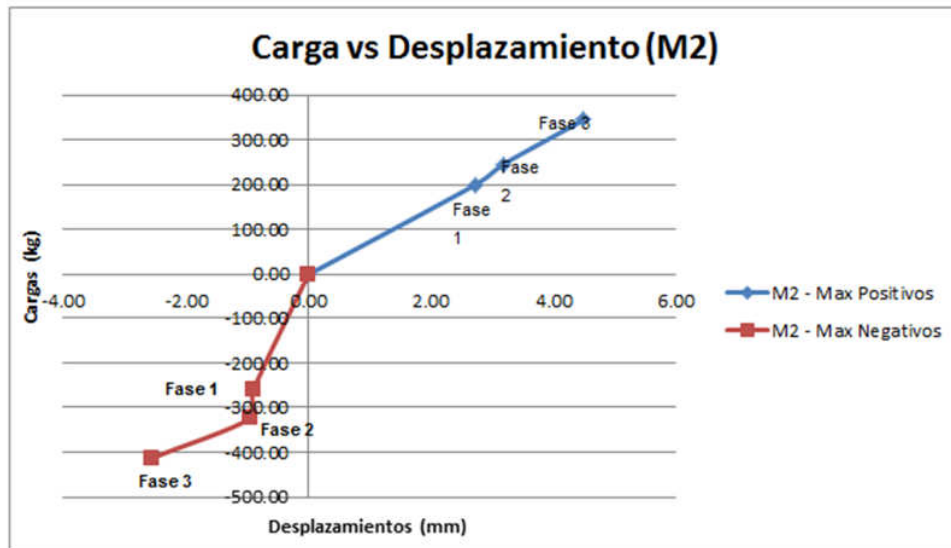


Figura 6.4. Gráfica Carga vs Desplazamiento del murete M2.



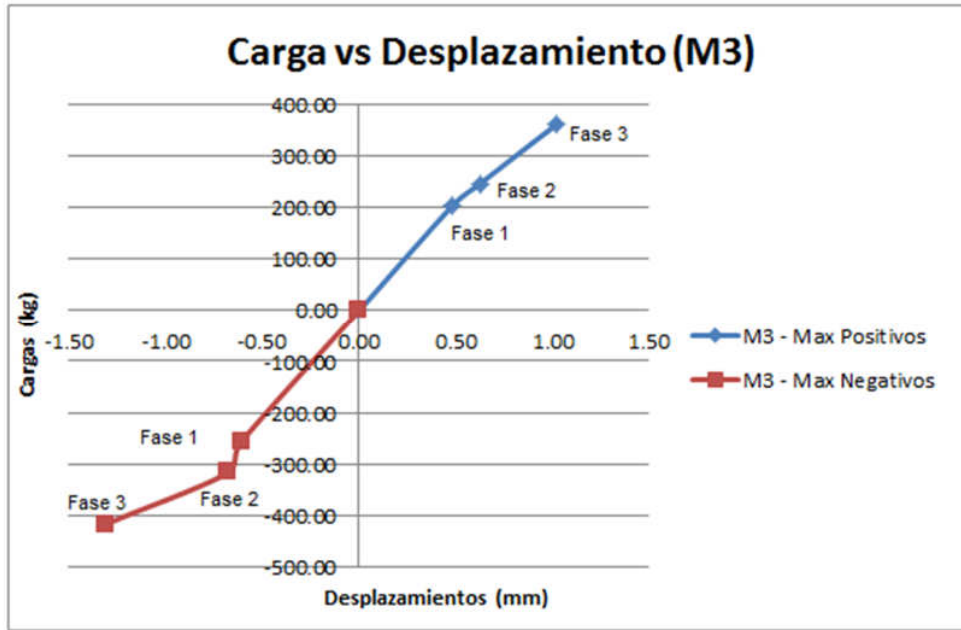


Figura 6.5. Gráfica Carga vs Desplazamiento del muro M3.

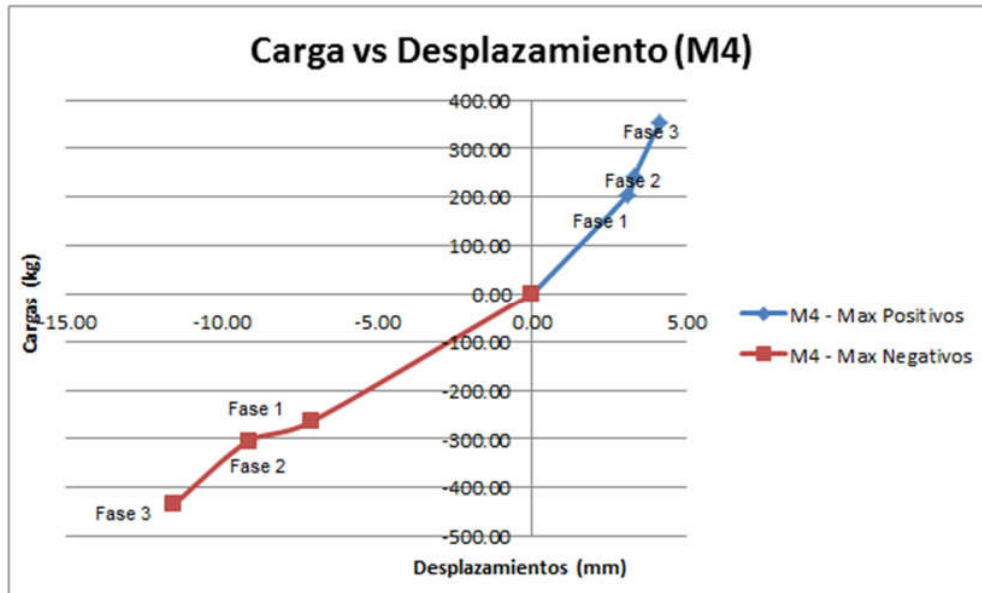


Figura 6.6. Gráfica Carga vs Desplazamiento del muro M4.

Puesto que los muretes no presentaron fisuras, excepto M3, su comportamiento es elástico y la envolvente debería ser lineal, lo cual no se observa en la rama negativa.

Ello podría presentarse debido a que la diferencia de los desplazamientos se atribuye a que estos en el rango elástico son muy pequeños y podrían estar fuera del rango de los LVDT. Es por ello que la rama negativa no presenta resultados consistentes y se toman los valores de la rama positiva, la misma que se muestra en la Fig.6.7 para los 4 muretes ensayados. Allí se puede apreciar que si bien las cargas son parecidas en las 3 fases para los 4 muretes, los desplazamientos son diferentes (M1 y M3 tienen desplazamientos parecidos al igual que M2 y M4).

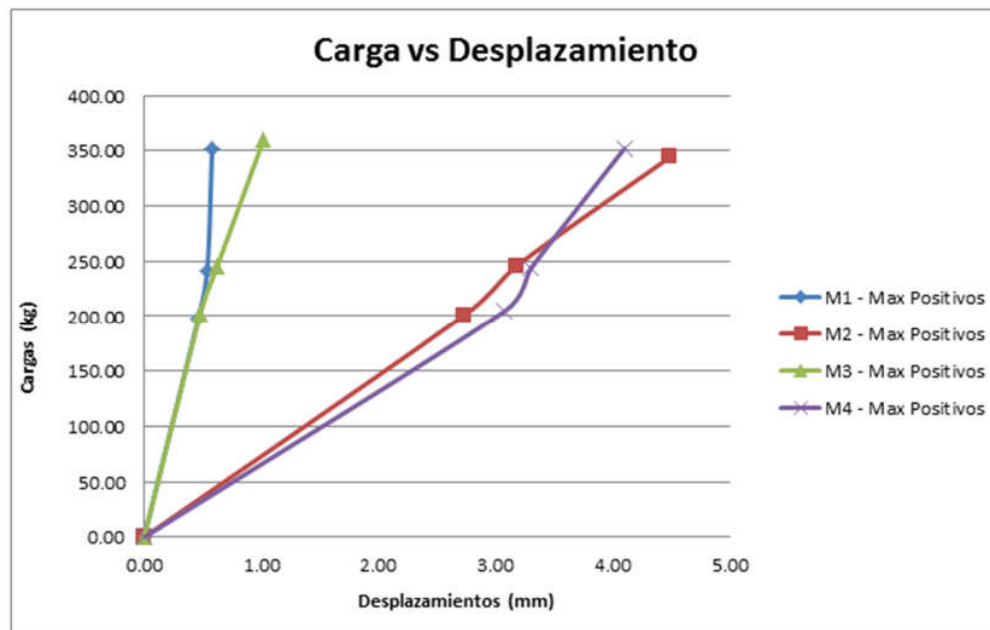


Figura 6.7. Gráfica Carga vs Desplazamiento de los 4 muretes.

#### 6.4.4 Cálculo de la rigidez lateral ante acciones transversales

Para el cálculo experimental de la rigidez lateral de los muretes nos podemos ayudar de los datos de la Tabla N°6.4 en donde están los valores máximos positivos y máximos negativos de las fuerzas actuantes y los desplazamientos de cada murete ensayado, usando la siguiente expresión:

$$K = \frac{\Delta F}{\Delta D}$$

Donde:

K: rigidez lateral inicial (kg/cm)

$\Delta F$ : Variación de carga horizontal entre dos puntos (inicial y Fase1) (kg)

$\Delta D$ : Variación de Desplazamiento entre dos puntos (inicial y Fase1) (cm)

Tabla N°6.5. Rigideces laterales de cada murete (Fase 1).

	Murete 1	Murete 2	Murete 3	Murete 4
$\Delta F$ (kg)	198.2867	200.2924	202.3699	204.9256
$\Delta D$ (cm)	0.0463	0.2724	0.0481	0.3079
K (kg/cm)	4,282.28	735.26	4,210.61	665.58

Ahora, para el cálculo teórico de la rigidez lateral se empleó la siguiente fórmula (murete en voladizo):

$$K = \frac{Em}{\frac{h^3}{3I} + \frac{fh(\frac{E}{Gm})}{A}}$$

Donde:

K: Rigidez lateral (kg/cm)

Em: módulo de elasticidad de la albañilería  $Em = 600 f'm$ , donde  $f'm = 110 \text{ kg/cm}^2$

Gm: módulo de corte de la albañilería ( $Gm = Em/(2*(1+\nu))$ ), donde  $\nu = 0.25$ )

f: factor de forma de la sección transversal rectangular = 1.2

h: altura del murete, desde la base ( $h = 90 \text{ cm}$ )

A: área axial de la sección transversal ( $\text{cm}^2$ ) (largo x espesor)

I: momento de inercia de la sección ( $\text{cm}^4$ ) =  $(1/12)(L*t^3)$

t: espesor del murete

Reemplazando:

$$K = \frac{66,000}{\frac{90^3}{3 \times 12,666.67} + \frac{1.2 \times 90 \times \frac{66,000}{26,400}}{1,520}}$$

$$K = 3,408 \text{ kg/cm}$$

Si se compara este resultado teórico con los experimentales que aparecen en la Tabla N°6.5, se observa que el valor de K tiende a aproximarse a los valores experimentales

de los muretes 1 y 3, pero están muy alejados de los valores experimentales de los muretes 2 y 4. Vuelve a repetirse que la diferencia podría deberse a la poca amplitud de los desplazamientos que podrían estar fuera del rango de precisión de los LVDT.

#### 6.4.5 Comparación con la deriva máxima reglamentaria

Para obtener las derivas de los muretes ensayados (desplazamiento relativo dividido entre la altura del murete) y comparar estos con la deriva máxima permisible se tomaron en cuenta los datos obtenidos en la Tabla 6.3.

De acuerdo a la Tabla N°8 del artículo 15 de la Norma Técnica E.030 – Diseño sísmo resistente, se tiene que la deriva máxima reglamentaria para la albañilería es: 0.005.

Mientras que los valores experimentales ( $D_i/h$ , donde  $h = 90\text{cm}$ ) aparecen en la Tabla 6.6.

Tabla N°6.6. Cuadro resumen de derivas Máximas y Mínimas en cada Fase.

		deriva M1	deriva M2	deriva M3	deriva M4
Máximos	Fase 1	5.14E-04	3.03E-03	5.34E-04	3.42E-03
	Fase 2	5.98E-04	3.53E-03	6.92E-04	3.67E-03
	Fase 3	6.46E-04	4.98E-03	1.13E-03	4.55E-03

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente y haciendo las comparaciones con la deriva máxima permitida en la norma podemos observar que en todos los casos se cumple que las derivas máximas positivas no sobrepasan el valor exigido por la norma, esto se debe a que los 4 muretes se comportaron en el rango elástico.

#### 6.4.6 Comparación de la carga reglamentaria de diseño y la carga experimental

Según la norma de diseño en albañilería E.070 la carga reglamentaria viene dada por la siguiente expresión

$$w = 0.8 ZUC1\gamma t \left( \frac{kg}{m^2} \right)$$

Donde:

Z: factor de zona sísmica (Zona 3, Costa  $\rightarrow Z = 0.4$ )

U: factor de uso o importancia ( $U = 1$ , para viviendas)

C1: coeficiente sísmico (parapetos externos que se pueden precipitar → C1 = 1.3)

$\gamma$ : Peso volumétrico de la albañilería ( $\gamma$ : 2000 kg/m<sup>3</sup>)

Remplazando valores tenemos:

$$w = 0.8 (0.4)(1)(1.3)(2000)(0.1)$$

$$w = 83.2 \text{ kg/m}^2$$

Carga de diseño según norma E.070

En tanto que en la Tabla N°6.2 aparecen los valores experimentales de las fuerzas sísmicas máximas perpendiculares al plano de los muretes, de esta información podemos obtener los  $w_i$  dividiendo éstas fuerzas por el área de cada murete (1.368 m<sup>2</sup>).

Tabla N°6.7. Cuadro de cargas (kg/m<sup>2</sup>) experimentales máximas de cada fase y aceleraciones (g) absolutas de la mesa de ensayo.

	Aceleracion	Murete 1	Murete 2	Murete 3	Murete 4
	max .mesa (A0)	w1	w2	w3	w4
FASE 1	0.72	144.95	146.41	147.93	149.80
FASE 2	0.89	176.42	179.84	179.19	177.98
FASE 3	1.30	257.70	251.72	262.85	257.20

De los datos mostrados en la Tabla N°6.7 podemos observar que los valores experimentales de las cargas superan ampliamente al valor de diseño, por tanto podría decirse que los muretes están sobredimensionados.

En la Tabla N°6.7 también se observa que los valores experimentales de las cargas de los 4 muretes se incrementan con el incremento de la aceleración imprimida en cada fase, lo cual es propio de un sistema que se comporta en el rango elástico.

A continuación se presentará el gráfico de las cargas experimentales máximas y aceleraciones absolutas máximas de la mesa vibratoria en cada fase.

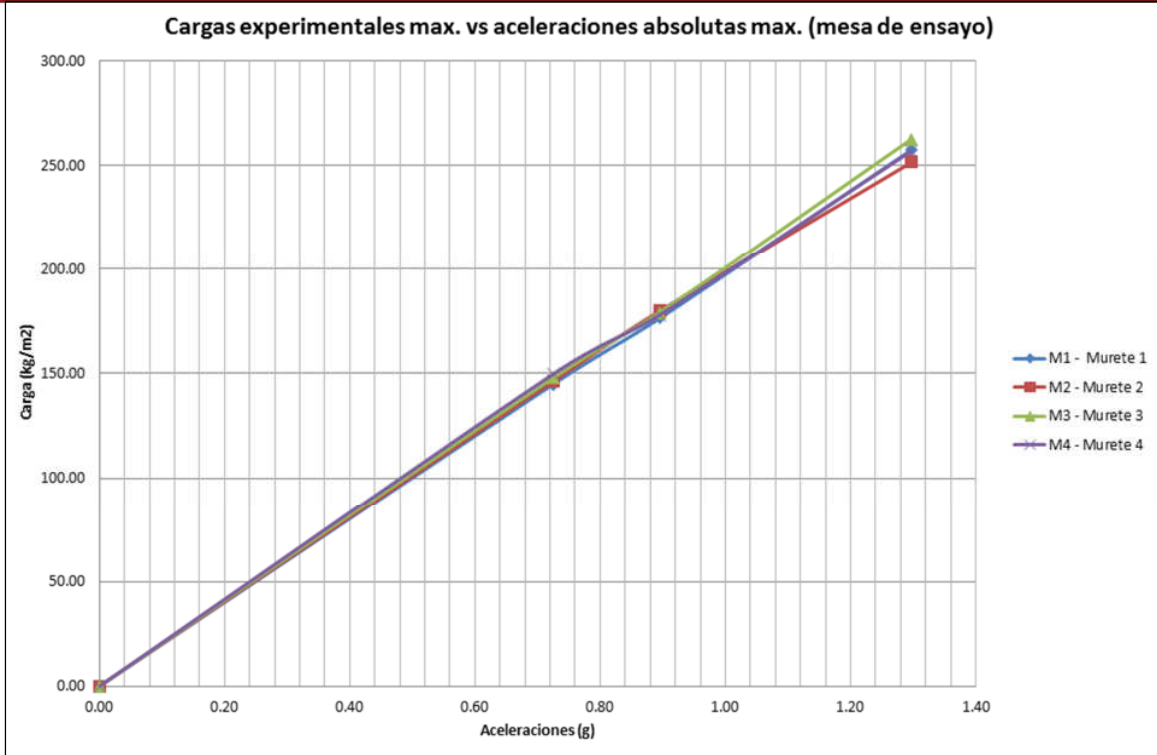


Figura 6.8. Carga experimental máxima vs aceleración máxima absoluta de la mesa vibratoria de los 4 muretes en cada fase.

### 6.7 Comparación de la carga experimental y la carga de fluencia del acero

A continuación se calcula en forma simplificada la carga para la cual se produce la fluencia del acero para corroborar el comportamiento elástico de los muretes.

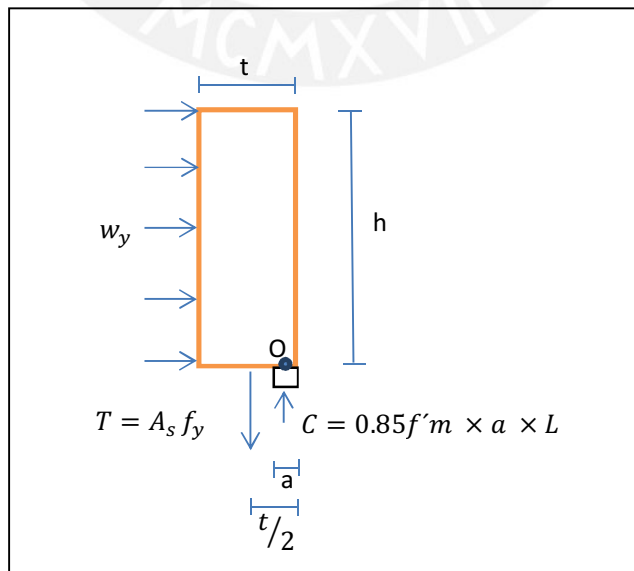


Figura 6.9. Equilibrio para hallar la carga distribuida de fluencia del acero



Del equilibrio tenemos lo siguiente:

$$T = C$$

$$A_s \times f_y = 0.85 \times f'_m \times a \times L$$

Donde:

As: Área transversal total de las barras de refuerzo (2.01 cm<sup>2</sup>)

f<sub>y</sub>: fluencia del acero (4200 kg/cm<sup>2</sup>)

f'<sub>m</sub>: (110 kg/cm<sup>2</sup>)<sup>3</sup>

L: largo del muro (153 cm)

a: ancho de la franja de la zona de reacción

Reemplazando:

$$2.01 \text{ cm}^2 \times 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 0.85 \times 110 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ m} \times a \times 153 \text{ cm}$$

Tenemos:

$$a = 0.59 \text{ cm}$$

Tomando momento en "O", tenemos:

$$A_s \times f_y \times \left( \frac{t}{2} - \frac{a}{2} \right) = w_y \times L \times \frac{h}{2} \times h$$

Donde:

As: Área transversal total de las barras de refuerzo (2.01 cm<sup>2</sup>)

f<sub>y</sub>: fluencia del acero (4200 kg/cm<sup>2</sup>)

t: espesor del muro (10 cm)

L: largo del muro (153 cm)

a: ancho de la franja de la zona de reacción (0.59 cm)

<sup>3</sup> Tabla 9 de la Norma E.070 – Resistencias Características de la Albañilería MPa (kg/cm<sup>2</sup>)

h: altura del murete (90 cm)

$w_y$ : carga distribuida para la fluencia del acero

Reemplazando:

$$w_y = 641 \text{ kg/m}^2$$

La carga de falla teórica del acero está por encima de las cargas máximas experimentales (Tabla N°6.7) de cada una de las fases de ensayo sísmico, con lo cual se comprueba que el acero no alcanzó su esfuerzo de fluencia y los resultados son consistentes.

## Capítulo 7 ENSAYOS DE CARGA ESTÁTICA

Puesto que en el ensayo dinámico los 4 muretes se comportaron elásticamente para la máxima aceleración aplicada, se efectuó un ensayo estático hasta el colapso de cada murete.

### 7.1 Descripción del ensayo e instrumentación

El ensayo consiste en someter a los cuatro muretes de placa P-10 a la aplicación de una carga lateral monotónicamente creciente donde se medirá, con ayuda de los LVDT, el desplazamiento lateral del punto central superior de cada murete.

El equipo e instrumentación fue brindado por el Laboratorio de Estructuras y consiste en lo siguiente (Figura 7.1):

- Gata hidráulica para aplicar la carga lateral
- Soportes y sensores de desplazamiento (LVDT)
- Marco de reacción.
- Sistema de adquisición de datos.

## 7.2 Comportamiento de los muretes

Los 4 muretes fallaron por flexión a través de su base, presentándose además al término del ensayo una falla por anclaje del refuerzo vertical (Figuras 7.1 a 7.4). Los datos que se proporcionan a continuación corresponden a la máxima carga concentrada localizada en el borde superior del murete (después se obtendrá la carga distribuida) y al desplazamiento lateral asociado a esta carga máxima.

### 7.2.1 Ensayo estático Murete M1

El murete M1 tuvo una resistencia máxima de 163.86 kg y un desplazamiento de 24.204 mm.



Figura 7.1. Ensayo estático de murete M1

### 7.2.2 Ensayo estático Murete M2

El murete M2 tuvo una resistencia máxima de 176.39 kg y un desplazamiento de 14.378 mm.



Figura 7.2. Ensayo estático de murete M2

### 7.2.3 Ensayo estático Murete M3

El murete M3 tuvo una resistencia máxima de 278.29 kg y un desplazamiento de 17.842 mm.



Figura 7.3. Ensayo estático de murete M3

#### 7.2.4 Ensayo estático Murete M4

El murete M4 tuvo una resistencia máxima de 216.12 kg y un desplazamiento de 14.095 mm.



Figura 7.4. Ensayo estático de murete M4

### 7.3 Gráficas carga-desplazamiento

#### 7.3.1 Gráfica M1

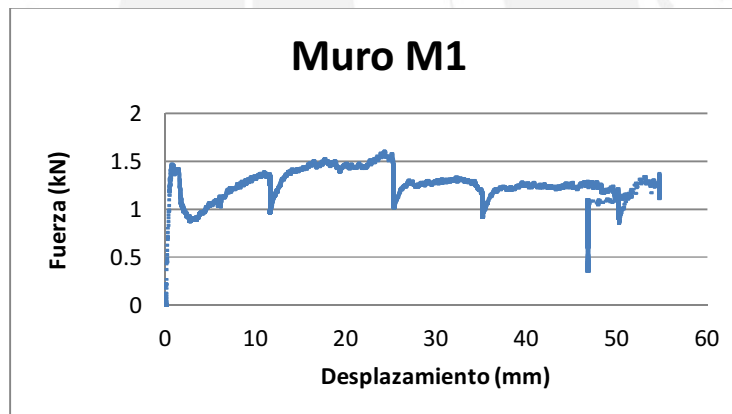


Figura 7.5. Gráfica de ensayo estático Fuerza vs Desplazamiento Murete M1

Fuerza Máxima M1 = 1.608 kN

Desplazamiento M1 = 24.204 mm

7.3.2 Gráfica M2



Figura 7.6. Gráfica de ensayo estático Fuerza vs Desplazamiento Murete M2

Fuerza Máxima M2 = 1.730 kN

Desplazamiento M2 = 14.378 mm

7.3.3 Gráfica M3

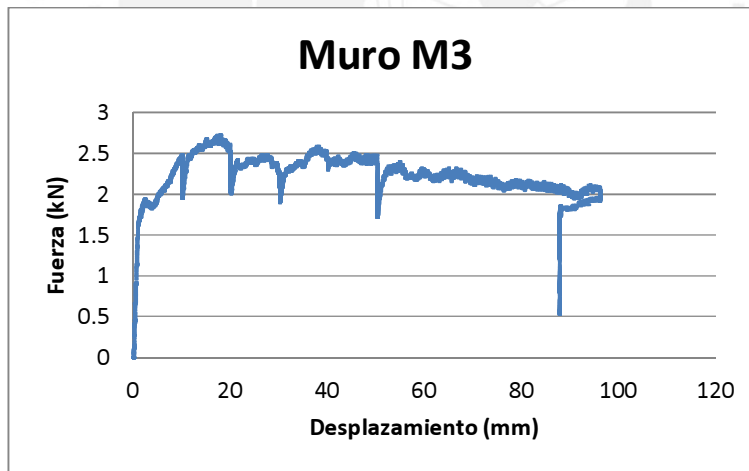


Figura 7.7. Gráfica de ensayo estático Fuerza vs Desplazamiento Murete M3

Fuerza Máxima M3 = 2.730 kN

Desplazamiento M3 = 17.842 mm



### 7.3.4 Gráfica M4

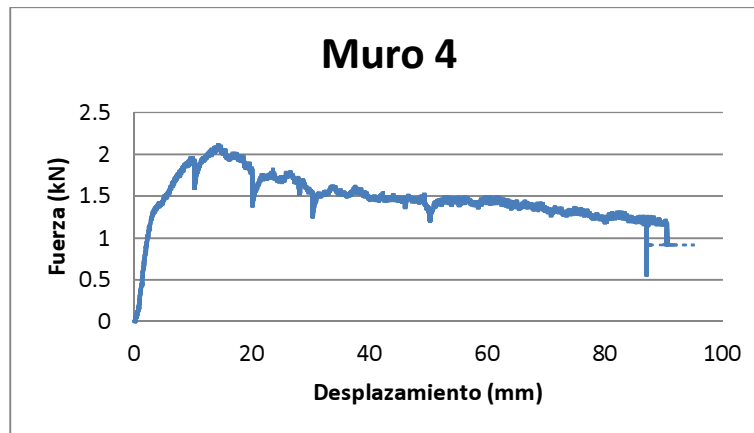


Figura 7.8. Gráfica de ensayo estático Fuerza vs Desplazamiento Murete M4

Fuerza Máxima M4 = 2.120 kN

Desplazamiento M4 = 14.095 mm

## 7.4 Carga equivalente

Somos conscientes que a pesar del comportamiento no elástico en este ensayo nosotros usamos formulas elásticas para poder obtener un numero representativo de este comportamiento. Es decir para hallar la carga equivalente tendremos en cuenta que la carga sísmica real es una carga uniformemente distribuida sobre todo el plano del murete, mientras que en el ensayo se aplicó una carga concentrada. Es por ello que para hallar la equivalencia se igualan los desplazamientos laterales de cada murete debido a la aplicación de cada tipo de carga.

*W* equivalente:

$$\frac{Ph^3}{3EI} = \frac{W_{eq}h^4}{8EI}$$

Entonces:

$$W_{eq} = \frac{8P}{3h}$$

Donde:

$W_{eq}$ : es la carga distribuida equivalente (kg/m)

$P$ : es la carga concentrada aplicada experimentalmente (kg)

$h$ : 0.90 m (altura del murete)

## 7.5 Cargas equivalentes de los muretes

Con los datos de los ensayos y el cálculo de la carga equivalente, obtenemos el siguiente cuadro:

Tabla N°7.1. Cuadro de cargas equivalentes de cada murete en kg/m

Descripción	M1	M2	M3	M4
w (kg/m)	485.52	522.63	824.57	640.36

Al dividir los resultados de la Tabla N°7.1 por 1.52 m (ancho del muro) podremos hallar la carga distribuida en toda el área:

Tabla N°7.2. Cuadro de cargas equivalente de cada murete en kg/m<sup>2</sup>

Descripción	M1	M2	M3	M4
w (kg/m <sup>2</sup> )	319.42	343.84	542.48	421.29

## 7.6 Resistencia máxima y comparación con la carga de diseño

Del punto 6.4.6 la carga reglamentaria de diseño es 83.2 kg/m<sup>2</sup>, Los resultados de la Tabla N°7.2 demuestran que todos los muretes ensayados cumplen con las normas de diseño y la sobrepasan significativamente.

## 7.7 Resistencia máxima y comparación con la carga de fluencia

En el ítem 6.7 se obtuvo una carga asociada a la fluencia del acero igual a:

$$w_y = 641 \text{ kg/m}^2$$

Esta carga supera a los valores experimentales de la resistencia máxima obtenidos en la Tabla N°7.2, por lo que el refuerzo utilizado fue excesivo.

## 7.8 Resistencia máxima y comparación con la carga máxima dinámica

En la Tabla N°6.7 se presenta los valores máximos de la carga asociados a la fase 3 del ensayo dinámico (la más potente), estos valores fueron menores a la resistencia

máxima estática, por lo que el comportamiento de los muretes en el ensayo dinámico fue elástico.

### 7.9 Comparación de los 4 muretes.

Los resultados de la resistencia máxima del ensayo estático de los 4 muretes son los siguientes:

**Tabla N°12. Cuadro comparativo de cargas estáticas de los 4 muretes**

Descripción	M1	M2	M3	M4
w (kg/m <sup>2</sup> )	319.42	343.84	542.48	421.29

Donde se observa claramente que el murete 3 tuvo una carga distribuida mayor que los otros muretes, esto podría deberse a que en un murete de poca altura, el tubo PVC trató de comportarse como un refuerzo vertical adicional, hay que recordar que este tubo estuvo empotrado en la cimentación.

También se aprecia que el murete mejor construido (M4), tuvo mejor comportamiento que los muretes M1 y M2.

## Capítulo 8 CONCLUSIONES

- El sistema constructivo en base a la Placa P-10, no es convencional y por tanto su uso queda bajo la responsabilidad del fabricante, quién además especifica el refuerzo a emplear.
- De los resultados y de lo observado del ensayo de simulación sísmica, sólo se consideran en los cálculos, los datos positivos, ya que estos proporcionan una mejor representación del comportamiento elástico de los muretes dado que estos no presentaron fisuras en ninguna de las fases del ensayo.
- Conforme se incrementó la intensidad del sismo de ensayo, también se incrementaron los valores máximos de las cargas registradas en los cuatro muretes, lo cual es propio de un comportamiento elástico.
- Con respecto a la deriva reglamentaria, se puede mencionar que las derivas elásticas obtenidas en el ensayo sísmico fueron inferiores al valor máximo inelástico de la norma sísmica E.030 en los cuatro muretes, por lo que todos los procesos constructivos empleados cumplieron con este requisito de la norma.
- Las fuerzas distribuidas calculadas experimentalmente en el ensayo dinámico son mayores en un 134% en promedio a la fuerza distribuida señalada para efectos de diseño por la norma E.070, estos resultados permiten concluir que el comportamiento mostrado por los muretes es elástico y que se encuentran

sobredimensionados, debiéndose remarcar que el fabricante de la Placa P-10 es el que especifica el refuerzo a utilizar.

- Las fuerzas máximas de cada murete obtenidas del ensayo estático están muy por encima de la carga reglamentaria de diseño de la norma E.070 y superan a los valores experimentales de la fase más potente del ensayo dinámico, pero no llegan a alcanzar la carga de fluencia del refuerzo vertical, por tanto el refuerzo especificado por el fabricante está sobredimensionado.
- El murete M3 tuvo la mayor resistencia en los ensayos estáticos debido al refuerzo adicional que generó el tubo de desagüe empotrada en la cimentación en este murete de poca altura que proporciona poca flexión en el tubo. Seguidamente, el murete M4 superó en resistencia a M1 y M2, debido a su mejor proceso constructivo. A pesar de ello, se recomienda que se construya según el proceso constructivo que indica el manual de la Cia. Minera Luren.
- Debido a que los desplazamientos dinámicos fueron muy pequeños y aparentemente estuvieron fuera del rango de precisión de los LVDT utilizados, se recomienda que se utilicen equipos de mayor precisión para hallar los desplazamientos y rigideces laterales de este tipo de ensayos.

## Capítulo 9      BIBLIOGRAFÍA

- 1. Norma Técnica de Edificaciones E.070 “Albañilería”**  
Reglamento Nacional de Edificaciones  
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y SENCICO  
Lima, 2006
  
- 2. Norma Técnica de Edificaciones E.030 “Diseño Sismorresistente”**  
Reglamento Nacional de Edificaciones  
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y SENCICO  
Lima, 2006
  
- 3. Comportamiento sísmico de un Módulo de Adobe de dos Pisos con Refuerzo Horizontal y Confinamientos de Concreto Armado**  
Ericka Flor Delgado Salvador Canales  
Asesor: Ángel San Bartolomé  
Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil  
Disponibile en Hemeroteca FACI-PUCP  
Lima, 2006
  
- 4. Manual de instalación para muros no portantes con placas P-7, P-10, P-12 y P-14 en Albañilería – Décimo tercera edición –**  
Compañía Minera Luren S.A (LACASA)  
Lima, 2011
  
- 5. Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería.**  
Ángel San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson Silva  
Fondo Editorial PUCP  
Febrero, 2011



**6. Investigaciones en Albañilería**

<http://blog.pucp.edu.pe/albanileria>

Ángel San Bartolomé

Lima, 2007

