



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

120
ZEFJ

FACULTAD DE INGENIERIA

COMPORTAMIENTO DE MUROS DE
MAMPOSTERIA MULTIPERFORADO BAJO
LA ACCION DE FUERZA CORTANTE.

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :

ARTURO PADILLA FLORES

SATURNINO SALDAÑA SALDAÑA



DIRECTOR DE TESIS: ING. HECTOR JAVIER GUZMAN OLGUIN

MEXICO, D. F.

1995

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-020/95

Señores
ARTURO PADILLA FLORES
SATURNINO SALDAÑA SALDAÑA
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. HECTOR JAVIER GUZMAN OLGUIN**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"COMPORTAMIENTO DE MUROS DE MAMPOSTERIA MULTIPERFORADO BAJO LA ACCION DE FUERZA CORTANTE"

- INTRODUCCION**
- I. PRELIMINARES (PROPIEDADES MECANICAS DE MAMPUESTOS MULTIPERFORADOS Y MORTEROS)**
 - II. PROCESO (PREPARATIVOS DE ENSAYE E INSTRUMENTACION)**
 - III. ENSAYE BAJO CARGA HORIZONTAL**
 - IV. INTERPRETACION DE RESULTADOS**
 - V. CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFIA**

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 28 de febrero de 1995.
EL DIRECTOR

ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

JMCS/RCR*nl

CONTENIDO

Agradecimientos

Introducción..... 1

CAPITULO I

Preliminares (Propiedades mecánicas de mampuestos multiperforados y mortero)
..... 3

| | |
|---|----|
| I.1 Propiedades de los materiales | 5 |
| I.2 Compresión simple | 9 |
| I.2.1 Proceso constructivo de las pilas | 9 |
| I.2.2 Etapa de ensaye | 10 |
| I.3 Tensión diagonal | 10 |
| I.3.1 Elaboración de las probetas | 11 |
| I.3.2 Ensaye de probetas | 11 |
| I.3.3 Desarrollo de la prueba | 12 |
| I.4 Resultados | 13 |

CAPITULO II

Proceso (Preparativos de ensaye e instrumentación)19

| | |
|---|----|
| II.1 Preparativos de ensaye | 19 |
| II.2 Construcción de muros | 20 |
| II.2.1 Construcción de la dala de desplante | 21 |
| II.2.2 Pegado de tabique | 23 |
| II.2.3 Construcción de la dala de cerramiento | 27 |
| II.3 Instrumentación | 28 |

CAPITULO III

Ensaye bajo carga lateral30

| | |
|-----------------------|----|
| III.1 Muro No.1 | 30 |
| III.2 Muro No.2 | 36 |
| III.3 Muro No.3 | 41 |
| III.4 Muro No.4 | 46 |
| III.5 Muro No.5 | 50 |
| III.6 Muro No.6 | 55 |
| III.7 Muro No.7 | 61 |

CAPITULO IV

Interpretación de resultados66

CAPITULO V

Conclusiones.....78

Bibliografía.....81

AGRADECIMIENTOS

A mis padres.

**Aurelio Padilla J.
Florencia Flores G.**

Por su infinito apoyo y comprensión sin el cual yo no hubiese podido alcanzar este importante objetivo.

A mis queridos hermanos.

**Romualdo
José Luis
Aurora**

Por su gran cariño y su invaluable ejemplo. Por sus enseñanzas en áreas difíciles para mí.

Arturo

A mis queridos padres.

Vicente Saldaña B.

Tomasa Saldaña R.

Porque desde recién nacido me dieron todo, sin importarles si a ellos les faltaba algo.

A mis queridos hermanos.

Pedro

Por su trabajo, su ejemplo que siempre he de seguir, su valioso apoyo, su confianza y su cariño, porque gracias a él fue posible alcanzar mi meta.

Martín.

Por sus años de infancia.

A mis queridas hermanas .

Leonor, Juanita, Lupita , Mary

Por haberme dado su cariño y su valioso apoyo durante toda mi existencia, a ellas doy gracias.

Paulina, Rufina y Gaby

Por sus años de infancia.

A mi cuñada e hijos.

Gregoria, Paty, y Roberto C.

Y a toda la familia agradezco, por el cariño que me dieron.

A mi tía Cristina y familia, y a mi tío Brigido y familia, por todo el apoyo que me dieron.

A Claudia.

Por haberme permitido quererla mucho y por haber compartido conmigo momentos muy felices.

Nino

Agradecemos a nuestro director de Tesis el Ingeniero Hector J. Guzmán Olguín y al laboratorista de mecánica de materiales el Sr. Mario Gutiérrez y demás colaboradores, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

A nuestros profesores.

De quienes obtuvimos conocimientos y experiencias para nuestra formación profesional.

A nuestros compañeros y amigos.

Agradecemos su incondicional amistad por propiciar en nosotros una relación de respeto.

Arturo, y Nino.

INTRODUCCION

En los últimos años la situación económica del país ha venido agrabandose cada vez mas, en los 80's se dio una decaída del poder adquisitivo de la moneda nacional y en los inicios de los 90's se tenía una gran confianza con la adopción de una política económica controlada; con el cambio de gobierno nuevamente se presento una devaluación histórica de la moneda nacional, por ello, entre otros motivos, el crecimiento desmedido de la población ha hecho necesaria la construcción de viviendas de interés social para dar respuesta a la gran problemática que día a día resulta ser un reto para las autoridades y organizaciones encargadas de proporcionar viviendas adecuadas a los trabajadores de escasos recursos, principalmente, pero no solo la clase obrera se enfrenta a este gran problema, sino también a estratos de la población con mas recursos económicos, que los mismos obreros, en toda la República Mexicana, que debido a su situación se han visto obligados a dejar sus lugares de origen desplazandose hacia las grandes ciudades en busca de condiciones de un mejor nivel de vida y mayores oportunidades para su sobrevivencia creando con su estancia una problematica mas aguda en lo que a vivienda se refiere.

Por lo anterior el sector público y privado han recurrido a diversos centros de investigación empeñados en la tarea de encontrar métodos y materiales, que resulten factibles de utilizar en la construcción de vivienda popular y que además sean económicos.

Uno de los materiales que se han mantenido en gran uso por su costo económico y por su comportamiento adecuado es la mampostería de arcilla recocida. Este tipo de mampostería además de tener una función arquitectónica, también cumplen funciones estructurales adecuadas.

Existen en la actualidad diversos estudios realizados por el Instituto y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED), entre otros, en coordinación con los organismos descentralizados del estado y la iniciativa privada, entre los que destacan son: INFONAVIT y FOVISSTE. Como resultado de estos estudios se han obtenido diversas conclusiones del comportamiento de la mampostería, entre ellas la capacidad para resistir cargas laterales efectos que son frecuentes en

varias regiones de la República Mexicana, particularmente en la Ciudad de México, estas regiones por encontrarse en zonas de alta sismicidad.

Se han hecho estudios de otros materiales que tienen una función similar a la mampostería y en la mayoría de los casos se ha concluido que si bien tiene un comportamiento adecuado, su costo significa un aumento considerable en el costo final de la edificación. Por el contrario existen otros materiales de bajo costo, pero tienen la desventaja de ser poco resistentes ante ciertas sollicitaciones. De acuerdo a lo mencionado anteriormente resulta importante hacer hincapié que la mampostería ha sido y seguirá siendo un elemento cuyo comportamiento estructural ha favorecido a la edificación.

Una opción en el uso de mampostería, es el empleo de mampostería multiperforada, ya que ésta presenta propiedades físicas y mecánicas que pueden favorecer al buen comportamiento de una estructura. Por lo que nosotros proponemos el siguiente estudio que tiene como principal objetivo, estimar la capacidad de carga de mamposterías multiperforadas bajo el efecto de fuerza cortante y evaluar su comportamiento.

CAPITULO I

PRELIMINARES (PROPIEDADES MECÁNICAS DE MAMPUESTOS MULTIPERFORADOS Y MORTERO)

Los materiales que comúnmente se emplean para la construcción de muros de mampostería son los siguientes: bloques de concreto, tabique de barro recocido, tabique de barro prensado, tabique asfáltico, tabique multiperforado, etc.; de los cuales se caracterizan por sus propiedades geométricas, físicas y mecánicas.

Los muros de mampostería en las construcciones se emplean para cumplir distintas funciones estructurales, por lo que se tiene la siguiente clasificación:

Muros que actúan como únicos elementos resistentes a cargas verticales como horizontales, este tipo de muro debe ser capaz de resistir las compresiones debidas a cargas verticales y las cortantes y momentos de volteo producido por efecto de sismo y viento, los problemas que pudieran presentarse empleando muros de carga vertical suelen ser minimos cuando se cuentan con gran cantidad de muros simétricos y con poca esbeltez de los edificios con respecto a este tipo de muro.

Cuando existen torsiones importantes por asimetrías en disposición de los muros o por excentricidades accidentales debidas a procedimientos constructivos defectuosos, o cuando la cantidad de muros es relativamente baja, el problema se torna mas critico.

Muros que resisten únicamente cargas horizontales, utilizados como diafragmas confinados por un marco principal de concreto o acero, en donde las funciones del marco son: absorber las cargas verticales y transmitir las cargas horizontales al diafragma que actúa como puntal de compresión en los extremos de una de las diagonales.

También pudiera darse el caso de que el muro bajo el efecto de carga horizontal esté limitado únicamente por el sistema de piso y con ausencia de restricciones al giro que éste le

proporciona podemos idealizar el muro como en voladizo sujeto a una carga lateral en el extremo superior mas una carga axial, que resulta de la suma del efecto de la carga vertical mas el del momento de volteo.

En ambos muros se presentan esfuerzos críticos de tensión en dirección normal a la diagonal cargada y de cortante que existe en la cara de contacto entre el mortero y la pieza, capaces de provocar la falla a través de una grieta que atraviesa diagonalmente el muro.

Las propiedades que usualmente se emplean para el diseño sísmico de un elemento estructural como a la que nos estamos refiriendo no solo depende de la resistencia y la rigidez del material, sino también de la geometría, estas propiedades es posible observarlas directamente del comportamiento del elemento en cuanto a la capacidad de disipar la energía generada por la carga lateral, utilizando para ello las curvas histeréticas obtenidas de la historia de cargas y desplazamientos.

Las fallas que pudieran presentarse durante el efecto de un sismo van a depender principalmente de las propiedades de los materiales con los que esta hecho el muro y del cuidado que se tenga durante el proceso constructivo de la unión mampuesto-mortero. Por lo que resulta importante cuidar la calidad de los materiales a emplearse, al igual que el control de calidad en el proceso constructivo y mano de obra, contar con una simetría y uniformidad en el proyecto, para que las cargas horizontales se distribuyan adecuadamente en los ejes de los muros y así obtener una adecuada respuesta ante este tipo de sollicitación.

El presente estudio contó con una serie de pruebas de compresión simple en pilas, tensión diagonal (cortante) en muretes y de los materiales utilizados tanto en la elaboración de pilas y muretes, como para la construcción de los muros reales, a continuación se describe cada una de ellas.

I.1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Para nuestro estudio se seleccionó como material único para la construcción de las pruebas preliminares (Pilas a compresión simple y muretes a compresión diagonal) y construcción de los muros a escala natural, al tabique multiperforado con el fin de aprovechar al máximo las propiedades que éste posee en relación a la capacidad para soportar cargas laterales, principalmente.

Las piezas utilizadas para la realización del presente estudio, fueron seleccionados mediante un muestreo planeado, de un lote representativo tomado del conjunto.

Las propiedades geométricas y físicas del material empleado (tabique) aparecen en la Tabla No.I.1.1. Cabe hacer notar que la geometría de este material y en particular las perforaciones que existen en las caras de contacto tabique-mortero, desempeñan un papel muy importante durante la ocurrencia de solicitaciones laterales, ya que contribuyen en gran medida impidiendo la existencia de deslizamiento entre los dos materiales obligando que estos trabajen en conjunto por el seguro de cortante generado al emplear este tipo de tabique.



| Geometría | Area total cm ² | Area bruta cm ² | Peso Volumétrico kg/m ³ |
|---|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|
|  | 288.00 | 193.00 | 1300.00 |
|  | 288.00 | 174.00 | 1035.00 |

Tabla No I.1.1 Propiedades físicas y geométricas de los tabiques utilizados.

Para determinar las propiedades mecánicas del material empleado (tabique multiperforado) fue necesario la realización de pruebas a compresión simple en piezas solas cuyos resultados aparecen en la tabla No.I.1.2

| Tabique No. | Carga kg | Area cm ² | Esfuerzo kg/cm ² |
|-------------|----------|----------------------|-----------------------------|
| 1 | 35 800 | 288.00 | 124.50 |
| 2 | 41 050 | 288.00 | 142.50 |
| 3 | 41 900 | 288.00 | 145.50 |

TABLA No.I.1.2 Resistencia de tabiques a compresión simple.

Para la elaboración de las probetas en compresión simple y tensión diagonal se empleó mortero con proporcionamiento cemento-arena de 1:4, del cual se tomaron muestras cúbicas de 5x5x5 cm que fueron probadas de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM) con objeto de controlar la calidad del mortero utilizado. Los resultados se muestran en la Tabla No.I.1.3

Las pruebas de los cubos de mortero se realizaron en la máquina universal del laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería en el equipo Amsler dentro del rango de carga de 10 toneladas(Figura I.1a)

Las cantidades de materiales para la elaboración de los morteros se determinaron por volumen, utilizándose un aditivo de manufactura que aceleraba el fraguado, proporcionando resistencias altas a edades tempranas.

| Prueba No. | Área cm^2 | Carga kg. | Resistencia a compresión del mortero kg/cm^2 | Edad (días) |
|------------|--------------------|-----------|---|-------------|
| 1 | 25.00 | 3725.00 | 149.00 | 13 |
| 2 | 25.00 | 3175.00 | 127.00 | 13 |
| 3 | 25.00 | 3560.00 | 142.40 | 13 |
| 4 | 25.00 | 2925.00 | 117.00 | 10 |
| 5 | 25.00 | 3100.00 | 124.00 | 10 |
| 6 | 25.00 | 2600.00 | 104.00 | 10 |

Tabla No.I.1.3 Resultados obtenidos del ensaye de probetas de mortero.



Figura I.1a. Ensaye de muestras de mortero de dimensiones estándar en la máquina universal del equipo Amsler.

I.2 COMPRESIÓN SIMPLE

La compresión simple de un muro de mampostería nos da un índice de resistencia del elemento sujeto a cargas verticales, por lo que resulta indispensable realizar varias pruebas preliminares para pronosticar el rango de niveles de carga que llevarán a la falla al muro.

Como la mampostería está formada por dos materiales que tienen características esfuerzo deformación distintas, al someterlos a esfuerzos de compresión, se genera una interacción compleja entre los dos materiales.

Para ello se ha adoptado un modelo muy sencillo que consiste en analizar el comportamiento de los dos materiales en conjunto (mortero-pieza) cuando se encuentra bajo la acción de la carga vertical. Se considera que la pieza y el mortero deben deformarse y comportarse iguales, esto se logra tomando en cuenta la importancia que representa la adherencia y la fricción que existe en las caras de contacto entre los dos materiales favoreciendo el comportamiento del conjunto para impedir que exista deslizamiento relativo y obligan a que los dos materiales tengan la misma deformación transversal.

Las pruebas preliminares que se efectuaron al respecto consistieron en elaborar y ensayar varias pilas formadas de piezas sobrepuestas, cuya relación altura a espesor fue aproximadamente de cinco, debido a la sencillez constructiva y porque representa razonablemente la resistencia de elementos de muros en condiciones reales.

I.2.1 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS PILAS

- Sumergir en agua las piezas de tabique antes de su empleo durante un lapso de tiempo tal que alcancen la saturación para evitar que éstos absorban agua del mortero.

- Elaboración del mortero cemento-arena en una proporción de 1:4 incluyendo un aditivo de manufactura con el propósito de obtener resistencias importantes a edades tempranas.
- Construcción de las pilas tratando de conservar la verticalidad de una de las caras y nivelando cada pieza al colocarla y conservándolas en el interior del laboratorio durante ocho días sin ningún tipo de curado.
- Elaboración de muestras de mortero en moldes estándares de dimensiones de 5x5x5 cm.

1.2.2 ETAPA DE ENSAYE

Una vez construidas las pilas se procedió a cabecearlas con azufre en las caras extremas para garantizar la uniformidad de la carga en la toda la superficie de contacto de la pila y el equipo, estas pilas fueron ensayadas en el marco de carga del equipo Amsler, el cual esta rigurosamente calibrado.

El procedimiento de ensaye consistió en cargar los especímenes con incrementos de carga controlados, de tal forma que se pudiera apreciar la historia del comportamiento.

1.3 TENSIÓN DIAGONAL

El estudio de la resistencia a tensión diagonal de muros de mampostería ha sido posible, realizando ensayos preliminares de elementos denominados muretes sujetos a compresión diagonal. La razón por la cual se ha adoptado la prueba de compresión diagonal de muretes, es por que es fácil su realización y además porque el esfuerzo que origina la falla de ésta y de los muros reales es la tensión diagonal.

I.3.1. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS

Los materiales que se utilizaron para la elaboración de los muretes fueron los mismos que se emplearon para las pruebas de compresión simple.

En la elaboración de las probetas se procuro que se obtuviera una geometría cuadrada, con el objeto de reducir al mínimo los momentos de volteo que pudieran alterar los resultados esperados.

La construcción de los muretes se logro colocando hiladas de tabique de una y media pieza de longitud, con el numero de hiladas necesarias para obtener una geometria cuadrada del espécimen, estos fueron conservados en el interior del laboratorio durante ocho días bajo condiciones ambientales normales.

I.3.2. ENSAYE DE PROBETAS

Los especímenes fueron ensayados en la máquina universal del equipo Amsler dentro del rango de 50 ton., y haciendo uso de piezas angulares de acero en los puntos de aplicación de la carga para distribuir los esfuerzos y así evitar las concentraciones de éstos en una zona pequeña, como se muestra en la figura I.3.

1.3.3. DESARROLLO DE LA PRUEBA

Dadas la características del espécimen, fue posible su pronta realización por lo que no se tuvieron problemas algunos en su colocación e instrumentación.

La colocación de la probeta se hizo en posición vertical y la aplicación de la carga fue diagonal de tal forma que la carga aplicada y su reacción fueron colineales como se muestra en la Figura 1.3.

El desarrollo de la prueba consistió en aplicar carga a la probeta de forma controlada hasta llevarla a la falla en un solo ciclo de carga.

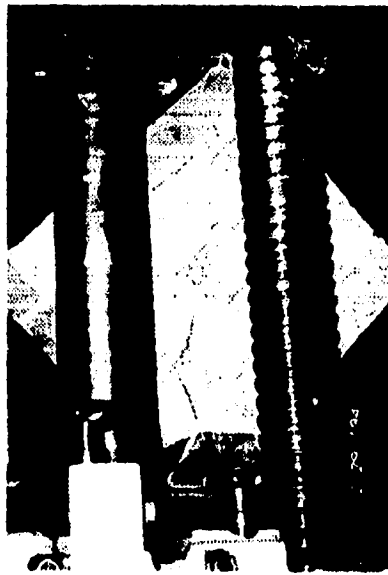


Figura 1.3 Ensayo de muretes bajo la acción de tensión diagonal.

1.4. RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron en esta serie de pruebas preliminares para pilas y muretes, se muestran en la siguientes tablas. También se muestran los resultados de los ensayos de los cilindros de concreto y de los cubos de mortero tomados durante la construcción de los muros reales.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYES DE PILAS

| Muestra No. | Ancho Cm. | Espesor Cm. | Area bruta Cm ² | Carga máxima kg. | Esfuerzo máximo kg / cm ² | Observaciones |
|-------------|-----------|-------------|----------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 1 | 24.00 | 12.00 | 288.00 | 17850.00 | 61.88 | Falla por compresión |
| 2 | 24.00 | 12.00 | 288.00 | 19150.00 | 66.50 | " |
| 3 | 24.00 | 12.00 | 288.00 | 20490.00 | 71.15 | " |
| 4 | 24.00 | 12.00 | 288.00 | 20490.00 | 71.15 | " |
| 5 | 24.00 | 12.00 | 288.00 | 21380.00 | 74.24 | " |
| 6 | 24.00 | 12.00 | 288.00 | 14840.00 | 51.51 | " |
| 7 | 24.00 | 12.00 | 288.00 | 21440.00 | 74.44 | " |
| 8 | 24.00 | 12.00 | 288.00 | 20190.00 | 70.11 | " |
| 9 | 24.00 | 12.00 | 288.00 | 22670.00 | 78.71 | " |

Tabla No.1.4.1

RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYES DE MURETES.

| Muestra No. | Altura Cm | Ancho Cm | Espesor Cm | Diagonal Cm | Area bruta diagonal Cm ² | Carga Máxima kg | Esfuerzo cortante máximo kg / cm ² | Observaciones |
|-------------|-----------|----------|------------|-------------|-------------------------------------|-----------------|---|------------------|
| 1 | 33.50 | 37.50 | 12.00 | 50.00 | 600.00 | 4150.00 | 6.9197 | Tensión diagonal |
| 2 | 34.00 | 36.70 | 12.00 | 49.70 | 596.40 | 3100.00 | 5.1979 | " |
| 3 | 34.00 | 37.00 | 12.00 | 49.60 | 595.20 | 5875.00 | 9.9168 | " |
| 4 | 34.40 | 36.70 | 12.00 | 50.30 | 603.60 | 4175.00 | 6.9168 | " |
| 5 | 34.00 | 37.60 | 12.00 | 49.80 | 597.60 | 4375.00 | 7.3210 | " |
| 6 | 34.00 | 37.50 | 12.00 | 50.00 | 600.00 | 3310.00 | 5.5300 | " |
| 7 | 34.00 | 37.50 | 12.00 | 50.00 | 600.00 | 2900.00 | 4.8300 | " |
| 8 | 34.00 | 37.50 | 12.00 | 50.00 | 600.00 | 2810.00 | 4.6800 | " |
| 9 | 34.00 | 37.50 | 12.00 | 50.00 | 600.00 | 2900.00 | 4.8200 | " |
| 10 | 34.00 | 37.50 | 12.00 | 50.00 | 600.00 | 3740.00 | 6.2400 | " |

Tabla No.I.4.2

De las bachadas de mortero que se elaboraron para la construcción de los muros se obtuvieron muestras normalizadas de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, mismas que fueron ensayadas a compresión, obteniendo los siguientes resultados

| Muro No. | Proporción mortero | Área Cm ² | Carga kg | Resistencia del mortero (f' b kg/cm ²) | | | |
|----------|-----------------------------------|----------------------|----------|--|---------|---------|---------------|
| | | | | 7 días | 14 días | 21 días | 28 ó más días |
| 1 | 144 kg de Arena (pasa malla No.4) | | | | | | |
| | 36 kg de Cemento | 25.0 | 2925.0 | _____ | 117.0 | _____ | _____ |
| | 31.80 litros de Agua | 25.0 | 3100.0 | _____ | 124.0 | _____ | _____ |
| | 720 ml. de Aditivo acelerante | 25.0 | 2600.0 | _____ | 104.0 | _____ | _____ |
| 2 | 144 kg de Arena (pasa malla No.4) | | | | | | |
| | 36 kg de Cemento | 25.0 | 2925.0 | _____ | 117.0 | _____ | _____ |
| | 31.80 litros de Agua | 25.0 | 3100.0 | _____ | 124.0 | _____ | _____ |
| | 720 ml. de Aditivo acelerante | 25.0 | 2600.0 | _____ | 104.0 | _____ | _____ |
| 3 | 144 kg de Arena (pasa malla No.4) | | | | | | |
| | 36 kg de Cemento | 25.0 | 5480.0 | _____ | _____ | _____ | 219.0 |
| | 31.80 litros de Agua | 25.0 | 5730.0 | _____ | _____ | _____ | 229.0 |
| | 720 ml de Aditivo acelerante | 25.0 | 5780.0 | _____ | _____ | _____ | 231.0 |
| 4 | 144 kg de Arena (pasa malla No.4) | | | | | | |
| | 36 kg de Cemento | 25.0 | 2725.0 | 109.0 | _____ | _____ | _____ |
| | 31.80 litros de Agua | 25.0 | 2800.0 | 112.0 | _____ | _____ | _____ |
| | 720 ml. de Aditivo acelerante | 25.0 | 2350.0 | 94.0 | _____ | _____ | _____ |

Tabla No.1.4.3a

I. PRELIMINARES

| Muro No. | Proporción mortero | Area Cm ² | Carga kg | Resistencia del mortero f'c kg/cm ² | | | |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------|----------|--|---------|---------|---------------|
| | | | | 7 días | 14 días | 21 días | 28 ó más días |
| 5 | 144 kg de Arena (pasa malla No.4) | | | | | | |
| | 36 kg de Cemento | 25.0 | 2490.0 | _____ | 99.60 | _____ | _____ |
| | 31.80 litros de Agua | 25.0 | 2355.0 | _____ | 94.20 | _____ | _____ |
| | 720 ml. de Aditivo acelerante | 25.0 | 2300.0 | _____ | 92.00 | _____ | _____ |
| 6 | 72 kg de Arena (pasa malla No.4) | | | | | | |
| | 18 kg de Cemento | 25.0 | 6240.0 | _____ | _____ | _____ | 249.0 |
| | 17.00 litros de Agua | 25.0 | 4250.0 | _____ | _____ | _____ | 170.0 |
| | 380 ml. de Aditivo acelerante | 25.0 | 4890.0 | _____ | _____ | _____ | 195.0 |
| | 72 kg de Arena (pasa malla No.4) | | | | | | |
| | 18 kg de Cemento | 25.0 | 5170.0 | _____ | _____ | _____ | 206.8 |
| | 17.00 litros de Agua | 25.0 | 5290.0 | _____ | _____ | _____ | 211.0 |
| | 215.00 ml. de Aditivo acelerante | 25.0 | 5380.0 | _____ | _____ | _____ | 215.2 |
| | 48 kg de Arena (pasa malla No.4) | 25.0 | 6020.0 | _____ | _____ | _____ | 240.8 |
| | 12 kg de Cemento | 25.0 | 5460.0 | _____ | _____ | _____ | 218.4 |
| 10.30 litros de Agua | 25.0 | 5020.0 | _____ | _____ | _____ | 200.8 | |
| 7 | 170 kg de Arena (pasa malla No.4) | | | | | | |
| | 42.50 kg de Cemento | 25.0 | _____ | _____ | _____ | _____ | |
| | 33.50 litros de Agua | 25.0 | _____ | _____ | _____ | _____ | |
| | 850 ml. de Aditivo acelerante | 25.0 | _____ | _____ | _____ | _____ | |

Tabla No.I.4.3b

RESULTADOS DE ENSAYES DE CILINDROS DE CONCRETO

| Muro No. | Proporción mortero. | Área Cm ² | Carga Kg | Resistencia Concreto f'c kg / cm ² | | | | Observaciones |
|----------|----------------------------------|----------------------|----------------|---|---------|---------|------------------|---------------|
| | | | | 7 días | 14 días | 21 días | 28 o más días. | |
| 1 | Arena 1.75 botes | | | | | | | |
| | Cemento 25 kg | 176.71 | 30401 | _____ | _____ | _____ | 172.04 | T.I |
| | Grava 2.25 botes | 176.71 | 30600 | _____ | _____ | _____ | 173.17 | T.I |
| | Agua 19 lts Aditivo 0.5 lts | | | | | | | |
| 2 | Arena 1.75 botes | | | | | | | |
| | Cemento 25 kg | 176.71 | 30401 | _____ | _____ | _____ | 172.04 | T.I |
| | Grava 2.25 botes | 176.71 | 30600 | _____ | _____ | _____ | 173.17 | T.I |
| | Agua 19 lts Aditivo 0.5 lts | | | | | | | |
| 3 | Arena 1.25 botes | | | | | | | |
| | Cemento 20 kg | 176.71 | 30401 | _____ | 172.04 | _____ | _____ | T.S |
| | Grava 1.25 botes | 176.71 | 32522 | _____ | 184.04 | _____ | _____ | T.S |
| | Agua 16.30 lts Aditivo 400 ml | 176.71 176.71 | 35800 37400 | _____ | _____ | _____ | 202.60 211.60 | T.I T.T |
| 4 | Arena 1.25 botes | | | | | | | |
| | Cemento 20 kg | 176.71 | 19000 | 107.52 | _____ | _____ | _____ | T.S |
| | Grava 1.25 botes | 176.71 | 31808 | _____ | _____ | _____ | 180.00 | T.S |
| | Agua 14.50 lts Aditivo 400 ml | 176.71 176.71 | 48400 44800 | _____ | _____ | _____ | 273.00 253.53 | T.I T.I |

T.I trabe inferior

T.S trabe superior

Tabla No.I.4.4a.

| Muro No. | Proporción mortero | Área Cm ² | Carga Kg | Resistencia Concreto f'c kg / cm ² | | | | Observaciones |
|----------|---|----------------------|----------|---|---------|---------|---------------|---------------|
| | | | | 7 días | 14 días | 21 días | 28 o más días | |
| 5 | Arena 1.25 botes | | | | | | | |
| | Cemento 20 kg | 176.71 | 29500 | _____ | 166.90 | _____ | _____ | T.I |
| | Grava 1.5 botes | 176.71 | 29000 | _____ | 164.10 | _____ | _____ | T.I |
| | Agua 14.5 lts Aditivo 400 ml | 176.71 | 27400 | 155.06 | _____ | _____ | _____ | T.S |
| 6 | Arena 1.75 botes | | | | | | | |
| | Cemento 30 kg | 176.71 | 47200 | _____ | _____ | _____ | 267.10 | T.I |
| | Grava 2.25 botes | 176.71 | 50500 | _____ | _____ | _____ | 285.79 | T.I |
| | Agua 17 lts | 176.71 | 47000 | _____ | _____ | _____ | 265.97 | T.I |
| | Aditivo 600 ml | 176.71 | 48800 | _____ | _____ | _____ | 276.16 | T.I |
| | Arena 1.5 botes | | | | | | | |
| | Cemento 27 kg | 176.71 | 43100 | _____ | _____ | _____ | 243.90 | T.S |
| | Grava 2.0 botes Agua 16.06 lts Aditivo 0.0 ml | | | | | | | |
| 7 | Arena 1.25 botes | | | | | | | |
| | Cemento 20 kg | 176.71 | 31100 | _____ | _____ | 176.00 | _____ | T.S |
| | Grava 1.5 botes | | | | | | | |
| | Agua 14.50 lts Aditivo 400 ml | | | | | | | |

T.S Trabe Superior.

T.I Trabe Inferior.

Tabla No.I.4.4b.

CAPITULO II

PROCESO (PREPARATIVOS DE ENSAYE E INSTRUMENTACION)

Este capítulo trata de las actividades precedentes a la construcción de los muros de prueba, su construcción y finalmente su instrumentación.

El proceso de preparativos abarca todas aquellas actividades que fueron necesarias realizarlas con el fin de acondicionar los marcos de carga en los que nos auxiliamos para la elaboración de las pruebas.

II.1. PREPARATIVOS DE ENSAYE

Considerando las dimensiones de los marcos de carga con que cuenta el laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería, fue posible determinar con anterioridad las dimensiones con las que deberían construirse los elementos de mampostería. Como los marcos de carga tienen diversas funciones, fue necesario hacer los preparativos que alberguen adecuadamente a los modelos sujetos de análisis. Es por ello que primeramente se llevaron a cabo una serie de actividades preliminares para ajustar al equipo de prueba a las condiciones adecuadas de ensaye; entre ellos destacan los siguientes: colocación de un sistema de sujeción logrado por medio de un perfil de acero como se muestra en la figura 11.1a, se utilizaron también tornillos que garantizaran la fijación del perfil de acero con la base del marco de carga, se colocaron topes de madera en los extremos inferiores del perfil, apoyados éstos en las columnas del marco de carga

En lo que respecta a la primera actividad preliminar fue necesario considerar la importancia que representaba la colocación de un sistema de anclaje que permitiera alojar el elemento sin que se presentara ningún tipo de movimiento en su base, por lo que se decidió en la utilización de un perfil de acero con conectores de cortante provisto de perforaciones para su anclaje con la base del marco.

El anclaje se consiguió colocando tornillos de alta resistencia en las perforaciones perfil base del marco, logrando con esto mantener sólidamente ligados las partes que soportan la cimentación del muro, posteriormente fueron colocados topes de madera en los extremos del perfil de acero apoyados en cada lado en las columnas del marco con el propósito de restringir los desplazamiento horizontales de la cimentación del muro durante la aplicación de carga lateral.

II.2 CONSTRUCCIÓN DE MUROS

Una vez realizadas todas las actividades preliminares para el alojamiento del muro se comenzó su construcción.

Considerando que, lo que se pretende lograr en los ensayos es determinar la capacidad de carga de elementos de mampostería multiperforada bajo condiciones de carga lateral, condición que se espera presentar en casos reales; la construcción de los muros se ajustaron en la medida de lo posible a las características de una estructura real.

La elaboración de los muros abarca los siguientes pasos:

II.2.1 CONSTRUCCIÓN DE LA DALA DE DESPLANTE

La construcción de la dala de desplante se llevará a cabo de acuerdo a las características comunes de un muro de mampostería.

Inicialmente se construyo el armado de la trabe utilizando para ello los siguientes materiales:

- Varillas del número 3 grado 42.
- Alambren del número 2.5
- Alambre recocido del número 18.

El armado de la dala de desplante se efectuó realizando cortes de varillas para el acero de refuerzo en el sentido longitudinal del muro y cortes de alambren para la elaboración de estribos que se colocarán perpendicularmente a las varillas, el alambre recocido fue utilizado para efectuar el amarre de las varillas con los estribos.

Una vez que se tuvo el armado completo de la trabe, se colocó éste en el perfil de acero instalado previamente en el marco de carga. En los muros que contaban con huecos para castillos en sus extremos fue colocada una varilla número 4 grado 42 en estos, como se indica en la figura II.2.1a.

El proporcionamiento de los materiales que se utilizaron en la elaboración del concreto para el colado de la dala fue con una relación 1:3:4, proporción con la que se logra una resistencia de 180 kg/cm² a los 28 días. Cabe destacar que el diseño de mezclas por el criterio de peso y volumen manejados en proporción es un método convencional en campo.

Las cantidades de materiales utilizados para el colado de la dala considerando el proporcionamiento antes mencionado fueron los siguientes,

- Arena 30 kg
- Grava. 40 kg (TMA 3/4 pulg.)
- Cemento 40 kg
- Agua 30.6 litros
- Aditivo (festermix) 800 ml

La dosificación de los materiales para la elaboración del concreto se realizo manualmente, y se colocó en el sitio con bote. Simultáneamente a la colocación del concreto, se elaboraron cilindros para llevar el control de calidad (los resultados de las pruebas se muestran en el capítulo de preliminares).



Figura II.2.1a. Esquema de la dala de desplante

II.2.2 PEGADO DE TABIQUE

Para facilitar el pegado de tabique se colocó una duela previamente graduada (con espaciamientos iguales al espesor del tabique más el espesor del mortero) en cada extremo del muro, obteniéndose la verticalidad de éstas con la ayuda de una plomada (fig. II.2.2a). La razón por la cual se colocaron las duelas fue para garantizar el alineamiento de las hiladas de tabique. Además se utilizó una plomada para ir verificando la verticalidad del muro durante su elaboración.

Posteriormente se partieron tabiques por mitad necesarios para obtener una configuración como la mostrada en la figura II.2.2.b

Las piezas de tabique fueron saturadas en agua antes de su colocación para evitar que alteraran sustancialmente la relación de los materiales y en consecuencia la resistencia del mortero al darse el fenómeno de absorción. Los tabiques fueron pegados con cemento portland tipo I, arena cribada con la malla número 4, aditivo acelerante (festermix) y la cantidad de agua fue la necesaria para obtener una pasta manejable, pero teniendo precauciones necesarias para no alterar significativamente la resistencia del mortero. El proporcionamiento de los materiales para la elaboración del mortero fue el mismo al utilizado en la construcción de las pilas y muretes (ver Cap. I)



Fig.II.2.2a. En esta figura se muestran los dispositivos auxiliares a la construcción de los muros



Fig.II.2.2b. Configuración del muro una vez concluida la actividad de pegado de tabique

II.2.3 CONSTRUCCIÓN DE LA DALA DE CERRAMIENTO

Una vez concluido el pegado de tabique y después de alcanzar su resistencia esperada se coló la dala de cerramiento (mismo armado que la dala de desplante) y sobre ella estando el concreto aún fresco, se colocó un perfil de acero tipo "I" provisto de conectores de cortante para transmitir uniformemente la carga en la dirección de la aplicación y evitar así la concentración de esfuerzos en el punto de aplicación de la carga en el momento de efectuar la prueba bajo carga lateral.

La elaboración de la trabe superior se consiguió siguiendo el mismo procedimiento constructivo y tomando el mismo proporcionamiento que se empleó en la construcción de la dala de cimentación.

Las características de cada uno de los muros, en cuanto a propiedades geométricas y detalles de armado se muestran en las figuras II.2.3a. y II.2.3b. respectivamente

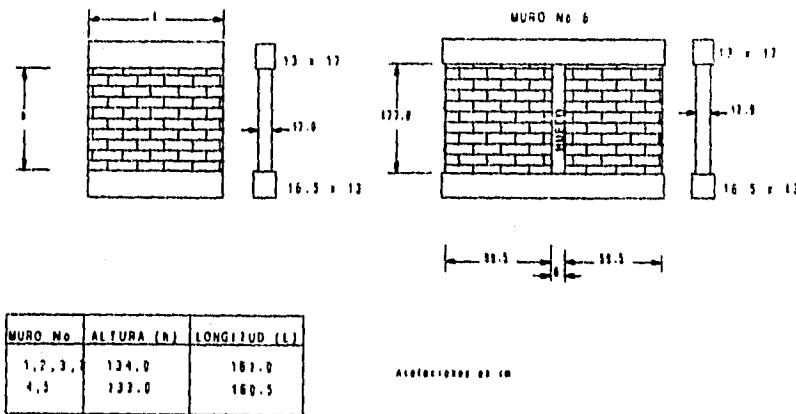


Fig.II.2.3a. Características geométricas de los modelos ensayados.

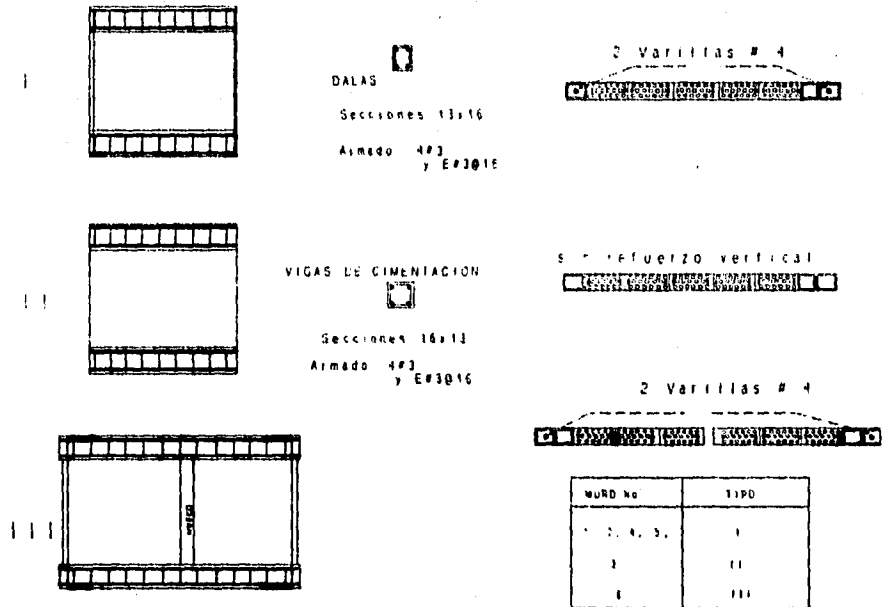


Fig II.2.3b. Detalles de refuerzo de los especímenes.

II.3 INSTRUMENTACION

Concluido la construcción de los muros y después de que éstos alcanzaron su resistencia a los 28 días se realizó su instrumentación para posteriormente ser ensayados.

Antes de continuar cabe aclarar que el proceso de instrumentación comprende no solo los dispositivos colocados para registrar el comportamiento del muro en términos de deformación y capacidad de carga; si no también comprende la colocación de dispositivos cuya función es generar en el muro ciertas condiciones de apoyo, con ciertas variables en cada uno de ellos, las cuales mencionaremos en el capítulo de ensaye.

Los muros fueron instrumentados en función de los alcances que se pretendían lograr en esta serie de pruebas, por lo que fue necesario construir dos ménsulas de madera, una en cada lado del marco, mismas que sirvieron para la colocación de los actuadores logrando así mantener en posición la trayectoria de la aplicación de la carga. Debido a que el marco de carga es de sección "I" no hubo ningún problema para alojar y fijar la base que conformaba la ménsula. Dichas ménsulas sirvieron para todos los muros ensayados.

Considerando que la disposición de los marcos de carga donde se llevaron a cabo las pruebas no era la que nosotros requeríamos, fue necesario elaborar previo a las pruebas dos perfiles de acero que se colocaron en cada extremo del marco con el objetivo de dar un apoyo fijo y rígido a los actuadores.

En algunos muros se colocaron tirantes para evitar la posibilidad de movimientos verticales y para anular en la medida de lo posible la aparición de grietas formadas por esfuerzos normales propiciados por momentos fleccionantes, como se muestra en la figura II.2 .4a.

También se colocaron rodillos en la parte superior del muro con objeto de impedir desplazamientos verticales y permitir el desplazamiento horizontal, e inducir de esta manera una falla por cortante durante el ensaye.

Para el registro del comportamiento cronológico de los muros fue necesario la colocación de dos canales de aluminio que atravesaban diagonalmente al muro en las caras anterior y

posterior, en los cuales se ancló un manómetro con precisión de .001 mm con objeto de registrar las distorsiones a medida que se incrementaba la carga.

La aplicación de la carga se logró mediante dos actuadores con capacidad de 30 toneladas cada uno, colocados en cada extremo de los muros apoyados en cada ménsula con el fin de poder aplicar cargas alternadamente y así poder registrar y definir un comportamiento histerético, (ver figura II.3.a.).

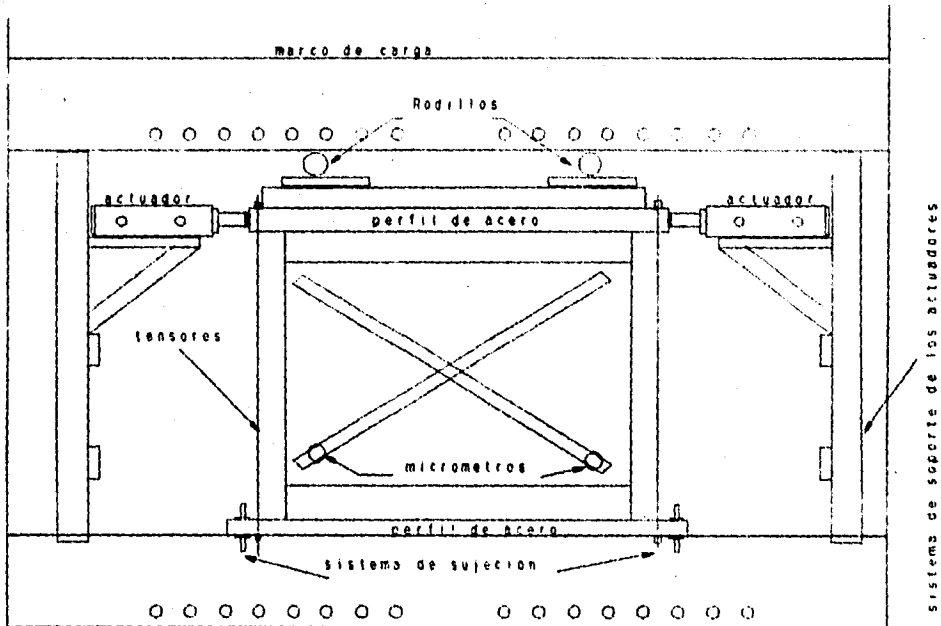


Fig II.3.a. Esquema del muro totalmente instrumentado.

CAPITULO III

ENSAYE BAJO CARGA LATERAL

El presente capítulo trata del desarrollo de los ensayos de cada uno de los muros bajo la acción de carga lateral.

La prueba de muros de mampostería bajo la acción de carga lateral es utilizada fundamentalmente para estimar la capacidad de carga ante fuerza cortante y adicionalmente para evaluar su comportamiento, es por ello que se realizaron una serie de pruebas bajo estas condiciones de carga.

III.1. MURO No. 1

CARACTERISTICAS.

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Ancho | 161.00 Cm. |
| Altura | 134.00 Cm. |
| Espesor | 12.00 Cm. |
| Con castillos. | |
| Sin rodillos en la parte superior. | |
| Carga lateral máxima | 6 800.00 kg. |
| Resistencia promedio mortero f^*b | 115.00 kg / cm ² . |
| Resistencia promedio concreto f^*c | 172.60 kg / cm ² . |

III. ENSAYE BAJO CARGA LATERAL

La prueba de carga lateral se inició aplicando el primer ciclo de carga correspondiente a los siete primeros niveles de lectura registrada directamente en los manómetros de los actuadores con valores de 300 kg para cada nivel.

Los ciclos de carga contemplan la aplicación alternada de cargas de derecha a izquierda con incrementos controlados con objeto de ir generando y registrando un comportamiento histerético del elemento.

Concluido el primer ciclo de carga, es decir, una vez cargado y descargado el elemento en una dirección; se carga el muro en la otra dirección incrementando los niveles hasta alcanzar niveles superiores a los iniciales, en este segundo ciclo de carga se presentaron las primeras grietas por tensión debidas a momento flexionante generado en la base de apoyo del muro, por falta de un apoyo en la parte superior, que impidiera el desplazamiento vertical. figura III.1a.

Al término del segundo ciclo de carga se suspendió parcialmente el ensaye para colocar dispositivos que impidiera el desplazamiento vertical, con la finalidad de inducir una falla por cortante. El tercer ciclo incremento la carga hasta el nivel veinte, en donde las grietas se concentraron en lugares específicos del elemento presentando los primeros indicios de una falla por aplastamiento y no por tensión diagonal como se esperaba.

El último ciclo de carga alcanzó el nivel 23, en el cual se presento una falla de aplastamiento por flexión, por lo que se decidió suspender el ensaye. Figura III.1b.

Se emplearon dispositivos para evitar el desplazamiento vertical, estos fueron apoyos de madera colocados en la parte superior del muro, pero estos dispositivos no solo impidieron el desplazamiento vertical sino también restringieron el desplazamiento horizontal ya que éstos no tuvieron facilidad para permitir el deslizamiento debido a su geometría y a su rugosidad, ante estos imprevistos en la instrumentación no fue posible inducir la falla por tensión diagonal presentándose otro tipo de comportamiento quedando fuera del alcance de este trabajo.

A partir de las lecturas registradas en este ensaye bajo carga lateral se procedió a determinar las distorsiones correspondientes a cada nivel de carga, dividiendo la deformación alcanzada para cada nivel de carga sucesiva entre la suma de las distancias diagonales del elemento.

Por facilidad en el manejo de la información obtenida se elaboró una tabla de resultados conteniendo la información necesaria de la que se auxiliará para generar la gráfica histerética de la prueba.

La construcción de la gráfica histerética se logró graficando carga contra distorsión en el eje vertical y horizontal respectivamente

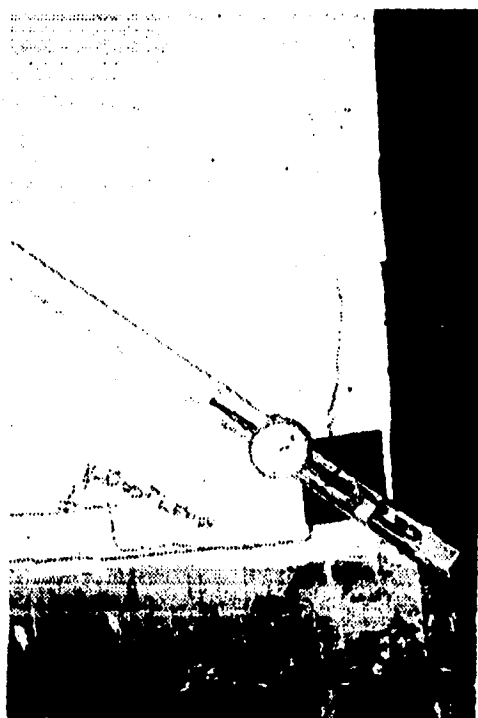


Figura III.1a. Grietas originadas por momento flexionante.

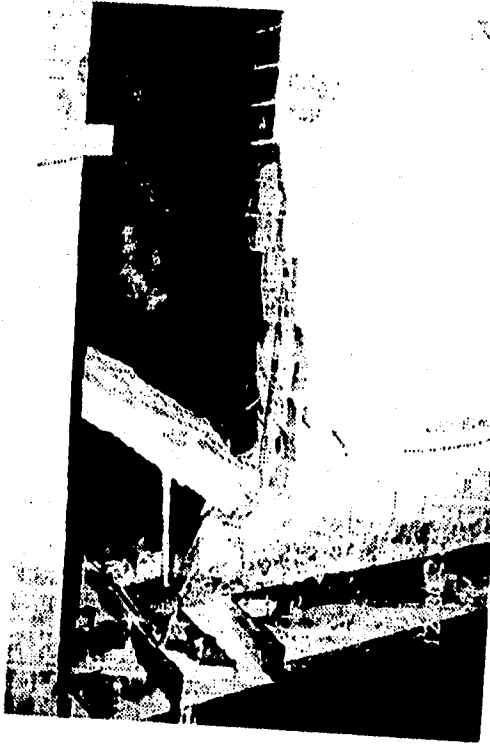


Figura III.1b. Zona de falla por aplastamiento

TABLA DE RESULTADOS DEL MURO No.III.1

| N.C | Carga (Kg) | Módulo No.1 | | Módulo No.2 | | ΣΔ → (mm) | Σdesviación δ → (mm) | ΣΔ ← (mm) | Σdesviación δ ← (mm) | γ=δ/L → 10 ³ mm/mm | γ=δ/L ← 10 ³ mm/mm |
|-----|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|--|--|
| | | → (mm) | ← (mm) | → (mm) | ← (mm) | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.0 | 25.00 | 24.89 | 17.00 | 16.83 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.05 | 0.000 | 1.319 |
| 3 | 900.0 | 24.95 | 24.88 | 16.88 | 16.83 | 0.17 | 0.17 | 0.01 | 0.06 | 4.480 | 1.580 |
| 5 | 1500.0 | 24.92 | 24.85 | 16.91 | 16.83 | 0.06 | 0.23 | 0.03 | 0.09 | 6.070 | 2.370 |
| 7 | 2100.0 | 24.93 | 24.84 | 16.82 | 16.86 | 0.10 | 0.33 | 0.04 | 0.13 | 8.707 | 3.560 |
| 0 | 0.0 | 24.89 | 24.89 | 16.83 | 16.83 | 0.28 | 0.28 | 1.27 | 1.27 | 7.320 | 33.500 |
| 10 | 3000.0 | 24.74 | 24.89 | 16.43 | 16.91 | 0.35 | 0.63 | 1.54 | 2.81 | 16.700 | 74.140 |
| 11 | 3300.0 | 24.77 | 24.89 | 16.26 | 16.93 | 0.20 | 0.83 | 0.02 | 2.83 | 22.000 | 74.670 |
| 14 | 4200.0 | 24.06 | | 17.05 | | 1.50 | 2.33 | | | 61.500 | |
| 0 | 0.0 | 24.27 | 24.42 | 15.99 | 16.54 | 0.86 | 0.86 | 1.20 | 1.20 | 22.700 | 31.600 |
| 10 | 3000.0 | 24.38 | 24.38 | 15.91 | 17.09 | 0.67 | 1.53 | 0.52 | 1.72 | 40.370 | 45.400 |
| 15 | 4500.0 | 24.51 | 24.22 | 16.16 | 17.07 | 0.38 | 1.91 | 0.18 | 1.90 | 50.400 | 50.100 |
| 20 | 6000.0 | | 24.89 | | 17.14 | | | 0.14 | 2.04 | | 53.800 |
| 0 | 0.0 | 24.05 | | 16.90 | | | | | | | |
| 20 | 6000.0 | 24.56 | | 14.99 | | | | | | | |
| 18 | 5400.0 | | | 8.80 | | | | | | | |
| 23 | 6900.0 | | | | | | | | | | |

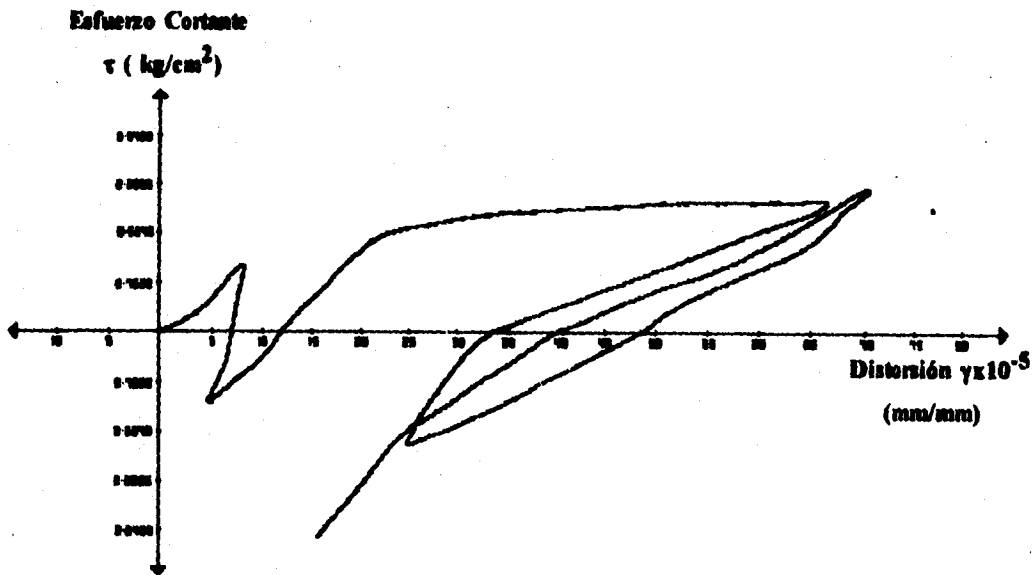
DONDE:

γ Es la distorsión

L Es la suma de las distancias diagonales del elemento.

L=3790 mm.

GRAFICA HISTERETICA.MURO No.1



III.2 MURO No. 2**CARACTERISTICAS**

| | |
|--|------------------------------------|
| Altura | 134.00 Cm. |
| Ancho | 161.00 Cm. |
| Espesor | 12.00 Cm. |
| Con castillos | |
| Con rodillos en la parte superior. | |
| Carga lateral máxima | 12 600.00 kg. |
| Resistencia promedio mortero f^mb | 115.00 kg / cm². |
| Resistencia promedio concreto f^c | 172.60 kg / cm². |

A raíz de la experiencia que se tuvo en la primera prueba se pensó en la colocación de dispositivos mas eficientes que garantizaran el impedimento de desplazamientos verticales y al mismo tiempo permitieran el desplazamiento horizontal. Es por ello que se colocaron dos apoyos de rodillos en la parte superior del muro con objeto de cumplir las condiciones antes mencionadas y así poder inducir una falla por tensión diagonal originada por cortante; figura III.2a. La colocación de estos dispositivos ayudo en gran medida a eliminar la tensión causada por momentos flexionantes.

El primer ciclo de carga para este ensaye se llevó hasta el nivel ocho equivalente a una carga de 2400 kg, sin que el elemento presentará problemas de agrietamiento en ambas caras. Para el segundo ciclo de cargas se presentaron algunas pequeñas grietas por esfuerzos normales cerca del apoyo de la instrumentación del elemento y de la dala de desplante, a partir del nivel 15 hasta el nivel 20.

A medida que se iba incrementando los niveles de carga las grietas antes mencionada se hacían cada vez más evidentes alcanzando aproximadamente una abertura de 3 cm de ancho

III. ENSAYE BAJO CARGA LATERAL

cuando el nivel de carga revasaba los 7 500 kg, figura III.2b.

La falla del elemento por tensión diagonal propiciada por cortante se presento cuando la carga alcanzó el nivel 42 equivalente a una fuerza de 12600 kg. De acuerdo al tipo de falla obtenida se deduce que el comportamiento del elemento fue adecuado gracias a la colocación de los rodillos en la parte superior del muro, Figura III.2c.

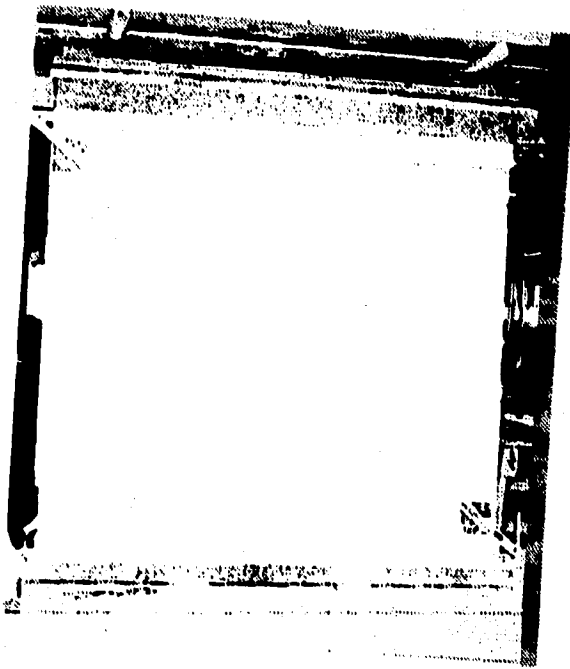


Figura III.1a. Colocación de rodillos en la parte superior del muro.

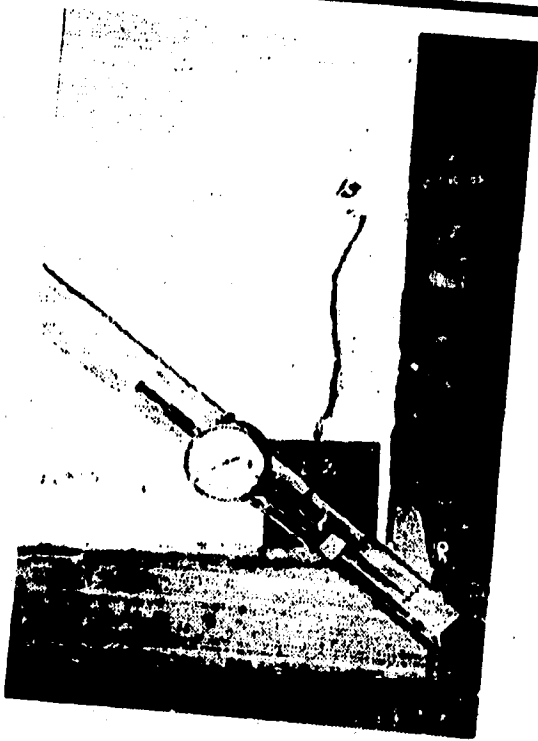


Figura III.2b. Grieta propiciada por momento flexionante.

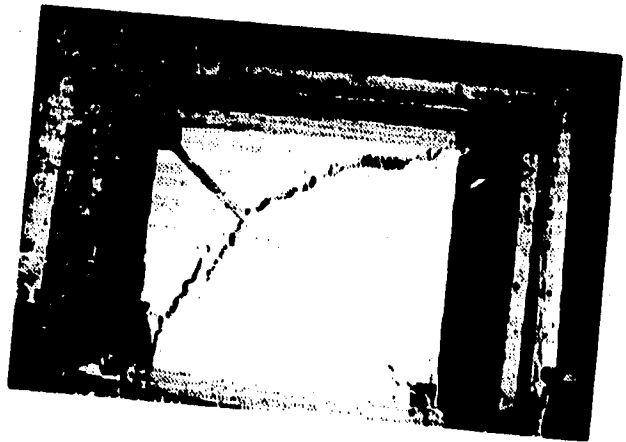


Figura III.2.c. Falla por tensión diagonal

III. ENSAYE BAJO CARGA LATERAL

TABLA DE RESULTADOS DEL MURO No. 2

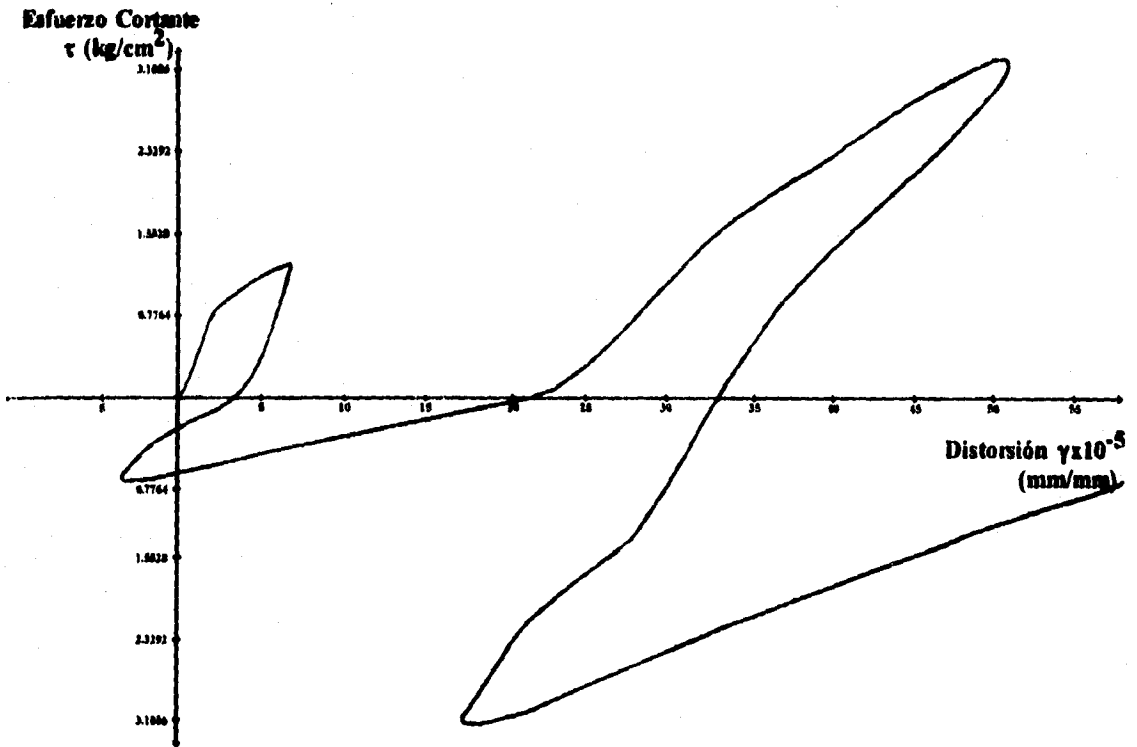
| N.C | Carga (kg) | Micrómetro No.1 | | Micrómetro No.2 | | $\Sigma\Delta$ → (mm) | Σ escuadrado δ → (mm) | $\Sigma\Delta$ ← (mm) | Σ escuadrado δ ← (mm) | γ - δ/L → 10^3 mm/mm | γ - δ/L ← 10^3 mm/mm |
|-----|---------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|---|---|
| | | → (mm) | ← (mm) | → (mm) | ← (mm) | | | | | | |
| 0 | 0.0 | 8.00 | 25.00 | 7.99 | 25.05 | 0.000 | 0.000 | 0.11 | 0.110 | 0.0000 | 2.8947 |
| 3 | 900.0 | 7.95 | 25.00 | 8.19 | 25.05 | 0.050 | 0.050 | 0.20 | 0.310 | 1.3158 | 8.1579 |
| 5 | 1500.0 | 7.96 | 25.01 | 8.27 | 25.05 | 0.020 | 0.070 | 0.08 | 0.390 | 1.8421 | 10.263 |
| 8 | 2400.0 | 8.00 | 25.15 | 8.35 | 25.05 | 0.180 | 0.250 | 0.08 | 0.470 | 6.5789 | 12.368 |
| 0 | 0.0 | 7.99 | 25.05 | 7.99 | 25.69 | 1.000 | 1.000 | 0.27 | 0.270 | 26.316 | 7.1052 |
| 10 | 3000.0 | 8.08 | 25.37 | 8.25 | 25.70 | 0.410 | 1.410 | 0.44 | 0.710 | 37.105 | 18.684 |
| 15 | 4500.0 | 8.13 | 25.60 | 8.31 | 25.69 | 0.280 | 1.690 | 0.07 | 0.780 | 44.474 | 20.526 |
| 20 | 6000.0 | 8.24 | 25.90 | 8.36 | 25.62 | 0.410 | 2.100 | 0.12 | 0.900 | 59.263 | 23.684 |
| 0 | 0.0 | 7.99 | 25.88 | 7.33 | 26.99 | 2.400 | 2.400 | 1.37 | 1.370 | 63.158 | 36.052 |
| 25 | 7500.0 | 7.66 | 27.48 | 8.41 | 23.98 | 0.820 | 3.220 | 0.61 | 1.980 | 84.737 | 52.105 |
| 30 | 9000.0 | 7.66 | 27.57 | 9.06 | | 0.090 | 3.310 | 0.65 | 2.630 | 87.105 | 69.210 |
| 35 | 10500.0 | 7.65 | 27.65 | | | 0.090 | 3.400 | | | 89.474 | |
| 0 | 0.0 | 9.02 | | | | | | | | | |
| 35 | 10500.0 | | | | | | | | | | |
| 40 | 12000.0 | | | | | | | | | | |
| 43 | 12900.0 | | | | | | | | | | |

γ Es la distorsión

L Es la suma de las distancias diagonales del elemento

L = 3800 mm.

GRAFICA HISTERETICA MURO No.2



III.3. MURO No. 3

CARACTERÍSTICAS

| | |
|---|-------------------------------|
| Altura | 134.00 Cm. |
| Ancho | 161.00 Cm. |
| Espesor | 12.00 Cm. |
| Sin castillos | |
| Con rodillos en la parte superior | |
| Carga lateral máxima | 14 400.00 kg. |
| Resistencia promedio mortero f^*b | 226.53 kg / cm ² . |
| Resistencia promedio del concreto f^c | 207.10 kg / cm ² . |
| Con tirantes colocados en los extremos. | |

Este muro a diferencia de los dos anteriores se colocaron tirantes en cada extremo para eliminar los efectos de tensión en la base del muro causados por momentos flexionantes. A los tirantes colocados se les proporcionó un cierto esfuerzo inicial de tensión de tal forma que en el momento del ensaye trabajara sin la aparición de grietas por flexión.

La prueba se inició en el primer ciclo con un incremento de 900 kg, llegando hasta el nivel nueve equivalente a una carga de 2700kg. En el segundo ciclo se inicio con un incremento de 3600 kg y se alcanzo un nivel de carga de 5400 kg. En el siguiente ciclo de carga se aplicaron 8100 kg. Para el nivel de carga 39 (11700 kg) el elemento se mantenía sin grieta alguna, logrando apreciar hasta este nivel un comportamiento bastante elástico del muro, esto posiblemente se debió a la presencia de los tirantes.

Posteriormente el muro se cargo en una sola dirección hasta llevarlo a la falla, alcanzando una capacidad de 14400 kg. Cabe hacer notar que antes de que el elemento fallara por tensión diagonal presento una ligera distorsión en cuanto a desplazamientos. El muro tuvo una falla

frágil, como era de esperarse, debido a la ausencia de castillos que le dieran la ductilidad deseable. El comportamiento se generó como el muro anterior solo que en la falla no existió recuperación parcial en la otra dirección. En las figuras III.3a y III.3b se presentan la configuración del elemento agrietado y los seguros de cortante, respectivamente, donde es posible observar la disposición del mortero, creando los seguros de cortante que obligan precisamente la falla por tensión diagonal.



Figura III.3a. Grieta generada por fuerza cortante.

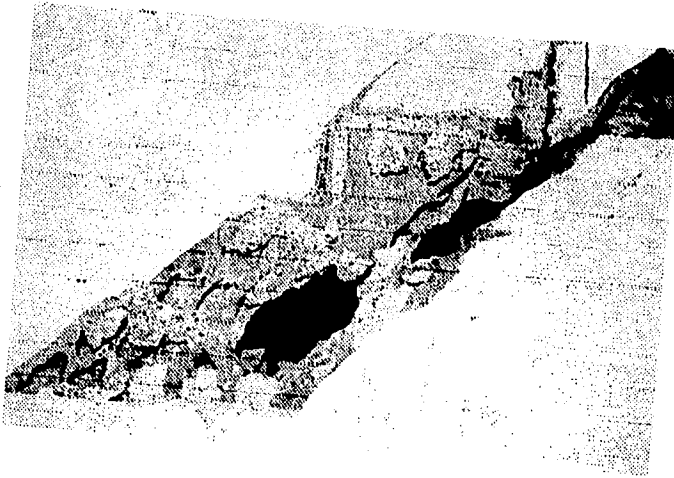


Figura III.3b. Seguros de cortante que obligan la falla por tensión diagonal.

III ENSAYE BAJO CARGA LATERAL

TABLA DE RESULTADOS DEL MURO No. III.3

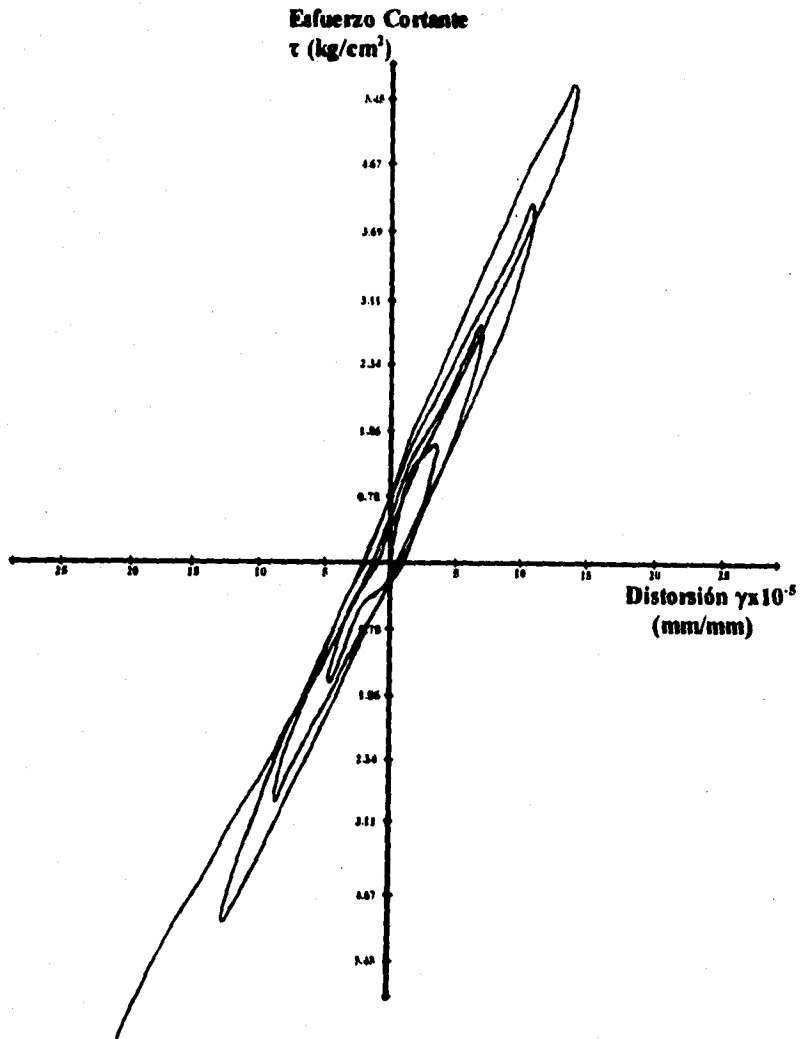
| Carga (kg) | Desplazamiento (mm) | Mediciones No. 1 | | Mediciones No. 2 | | EA (mm) | Σ distancias (mm) | EA (mm) | Σ distancias (mm) | d _{10°} (mm) | d _{45°} (mm) |
|------------|---------------------|------------------|--------|------------------|--------|------------|----------------------|------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | → | ← | → | ← | | | | | | |
| 0 | 0.0 | 25.000 | 25.010 | 29.000 | 28.970 | 0.000 | 0.000 | 0.090 | 0.090 | 0.000 | 2.387 |
| 3 | 900.0 | 25.015 | 24.950 | 29.000 | 29.020 | 0.015 | 0.015 | 0.110 | 0.200 | 0.397 | 5.305 |
| 6 | 1800.0 | 25.020 | 24.920 | 28.950 | 29.040 | 0.550 | 0.070 | 0.050 | 0.250 | 1.856 | 6.630 |
| 9 | 2700.0 | 25.020 | 24.880 | 28.890 | 29.030 | 0.600 | 0.130 | 0.050 | 0.300 | 3.448 | 7.957 |
| 0 | 0.0 | 25.010 | 24.970 | 28.970 | 29.020 | 0.120 | 0.120 | 0.220 | 0.220 | 3.183 | 5.835 |
| 12 | 3600.0 | 25.110 | 24.850 | 28.950 | 29.060 | 0.210 | 0.330 | 0.240 | 0.440 | 3.750 | 12.200 |
| 15 | 4500.0 | 25.155 | 24.830 | 28.950 | 29.100 | 0.045 | 0.375 | 0.060 | 0.520 | 9.940 | 13.790 |
| 18 | 5400.0 | 25.200 | 24.820 | 28.950 | 29.140 | 0.045 | 0.420 | 0.050 | 0.570 | 11.140 | 15.190 |
| 0 | 0.0 | 25.000 | 24.940 | 28.970 | 29.010 | 0.250 | 0.250 | 0.410 | 0.410 | 6.630 | 10.870 |
| 21 | 6300.0 | 25.250 | 24.890 | 28.950 | 29.190 | 0.370 | 0.620 | 0.290 | 0.700 | 16.440 | 18.568 |
| 24 | 7200.0 | 25.285 | 24.890 | 28.945 | 29.240 | 0.040 | 0.660 | 0.050 | 0.750 | 17.510 | 19.894 |
| 27 | 8100.0 | 25.320 | 24.890 | 28.920 | 29.310 | 0.060 | 0.720 | 0.070 | 0.820 | 19.080 | 21.751 |
| 0 | 0.0 | 24.970 | 24.990 | 28.980 | 29.020 | 0.390 | 0.390 | 0.550 | 0.550 | 10.345 | 14.590 |
| 30 | 9000.0 | 25.330 | 24.820 | 28.900 | 29.430 | 0.480 | 0.870 | 0.620 | 1.170 | 23.076 | 31.034 |
| 33 | 9900.0 | 25.390 | 24.820 | 28.870 | 29.490 | 0.070 | 0.940 | 0.060 | 1.230 | 24.930 | 32.626 |
| 36 | 10800.0 | 25.420 | 24.810 | 28.860 | 29.560 | 0.040 | 0.980 | 0.800 | 1.310 | 24.950 | 34.750 |
| 0 | 0.0 | 24.970 | 24.93 | 28.960 | 29.010 | 0.670 | | | | | |
| 39 | 11700.0 | | | | | | | | | | |
| 41 | 12300.0 | | | | | | | | | | |
| 44 | 13200.0 | | | | | | | | | | |
| 48 | 14400.0 | | | | | | | | | | |

γ Es la distorsión

L Es la suma de las distancias diagonales del elemento

L = 3770 mm.

GRAFICA HISTERETICA MURO No.3



III.4 MURO No. 4

CARACTERÍSTICAS

| | |
|---|-------------------------------|
| Altura | 133.00 Cm. |
| Ancho | 160.50 Cm. |
| Espesor | 12.00 Cm. |
| Sin castillos | |
| Con rodillos en la parte superior | |
| Carga lateral máxima | 7 800.00 kg. |
| Resistencia promedio mortero f^m_b | 226.53 kg / cm ² . |
| Resistencia promedio concreto f^c | 207.10 kg / cm ² . |
| Con tirantes colocados en los extremos. | |

El ensaye de este muro ante carga lateral se inició con un incremento de carga de 300 kg hasta llegar a 2700 kg con incrementos sucesivos de 300 kg aplicados en forma alterna de derecha a izquierda.

En el siguiente ciclo de carga se dió un incremento inicial de 3600 kg hasta llegar al nivel 18 correspondiente a la aplicación de 5400 kg, adoptando el elemento un comportamiento favorable hasta este nivel de carga. En el tercer y último ciclo de carga se alcanzo la falla del muro en el nivel 26 de carga lateral, mismo que equivale a una fuerza aplicada de 7800 kg.

Los incrementos de deformación obtenidos en durante el desarrollo de la prueba muestran un comportamiento del muro más o menos regular, es decir, el muro hasta antes de la falla presento poca disipación de energía teniendo de esta manera un comportamiento elástico.

En el nivel de carga 6 equivalente a 1800 kg. del segundo ciclo apareció una grieta muy tenue típica de las ocasionadas por momento de volteo, sin embargo esto no pareció alterar la capacidad de carga del elemento; el muro siguió tomando carga adecuadamente en los siguientes ciclos hasta llegar a la falla. Con el fin de conocer la resistencia se cargó el muro en la dirección

opuesta alcanzando una capacidad de 6000 kg. En la figura III.4a se muestra la configuración agrietada del elemento en donde podemos observar la trayectoria de la falla por tensión diagonal propiciada por fuerza cortante.

La falta de penetración del mortero en las perforaciones de la mampostería disminuye considerablemente la capacidad de carga del elemento bajo la acción de fuerza cortante.

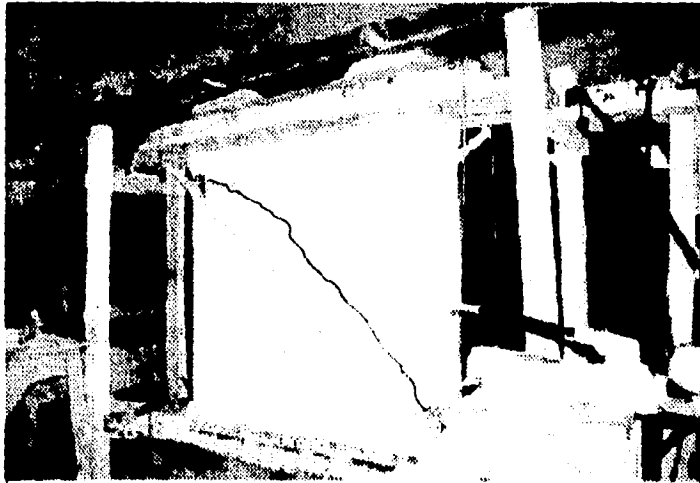


Figura III.4a. Falla del elemento por tensión diagonal

III. ENSAYE BAJO CARGA LATERAL

TABLA DE RESULTADOS DEL MURO No.III.4

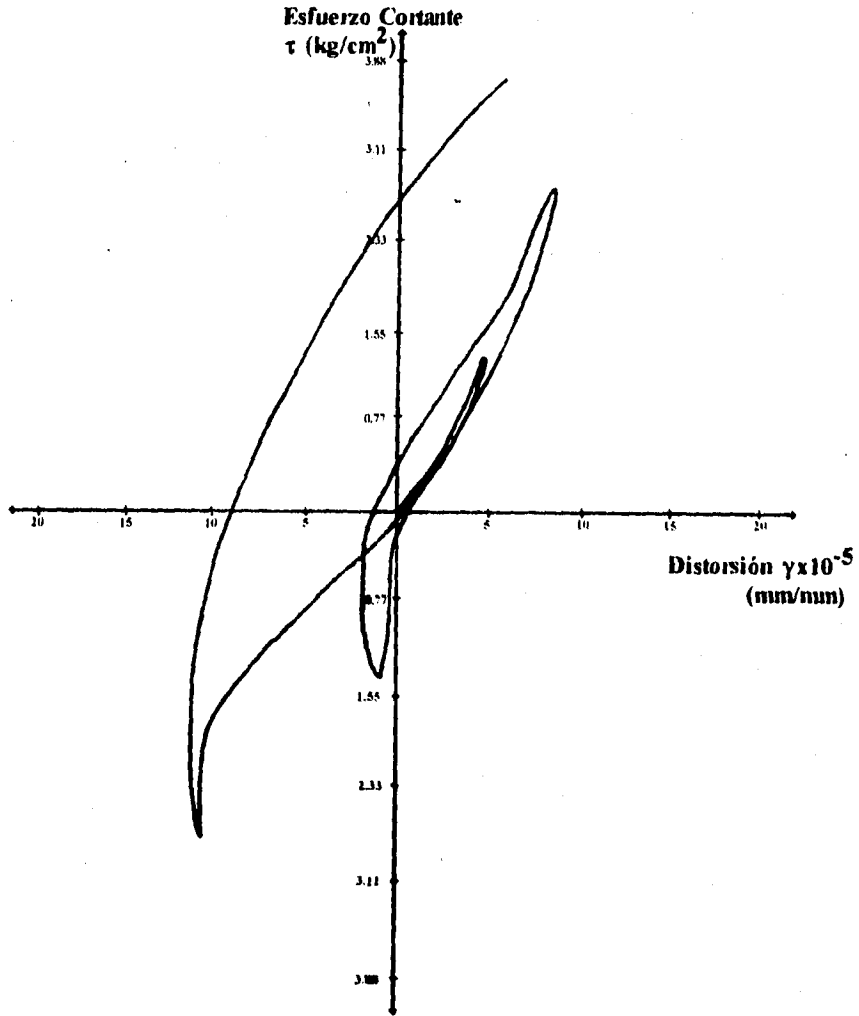
| N.C | Carga (kg) | Micrómetro No.1 | | Micrómetro No.2 | | ΣΔ → (mm) | Σacumulada δ → (mm) | ΣΔ ← (mm) | Σacumulada δ ← (mm) | γ-δ/L → 10' mm/mm | γ-δ/L ← 10' mm/mm |
|-----|---------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | → (mm) | ← (mm) | → (mm) | ← (mm) | | | | | | |
| 0 | 0.0 | 10.00 | 10.01 | 20.00 | 20.00 | 0.000 | 0.000 | 0.170 | 0.170 | 0.0000 | 4.4800 |
| 3 | 900.0 | 10.08 | 9.99 | 20.00 | 20.00 | 0.080 | 0.080 | 0.020 | 0.190 | 2.1100 | 5.0130 |
| 6 | 1800.0 | 10.12 | 9.99 | 20.01 | 20.00 | 0.050 | 0.130 | 0.000 | 0.190 | 3.4300 | 5.0130 |
| 9 | 2700.0 | 10.17 | 9.98 | 20.01 | 19.98 | 0.050 | 0.180 | 0.030 | 0.220 | 47.493 | 5.8050 |
| 0 | 0.0 | 10.01 | 9.98 | 20.00 | 19.99 | 0.010 | 0.010 | 0.320 | 0.320 | 2.6380 | 8.4400 |
| 12 | 3600.0 | 10.23 | 9.97 | 20.00 | 19.96 | 0.260 | 0.270 | 0.070 | 0.390 | 7.1200 | 10.300 |
| 15 | 4500.0 | 10.27 | 9.98 | 20.00 | 19.96 | 0.040 | 0.310 | 0.010 | 0.400 | 8.1800 | 10.550 |
| 18 | 5400.0 | 10.32 | 9.98 | 20.00 | 19.96 | 0.050 | 0.360 | 0.000 | 0.040 | 9.4990 | 10.550 |
| 0 | 0.0 | 10.02 | 10.01 | 19.98 | 19.98 | 0.050 | 0.050 | | | 1.3190 | |
| 21 | 6300.0 | 10.35 | | 20.09 | | 0.450 | 0.500 | | | 13.193 | |
| 24 | 7200.0 | 10.42 | | 20.14 | | 0.120 | 0.620 | | | 16.350 | |
| 26 | 7800.0 | | | | | | | | | | |
| 27 | 8100.0 | | | | | | | | | | |

γ Es la distorsión

L Es la suma de las distancias diagonales del elemento

L = 3790 mm.

GRAFICA HISTERETICA MURO No.4



III.5 MURO No.5

CARACTERISTICAS

| | |
|--|-------------------------------|
| Altura | 133.00 Cm. |
| Ancho | 160.50 Cm. |
| Espesor | 12.00 Cm. |
| Sin castillos | |
| Con rodillos en la parte superior | |
| Carga lateral máxima | 6 600.00 kg. |
| Resistencia promedio mortero f^*b | 226.53 kg / cm ² . |
| Resistencia promedio del concreto f^*c | 207.10 kg / cm ² . |
| Con tirantes colocados en los extremos. | |

Similar a las pruebas de los muros 3 y 4, en este se tiene una estructuración a base de castillos, trabes y dispositivos como son los rodillos con el fin de formar un diafragma rígido que pueda resistir fuerzas cortantes en forma eficiente. Por ello, es que esta prueba se realizó prácticamente en las mismas condiciones que los muros mencionados, alcanzando la falla del elemento en el nivel 22 de carga lateral que corresponde una fuerza de 6600 kg.

En la figura III.5a se observa el tipo de falla por fuerza cortante y así como el deslizamiento relativo entre mampuestos en la zona de juntéo ocasionado por la deficiente penetración del mortero en las perforaciones.

En la zona pegada al castillo cambia drásticamente la dirección del agrietamiento debido a que en esa zona la rigidez del castillo absorbe parte de la fuerza y a la vez direcciona el agrietamiento hacia la mampostería localizada en la parte inferior derecha del muro.

La falla del elemento ocurrió en un lapso de 2 a 5 seg. después de las primeras señales de agrietamiento.

La resistencia del muro en una dirección fue de 6600 kg, mientras que en la otra dirección la falla se presentó en el nivel 20 que corresponde a una capacidad de carga lateral de 6000 kg.

La simetría de la falla se aprecia en la figura III.5b, donde la trayectoria de la falla correspondiente a cada una de las direcciones de aplicación de carga se intersectan por arriba de la parte central del muro.

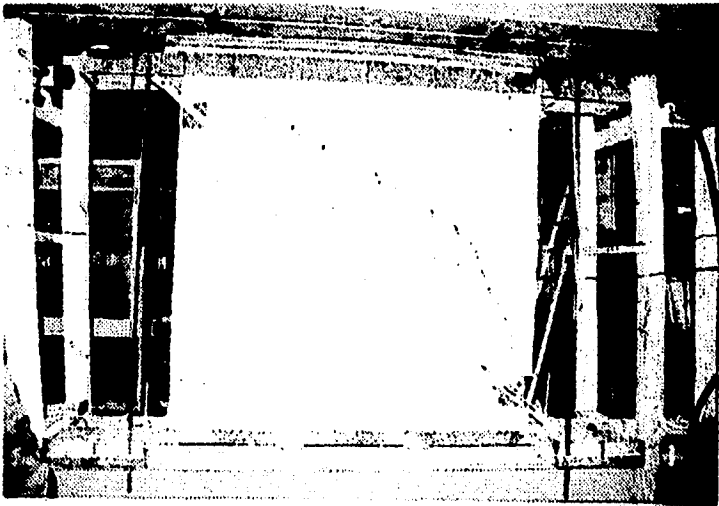


Figura III.5a. Trayectoria de la falla propiciada por fuerza cortante

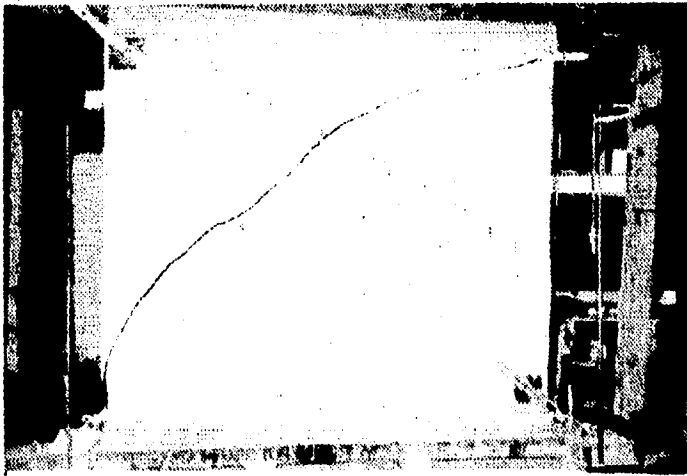


Figura III.5b. Configuración de la falla simétrica del elemento.

III. ENSAYE BAJO CARGA LATERAL

TABLA DE RESULTADOS DEL MURO No.III.5

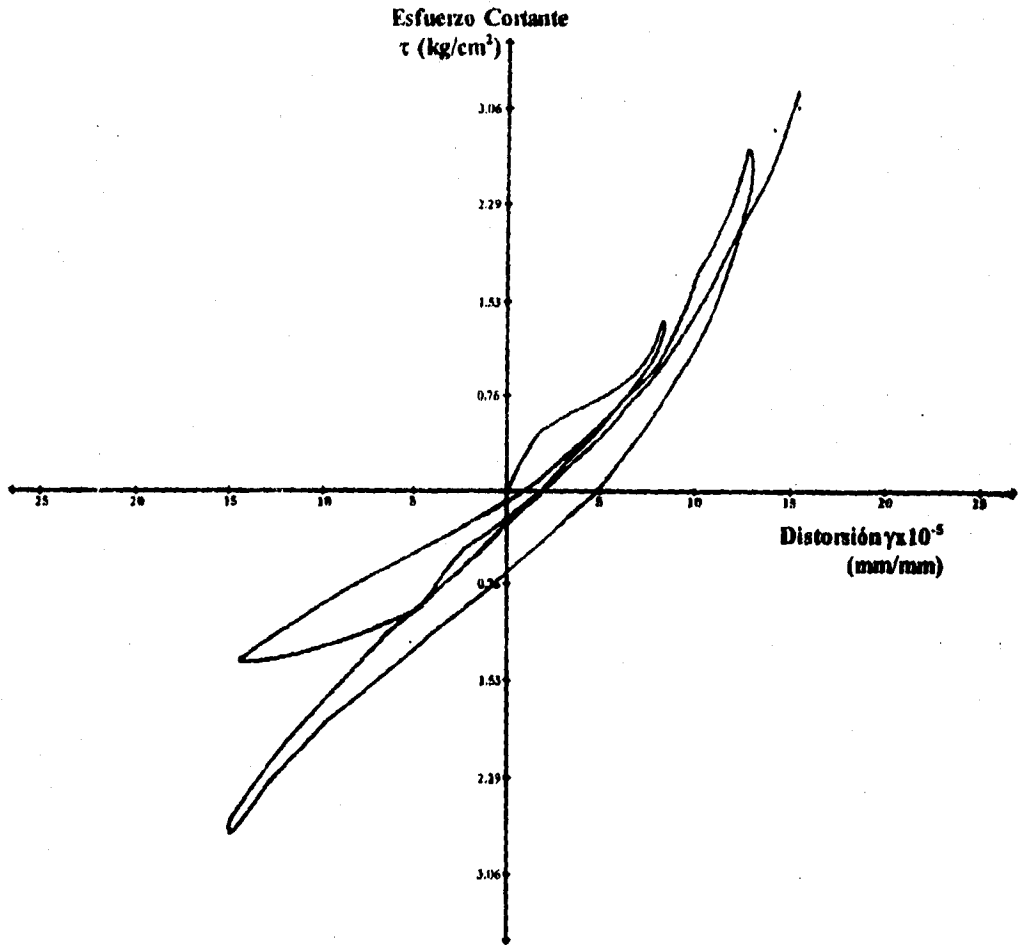
| N.C | Carga kg | Micrómetro No.1 | | Micrómetro No.2 | | $\Sigma \Delta$ → (mm) | Σ acumulado δ → (mm) | $\Sigma \Delta$ ← (mm) | Σ acumulado δ ← (mm) | γ - ΣL → 10^3 mm/mm | γ - ΣL ← 10^3 mm/mm |
|-----|-------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|------------------------------|---|------------------------------|---|---|---|
| | | → (mm) | ← (mm) | → (mm) | ← (mm) | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.0 | 24.00 | 23.97 | 21.00 | 20.96 | 0.000 | 0.000 | 0.250 | 0.250 | 0.000 | 6.570 |
| 3 | 900.0 | 23.94 | 24.00 | 21.00 | 21.09 | 0.060 | 0.060 | 0.16 | 0.410 | 1.570 | 10.770 |
| 6 | 1800.0 | 23.91 | 24.02 | 20.83 | 21.15 | 0.200 | 0.260 | 0.080 | 0.490 | 6.830 | 12.870 |
| 9 | 2700.0 | 23.89 | 24.05 | 20.79 | 21.50 | 0.060 | 0.320 | 0.380 | 0.870 | 8.410 | 22.860 |
| 0 | 0.0 | 23.97 | 23.96 | 20.96 | 21.00 | 0.590 | 0.590 | 0.300 | 0.300 | 15.500 | 7.880 |
| 12 | 3600.0 | 23.86 | 24.09 | 20.75 | 21.27 | 0.350 | 0.940 | 0.540 | 0.840 | 24.700 | 22.070 |
| 15 | 4500.0 | 23.86 | 24.13 | 20.69 | 21.34 | 0.060 | 1.000 | 0.110 | 0.950 | 26.280 | 24.960 |
| 18 | 5400.0 | 23.86 | 24.16 | 20.66 | 21.40 | 0.030 | 1.030 | 0.090 | 1.040 | 27.070 | 27.330 |
| 0 | 0.0 | 23.90 | 23.94 | 20.92 | 20.98 | 0.640 | 0.640 | | | 16.820 | |
| 21 | 6300.0 | 23.85 | | 20.57 | | 0.50 | 1.140 | | | 29.96 | |
| 22 | 6600.0 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

γ Es la distorsión

L Es la suma de las distancias diagonales del elemento

L = 3805 mm.

GRAFICA HISTERETICA MURO No.5



III.6 MURO No. 6

CARACTERISTICAS.

| | |
|---|-------------------------------|
| Altura | 133.00 Cm. |
| Ancho | 99.50 Cm. (Sencillo). |
| Espesor | 12.00 Cm. |
| Con castillos. | |
| Con rodillos en la parte superior. | |
| Carga lateral máxima. | 5 400.00 kg. |
| Resistencia promedio mortero f^*b | 212.00 kg / cm ² . |
| Resistencia promedio concreto f^c | 267.80 kg / cm ² . |
| Con tirantes colocados en cada extremo. | |

El motivo por el cual se decidió construir el muro No.6 fue para poder establecer la dependencia o independencia de comportamiento de muros sujetos a la misma línea de acción de carga.

La geometría del elemento demandaba una instrumentación más laboriosa que la de los demás elementos, ya que presentaba la necesidad de instrumentar por separado las secciones del muro; el problema no radicaba en si hacer la instrumentación de cada sección, sino más bien de no disponer con el material necesario (canales de aluminio) que reuniera las características de cada sección, por lo que se optó por realizar la instrumentación como si el elemento fuera continuo, figura III.6a.

El proceso de ensaye se efectuó al igual que el muro No.5, con incrementos iniciales de carga de 900 kg. hasta llegar a 2700 kg. misma que provocó la aparición de las primeras grietas en la parte superior de cada sección de muro. En el nivel 12 del segundo ciclo de carga aparecieron grietas por esfuerzos normales en la base del muro, lugar de momentos flexionantes

máximos, además las grietas que aparecieron en el nivel 9 siguieron propagándose siguiendo las juntas. En este mismo ciclo de carga se presentó la grieta de falla de una las secciones donde se encontraba el actuador alcanzando una capacidad de carga máxima de 5400 kg.; la grieta de falla se caracterizó principalmente por el deslizamiento presentado entre el mortero y los mampuestos (ver figura III. 6b).

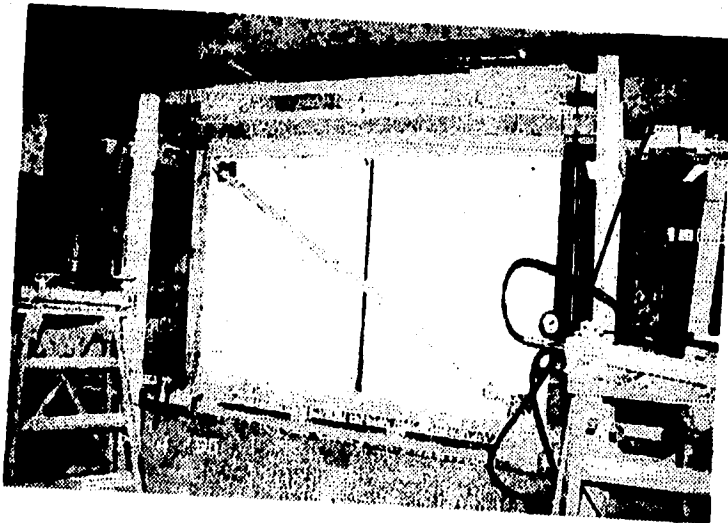


Figura III.6a. Instrumentación del elemento.

La falla se presentó aproximadamente en la zona donde no se empleó aditivo para acelerar la resistencia del mortero, por lo que podemos deducir que este tipo de falla se debió a este motivo y a la falta de rigidez en la parte superior de la zona central del muro, ya que se presentaron distorsiones en este lugar, figura III.6c.

Al invertir la dirección de la aplicación de la carga la sección que se encontraba junto al actuador alcanzó la misma carga que la de la otra sección, originando el aplastamiento del elemento adjunto en la grieta de falla al tratar de recuperar su posición original.

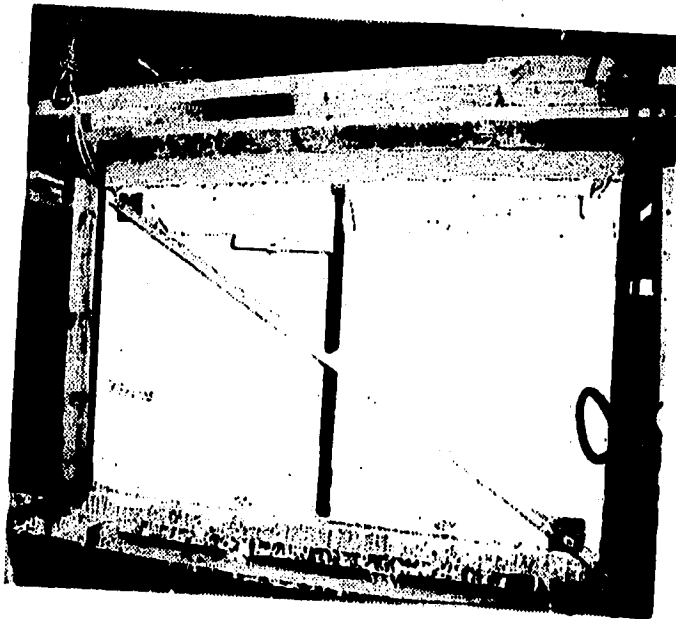


Figura III.6b. Falla del muro por deslizamiento entre mortero y mampuesto.

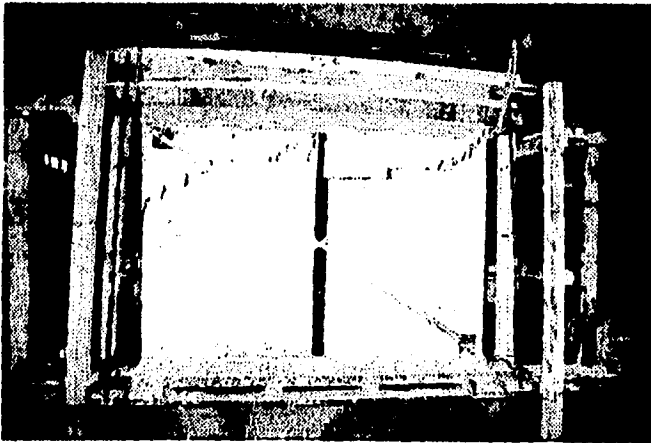


Figura III.6c. Flexión del muro en la zona central de la parte superior por falta de un apoyo de rodillo en esa zona.

TABLA DE RESULTADOS DEL MURO No.III.6

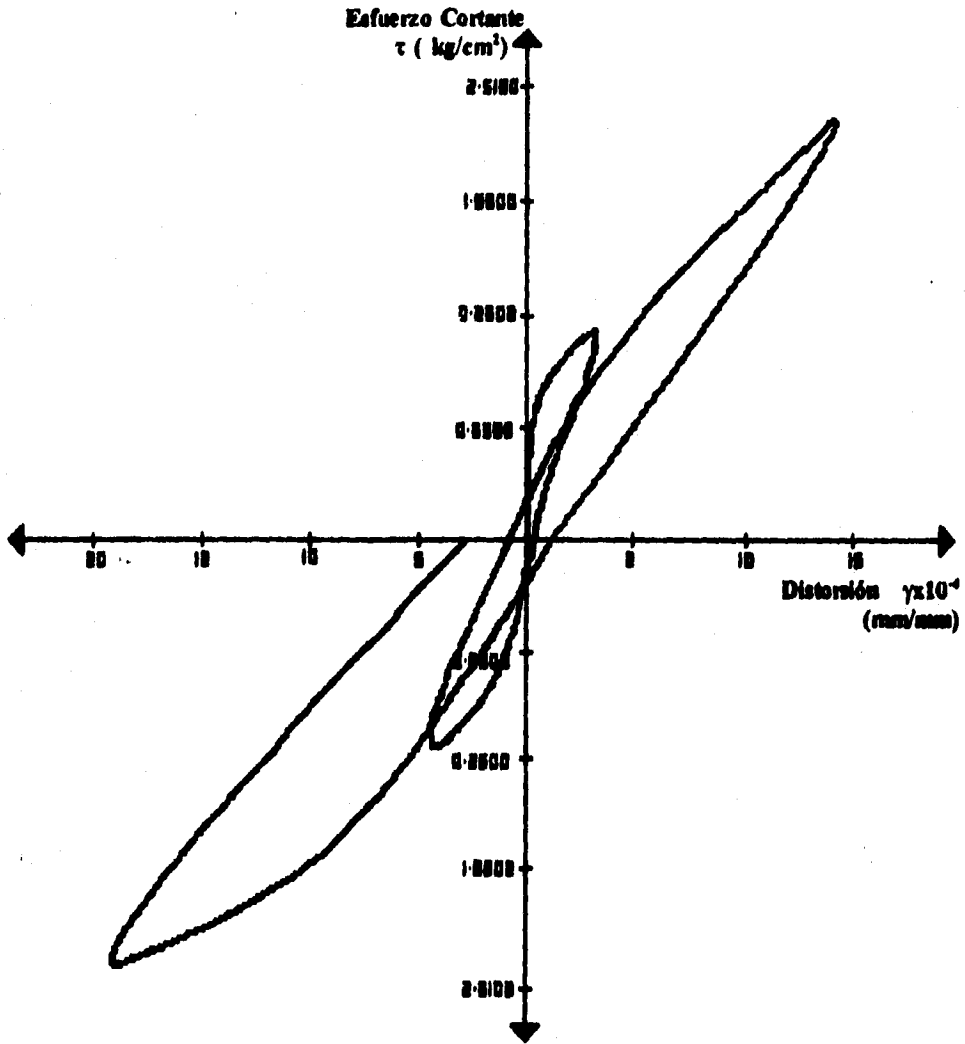
| N.C | Carga (kg) | Micrómetro No.1 | | Micrómetro No.2 | | $\Sigma\Delta$ → (mm) | Σ acumulado δ → (mm) | $\Sigma\Delta$ ← (mm) | Σ acumulado δ ← (mm) | γ - δ/L → 10^4 mm/mm | γ - δ/L ← 10^4 mm/mm |
|-----|---------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------------------|---|-----------------------------|---|---|---|
| | | → (mm) | ← (mm) | → (mm) | ← (mm) | | | | | | |
| 0 | 0.0 | 16.00 | 16.18 | 11.00 | 10.80 | 0.00 | 0.00 | 1.35 | 1.35 | 0.000 | 3.150 |
| 3 | 900.0 | 16.13 | 15.95 | 11.00 | 10.85 | 0.13 | 0.13 | 0.28 | 1.63 | 0.303 | 3.804 |
| 6 | 1800.0 | 16.24 | 15.70 | 11.01 | 11.14 | 0.12 | 0.25 | 0.54 | 2.17 | 0.580 | 5.064 |
| 9 | 2700.0 | 17.11 | 15.12 | 10.38 | 11.84 | 1.50 | 1.75 | 1.28 | 3.45 | 3.500 | 8.051 |
| 0 | 0.0 | 16.18 | 15.88 | 10.80 | 10.96 | 1.64 | 1.64 | 5.73 | 5.73 | 2.827 | 13.370 |
| 12 | 3600.0 | 17.99 | 14.21 | 9.33 | 12.52 | 3.74 | 5.38 | 4.11 | 9.84 | 12.550 | 22.960 |
| 15 | 4500.0 | 18.61 | 13.54 | 8.52 | 13.03 | 1.43 | 6.81 | 1.81 | 11.65 | 15.890 | 27.180 |
| 18 | 5400.0 | 19.22 | 11.42 | 7.69 | 12.20 | 1.44 | 8.25 | 2.95 | 14.60 | 19.250 | 34.070 |
| 0 | 0.0 | 16.23 | 5.85 | 10.43 | 10.78 | 6.99 | 6.99 | | | 16.300 | |
| | | | | | | | | | | | |

γ Es la distorsión

L Es la suma de distancias diagonales del elemento

L = 4285 mm.

GRAFICA HISTERETICA MURO No.6



III.7 MURO No.7

CARACTERÍSTICAS.

| | |
|--|-------------------------------|
| Altura | 134.00 Cm. |
| Ancho | 161.00 Cm. |
| Espesor | 12.00 Cm. |
| Sin castillos | |
| Con rodillos en la parte superior | |
| Carga lateral máxima | 9 000.00 kg. |
| Resistencia promedio mortero f ^m b | |
| Resistencia promedio concreto f ^c . | 267.80 kg / cm ² . |
| Con tirantes colocados en los extremos. | |

Esta última prueba se realizó prácticamente bajo las mismas condiciones de carga que los demás muros, excepto en los sistemas de apoyo que restringe el desplazamiento vertical, ya que éste se le colocó un rodillo de más en la zona central de la parte superior del muro con objeto de disminuir las distorsiones generadas en esta zona, (fenómeno observado en la prueba del muro No.6), en la figura III.7a se observa la configuración de los rodillos.

La colocación adicional de este rodillo contribuyó en gran medida en el comportamiento del muro y propicio aparentemente un incremento considerable en la capacidad de carga.

La prueba se inició con un incremento de 900 kg. hasta llegar a 2700 kg. correspondiente al primer ciclo, sin que el elemento presentara problema alguno. El segundo ciclo de carga abarco hasta el nivel 18 cuya fuerza aplicada equivale a 5400 kg. con un incremento inicial de 3600 kg. hasta este nivel el comportamiento del elemento es considerado adecuado ya que permanecía intacto ante la acción de la carga. El primer agrietamiento correspondió al nivel 27 del tercer

ciclo, cuya fuerza aplicada correspondía a 8100 kg., considerado éste como un pequeño deslizamiento entre mortero y tabique.

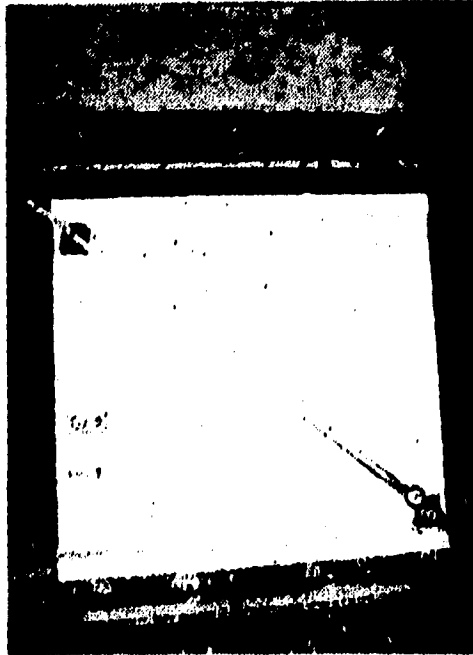


Figura III.7a. Disposición de los rodillos en la parte superior del muro.

En el nivel 30 se presentó la grieta de falla por tensión diagonal cuya característica principal es el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal que se encuentra aproximadamente a los 45 grados pronosticados para la dirección de los esfuerzos principales figura III.7b, donde la trayectoria de la grieta atraviesa indistintamente los materiales sin conducirse por el junteo del mortero.

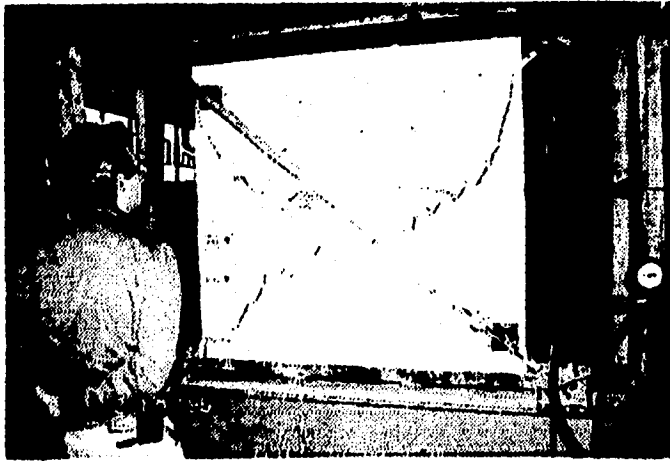


Figura III.7b Angulo de inclinación de la falla.

La capacidad de carga máxima se registro en el nivel 30 que corresponde a una fuerza de 9000 kg. en una de las direcciones de aplicación, mientras que en la otra dirección el muro fue capaz de resistir 8100 kg de fuerza.

III. ENSAYE BAJO CARGA LATERAL

TABLA DE RESULTADOS DEL MURO No.III.7

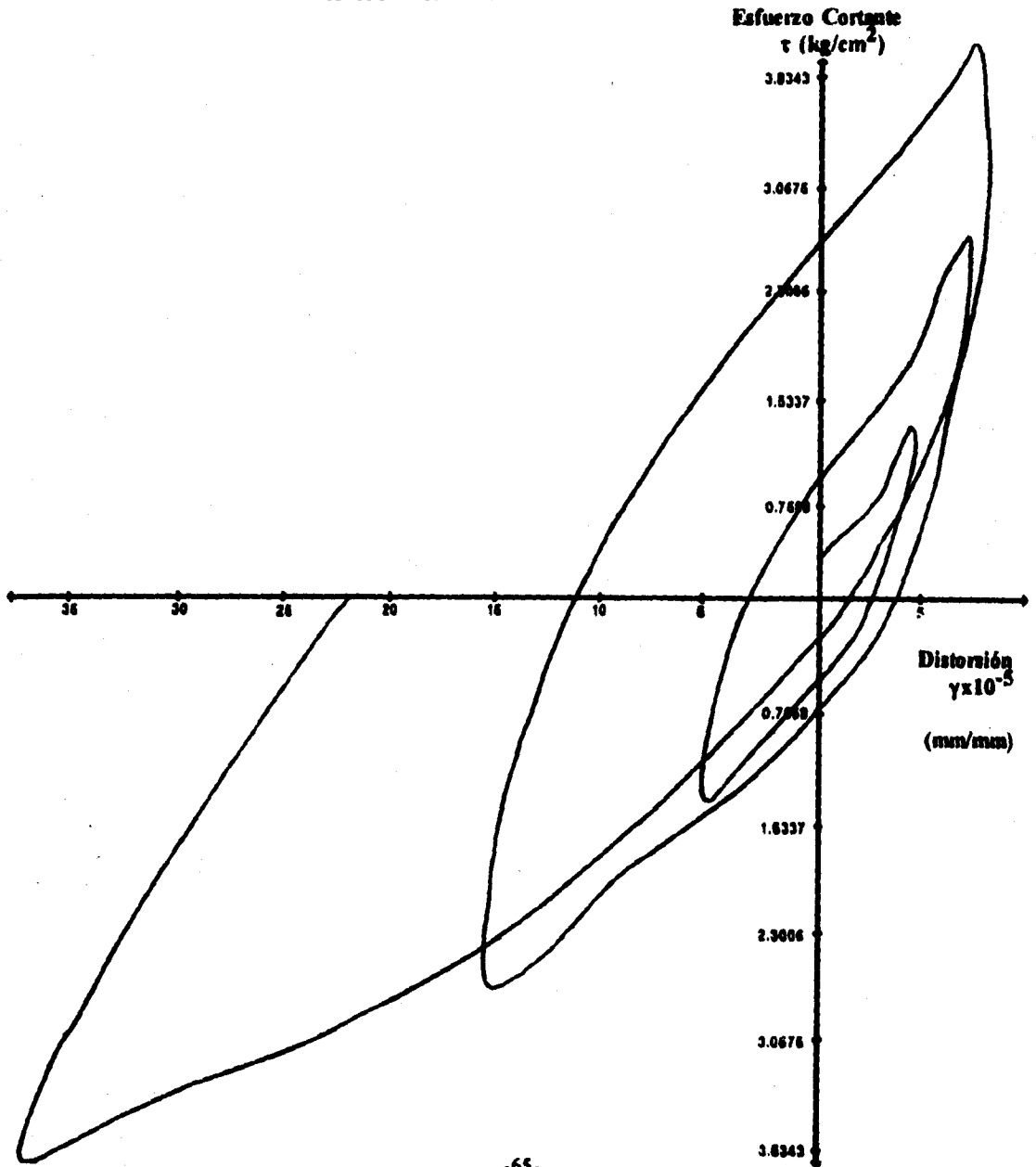
| N.C. | Carga kN | Miraruto No.1 | | Miraruto No.2 | | ΣΔ → (mm) | Excentricidad e → (mm) | ΣΔ ← (mm) | Excentricidad e ← (mm) | γ-δ/L → 10° mm/mm | γ-δ/L ← 10° mm/mm |
|------|-------------|---------------|-----------|---------------|-----------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | → (mm) | ← (mm) | → (mm) | ← (mm) | | | | | | |
| 0 | 0.0 | 18.00 | 17.92 | 23.00 | 22.86 | 0.000 | 0.000 | 0.070 | 0.070 | 0.000 | 1.876 |
| 3 | 900.0 | 18.00 | 17.95 | 23.00 | 22.92 | 0.000 | 0.000 | 0.090 | 0.160 | 0.000 | 4.289 |
| 6 | 1800.0 | 17.97 | 17.97 | 22.92 | 22.99 | 0.110 | 0.110 | 0.090 | 0.250 | 2.949 | 6.702 |
| 9 | 2700.0 | 17.96 | 17.99 | 22.89 | 23.05 | 0.040 | 0.150 | 0.060 | 0.310 | 4.021 | 8.311 |
| 0 | 0.0 | 17.92 | 17.98 | 22.86 | 23.09 | 0.050 | 0.050 | 0.120 | 0.120 | 1.340 | 3.217 |
| 12 | 3600.0 | 17.94 | 17.98 | 22.85 | 23.05 | 0.280 | 0.330 | 0.430 | 0.550 | 8.847 | 14.75 |
| 15 | 4500.0 | 17.94 | 18.01 | 22.81 | 23.12 | 0.040 | 0.370 | 0.100 | 0.650 | 9.919 | 17.43 |
| 18 | 5400.0 | 17.95 | 18.06 | 22.77 | 23.23 | 0.050 | 0.420 | 0.160 | 0.810 | 11.26 | 21.72 |
| 0 | 0.0 | 17.86 | 18.00 | 22.74 | 23.17 | 0.120 | 0.120 | 0.200 | 0.200 | 3.217 | 5.362 |
| 21 | 6300.0 | 17.94 | 18.06 | 22.71 | 23.26 | 0.520 | 0.640 | 0.910 | 1.110 | 17.16 | 29.76 |
| 24 | 7200.0 | 17.95 | 18.19 | 22.64 | 23.41 | 0.080 | 0.720 | 0.280 | 1.390 | 19.30 | 37.26 |
| 27 | 8100.0 | 17.96 | 18.27 | 22.57 | 23.54 | 0.080 | 0.800 | 0.21 | 1.60 | 21.14 | 42.89 |
| 0 | 0.0 | 17.80 | 18.06 | 22.61 | 23.21 | 0.540 | 0.540 | | | 14.50 | |
| 30 | 9000.0 | | | 22.28 | | | | | | | |

γ Es la distorsión

L Es la suma de las distancias diagonales del elemento

L = 3730 mm.

GRAFICA HISTERETICA MURO No.7



CAPITULO IV

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En la revisión de la resistencia de muros de mampostería multiperforada que formarán parte de un sistema estructural deberá considerarse los efectos de fuerza cortante, momento de volteo, y si es el caso también deberá revisarse para empujes perpendiculares a su plano; sin embargo si se garantiza el cumplimiento de los requisitos del método simplificado para diseño sísmico la revisión podrá limitarse a los efectos de fuerza cortante. Como ya lo hemos mencionado el objeto de nuestro estudio es analizar el comportamiento de los elementos sometidos únicamente a fuerza cortante lateral y evaluar su resistencia, por lo que en esta sección comentaremos los efectos que causa este tipo de carga.

La resistencia a fuerza cortante de muros de mampostería se basa en el esfuerzo cortante de diseño (v^*) el cual se puede tomar de la tabla correspondiente al párrafo 2.4.2 de la N.T.C.-93 para diseño de mampostería; sin embargo considerando que el tipo de material utilizado no está contemplado en la tabla antes mencionada, el esfuerzo cortante de diseño se determinó a partir de los resultados obtenidos del ensaye de muretes y muros de escala natural. La expresión siguiente dada por la N.T.C.-93 en el inciso 2.4.2, la cual contempla la variabilidad de las propiedades de los materiales empleados, así como la dispersión causada por los procedimientos constructivos y de la falta de precisión de los métodos de cálculo, con el fin de que se adopten valores máximo probables.

$$v^* = \frac{\bar{V}}{1 + 2.5Cv}$$

IV. INTERPRETACION DE RESULTADOS

donde:

- ∇ Promedio de los esfuerzos cortantes resultantes de los muretes ensayados
- C_v Coeficiente de variación de los esfuerzos cortantes resultantes de los muretes ensayados, el cual se puede determinar como el cociente de la desviación estándar entre promedio de resistencias; pero no deberá ser menor en ningún caso a 0.20

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

De la tabla de resultados I.2 se tienen los valores para la determinación de los parámetros, los cuales son:

| Muestra | Esfuerzo cortante |
|---------------|-------------------|
| 1 | 6.9197 |
| 2 | 5.1979 |
| 3 | 9.9168 |
| 4 | 6.9168 |
| 5 | 7.3210 |
| 6 | 5.5300 |
| 7 | 4.8300 |
| 8 | 4.6800 |
| 9 | 4.8200 |
| 10 | 6.2400 |
| $\Sigma = 10$ | 62.6722 |

IV. INTERPRETACION DE RESULTADOS

Calculo de la media

$$\bar{V} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{V} = \frac{62.6722}{10} = 6.2672 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{V} = 6.2672 \text{ kg/cm}^2$$

El coeficiente de variación se obtiene auxiliandose de la siguiente tabla.

| Orden No. | Valor de resistencia (kg/cm ²) | (x _i - \bar{x}) ² |
|---------------|--|--|
| 1 | 6.9197 | 0.4657 |
| 2 | 5.1979 | 1.0802 |
| 3 | 9.9168 | 13.5393 |
| 4 | 6.9168 | 0.4618 |
| 5 | 7.3210 | 1.1746 |
| 6 | 5.5300 | 0.5002 |
| 7 | 4.8300 | 1.9802 |
| 8 | 4.6800 | 2.4249 |
| 9 | 4.8200 | 2.2009 |
| 10 | 6.2400 | 0.0000 |
| $\Sigma = 10$ | | 23.8279 |

Calculo de la desviación estándar.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{23.8279}{10}} = 1.561$$

$$\sigma = 1.561 \text{ kg/cm}^2$$

Determinación del coeficiente de variación C_v .

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

$$C_v = \frac{1.561}{6.267} = 0.249$$

$$C_v = 0.249$$

IV. INTERPRETACION DE RESULTADOS

Sustituyendo los valores de V y C_V en la ecuación se tiene:

$$v^* = \frac{V}{1 + 2.5 C_V}$$

$$v^* = \frac{6.2672}{1 + 2.5 \times 0.249} = 3.86 \text{ kg/cm}^2$$

$$v^* = 3.86 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo cortante de diseño que hemos obtenido se utiliza para la determinación de la fuerza cortante de diseño la cual se calcula con la siguiente expresión.

$$V_R = F_R (0.5 v^* A_T + 0.3 P) \leq (1.5 F_R v^* A_T)$$

Considerando que nuestro objetivo es evaluar el comportamiento de especímenes a escala natural con solicitaciones de carga lateral, el valor de (v^*) nos dará la pauta para evaluar la resistencia de los mismos.

A continuación se presenta un análisis de manera detallada de los resultados obtenidos durante los ensayos de los muros reales.

MURO No.1

La capacidad de carga que se alcanzo en este primer ensaye fue de 6900 kg del que se desprende un esfuerzo cortante máximo (sin llegar a la falla por este motivo) de $v = 3.57 \text{ kg/cm}^2$ que representa el 93.05 % del esfuerzo cortante obtenido de acuerdo al párrafo 2.4.2 de las N.T.C-93 para diseño de mampostería que resulto ser de $v^* = 3.86 \text{ kg/cm}^2$.

Lo anterior se puede explicar, considerando que la falla, aunque inducida por fuerza cortante, realmente fue una falla por momento de volteo aparecida en la parte inferior del muro, lugar donde se presento el valor máximo de esfuerzo normal por flexión, causando una reducción de la capacidad del elemento para tomar carga lateral; pero a pesar de ello se alcanzaron resultados muy cercanos a los máximos propuestos por las N.T.C., lo que indica que era probable con ciertas modificaciones en la forma de apoyo, alcanzar resistencias mayores a la registrada en este ensaye.

El registro de comportamiento de este muro se observa en la gráfica histerética No.1, donde la capacidad para tomar cortante se ilustra en el eje vertical, mientras que la respuesta a la sollicitación en el eje horizontal.

De la curva obtenida se aprecia que las distorsiones registradas resultan ser excesivas para cada ciclo de carga, indicando que hay disparidad entre carga y deformación. Por otra parte, la curva histerética fue desplazandose paulatinamente del origen, dificultando su interpretación, ya que la recuperación de este elemento estaba impedido por falta de un sistema de apoyo adecuado.

La presencia de refuerzo vertical en los castillos proporciono confinamiento al muro de manera que las fuerzas laterales produjeran su aplastamiento. El marco confinante mantuvo la integridad del muro evitando su colapso y además proporciono capacidad recuperable en la otra dirección de aplicación.

MURO No. 2

Para el muro No.2 se registro una carga lateral de 12900 kg superior a la obtenida en la prueba anterior, esto equivale tener un esfuerzo cortante máximo de 6.667 kg/cm^2 , que comparado con el esfuerzo cortante de diseño obtenido a partir de pruebas experimentales que resulto ser de 3.86 kg/cm^2 , representa un 72.72 % superior al esperado lo que indica una mejoría sustancial en la capacidad de carga en comparación con el ensaye anterior.

La razón por la que este elemento aumentó considerablemente su capacidad de carga se debió principalmente a aquellas medidas que fueron tomadas a raíz de la experiencia adquirida en la prueba anterior, para propiciar una falla por tensión diagonal, así como la disminución al mínimo los efectos de volteo.

Las medidas que se tomaron para favorecer el buen comportamiento del muro fueron, la colocación de rodillos en la parte superior del mismo así como la colocación de seguros de cortante en las perforaciones del mismo.

El registro del comportamiento de este muro se puede observar en la gráfica histerética No.2, donde la forma de la geometría de la curva se toma asimétrica e inestable; este fenómeno se presento a partir del primer ciclo de carga, dando como resultado la aparición de deformaciones excesivas para cada nivel de carga subsecuente.

Aunque las gráficas histeréticas de estas dos primeras pruebas es similar no podemos hablar de similitud en cuanto a comportamiento dado que la falla del muro anterior fue evidentemente de aplastamiento por flexión, mientras que en esta última falla fue ocasionada por tensión diagonal, por lo que la similitud la podemos asociar con una falla en los micrómetros durante el proceso de ensaye.

La baja capacidad de carga que presento el muro No.1, fue superada en esta prueba gracias a la colocación de dispositivos en la parte superior lo que demuestra que efectivamente la capacidad del muro anterior pudo ser del mismo orden que ésta ya que ambas tienen las mismas características.

MURO No. 3

El muro No.3 tuvo un comportamiento más favorable en comparación de los dos anteriores, en lo que se refiere a capacidad de carga. Esto lo podemos atribuir además de los dispositivos utilizados en los ensayos III.1 y III.2, a la colocación de tirantes.

La ausencia de castillos de confinamiento propicio una falla frágil al alcanzarse la máxima capacidad del elemento, sin que se presentara indicios importantes de falla antes de ésta.

La capacidad máxima alcanzada en esta prueba fue de 14400 kg, que representa un esfuerzo cortante de falla de 7.45 kg/cm^2 que comparado con el esfuerzo cortante de diseño obtenido de acuerdo a las normas técnicas complementarias para diseño de mampostería resultó ser mayor en un 93 %; lo que nos permite deducir que la contribución del acero de los castillos para tomar la carga aplicada es insignificante, sin embargo su colocación es necesaria ya que proporciona ductilidad al elemento antes de la falla, característica que debe ser considerada durante el diseño de un elemento resistente.

En la gráfica histerética del muro No.3 se observa que la historia de carga va aumentando gradualmente al igual que la distorsión con una correspondencia prácticamente lineal entre ambas, lo que indica que se presentó un comportamiento elástico del espécimen.

La disipación de energía fue muy pequeña, porque la correspondencia existente entre el nivel de carga y deformación se mantuvieron proporcionales, hecho que fue determinante para provocar una falla abrupta (frágil).

Muro No. 4

El comportamiento de este muro fue similar al del muro No.3, aunque con algunas variaciones que fueron ocasionadas, por un lado por las propiedades particulares del muro y por otro por las variaciones que se efectuaron en la instrumentación para llevar a cabo el ensaye.

IV. INTERPRETACION DE RESULTADOS

A pesar de que el espécimen no soporto la misma carga que el muro No.3, su falla fue debido al efecto de tensión diagonal esto significa que la estructuración que se le hizo fue la adecuada considerando que su comportamiento fue el esperado.

En el diagrama de histéresis se observa que el muro tuvo una buena capacidad de disipación de energía; las distorsiones fueron grandes antes de que se alcanzara la carga de falla, muy probablemente por ello es que este muro tuvo una tendencia a la ductilidad, en contraste con la hipótesis de que los muros son de comportamiento eminentemente frágiles.

Por el comportamiento observado en los muros anteriores se deduce que la presencia de varillas longitudinales en el armado de castillos aunque no aumenta significativamente la capacidad de carga de los elementos sí proporcionan cierta ductilidad al espécimen.

La falla por tensión diagonal del espécimen en una dirección se dio cuando se le aplicó una carga de 7800 kg, posteriormente se le hizo fallar en la otra dirección, que solo soporto 6000 kg, debido a que en este segundo caso el muro tenía ya deteriorado parte de sus características estructurales por lo que ya no actuó como un diafragma rígido.

Si comparamos este muro con el anterior nos podemos percatar de que son de características similares por lo que podemos concluir que la menor resistencia de este se debió a la falta de adherencia que se tuvo y a la diferencia de 3 días en sus edades; características en las cuales difieren ambos muros.

A pesar de la menor resistencia de este muro con respecto al anterior, alcanzó un esfuerzo cortante de 4.04 kg/cm^2 , el cual es mayor al máximo recomendado por la N.T.C.-93 para mamposterías similares.

MURO No 5

Esta prueba se realizó prácticamente bajo las mismas condiciones del muro No.4, por lo que su comportamiento fue semejante.

IV. INTERPRETACION DE RESULTADOS

El confinamiento que se genero con la colocación de tensores (perfiles de acero en los extremos del muro) y armado en los castillos provoco que en este se tuviera al igual que el anterior una falla por tensión diagonal.

En la parte superior, el desarrollo de la grieta se inclinó drásticamente ya que el castillo impiudió su propagación tendiente, desviando así la dirección de la grieta; con el fin de establecer la capacidad de carga del elemento en el sentido complementario, el elemento fue sometido a la sollicitación lateral hasta su falla lográndose una simetría en este tipo de falla pero con un nivel de carga menor que la de la otra dirección.

La configuración final de este muro difiere considerablemente con la configuración teórica de grietas que van de extremo a extremo del muro con inclinaciones de 45° , lo cual nos indica que el diafragma formado tiene flexibilidad apreciable, características que deben ser consideradas en el diseño de muros de carga.

La carga máxima registrada en este ensaye fue de 6600 kg, que en términos de esfuerzo cortante máximo resulta ser de 3.416 kg/cm^2 , resultado que fue ligeramente inferior al máximo propuesto por la NTC para mampostería en un 11.5 %.

MURO No. 6

El comportamiento de este muro estuvo gobernado principalmente por la escasa inercia de los elementos colocados en la parte superior, ya que las fuerzas normales debidas a flexión provocaron grandes deformaciones que indujeron una falla temprana por falta de confinamiento, esta falta de rigidez en la zona de transmisión de carga obliga que para pruebas posteriores la colocación de un apoyo de rodillo en la zona central de la parte superior del elemento con objeto de garantizar una falla por cortante en muros dobles.

La falta de confinamiento en las caras interiores de este muro doble, y la falta de colocación de seguros de cortante en la unión de mampuestos y considerando las causas antes

IV. INTERPRETACION DE RESULTADOS

mencionadas provoco que el elemento tuviera una falla por un deslizamiento relativo entre mortero y mampuestos, antes de alcanzar la falla esperada de tensión diagonal. El esfuerzo cortante alcanzado en esta prueba fue de 2.26 kg/cm² encontrándose por debajo de su nivel de resistencia real, esperada, en un 41.45 % menos, aunque en términos generales es un buen resultado.

De la gráfica histerética No.6 observamos que para pequeños incrementos de carga se registran grandes deformaciones, muestra de ello es que, para un esfuerzo cortante máximo de 2.26 kg/cm² se genera una distorsión de 340.7×10^{-3} unidades de deformación.

A pesar de la baja capacidad alcanzada en este elemento, la configuración de la gráfica histerética fue bastante aceptable, ya que se aprecia una correspondencia gradual entre carga y deformación.

MURO No.7

La colocación de un rodillo adicional en la parte central superior fue característico de este muro, que como ya lo mencionamos, tuvo como función la de evitar las distorsiones generadas en la zona central de la parte superior del muro durante la aplicación de la carga; se observa que aumenta ligeramente la capacidad del muro, pero sobre todo se observa que la dirección del agrietamiento es modificado significativamente, la cual se encuentra con un ángulo de inclinación de 45° con respecto a la horizontal pronosticado para esfuerzos principales por lo que a diferencia de los muros anteriores, el cruce de las grietas se dan ligeramente abajo del centro geométrico del muro.

Las grietas de falla en su origen muestran el trabajo en conjunto del elemento, mientras que en el centro existe un corrimiento relativo entre mortero y mampuesto, sin embargo el comportamiento puede considerarse como adecuado ya que el deficiente trabajo en conjunto se presenta en la zona central, es decir, de la parte mas alejada de trabes y castillos.

IV. INTERPRETACION DE RESULTADOS

En este muro se observó que la colocación de varillas longitudinales en los castillos, aunque no contribuyen considerablemente en el incremento a la resistencia a cargas laterales, si ofrecen ductilidad al muro durante la aplicación de las cargas alternas.

En la gráfica de histéresis se aprecia el comportamiento que adoptó este elemento durante el proceso de ensaye ante este tipo de sollicitación; la geometría de la gráfica se torna simétrica y estable para los primeros ciclos, pero a medida que se iba incrementaba la carga, las distorsiones se hacían cada vez mas evidentes, de las cuales desplazó ligeramente la geometría de la gráfica hacia el lado izquierdo sin alterar la estabilidad de la misma. Este tipo de configuración muestra el potencial del elemento para disipar la energía, fenómeno que podemos atribuirle a la participación de los castillos.

El esfuerzo cortante máximo que provocó la falla del elemento fue de 4.66 kg/cm^2 , que es superior al máximo sugerido por las N.T.C.-93 en su parte correspondiente a mampostería; el cual es 3.86 kg/cm^2 .

CAPITULO V.

CONCLUSIONES.

Dados los resultados obtenidos en los ensayos de todos los muros, presentaremos las principales características del mampuesto multiperforado para ser usado en la industria de la construcción como una opción alterna a otro tipo de materiales de uso común. También presentaremos algunas de las limitaciones del material, así como las características que debe de cumplir los sistemas estructurales hechos a base de mampostería multiperforada.

Para la determinación de las características del material estudiado y para su utilización en un sistema estructural tomaremos como marco de referencia el reglamento de construcción del Departamento del distrito federal (RCDDF), en sus Normas Técnicas Complementarias para mampostería, vigentes a la fecha.

En los muros de mampostería multiperforada bajo condición de carga lateral se alcanzaron resultados satisfactorios, lo que implica que el tipo de material empleado para la construcción de los muros favorece el buen comportamiento de elementos muro.

La particularidad de este tipo de mampuesto radica esencialmente en las perforaciones que posee, que en conjunción con el mortero, se generan seguros de cortante; característica que, como se vio en los ensayos aumenta en gran medida la capacidad de carga lateral del espécimen.

Los muros ensayados podemos clasificarlos en dos grupos de acuerdo a sus características: Muros con refuerzo longitudinal en los castillos y muros sin refuerzo. La diferencia esencial de éstos radica en el comportamiento que presentaron cada uno de ellos durante el ensayo. Los primeros presentaron un cierto grado de ductilidad durante la aplicación de la carga lateral, mientras que los segundos no, y presentaron una falla frágil, es decir, sin indicios de agrietamiento durante el proceso de carga.

En los muros con armado en los castillos, una vez alcanzado el agrietamiento diagonal el elemento no fue capaz de soportar cargas superiores a la de falla, pero si presentaron capacidad

de resistir cargas del mismo orden en la dirección analizada y contraria a la de falla en ciclos posteriores; para muros sin refuerzo longitudinal no es posible el sostenimiento de carga ni en la otra dirección.

Otra particularidad de estos elementos radica en el proceso constructivo ya que para aquellos muros que se construyeron colocando el mortero exclusivamente en los contornos de los mampuestos por ser esto una práctica común entre los trabajadores de la industria de la construcción, preferentemente para los contratados como destagistas, se registraron resultados menores en un 10.5 % en capacidad, con respecto a la otra modalidad del proceso constructivo, en el cual, se introduce el mortero en las perforaciones del mampuesto.

La falta de colocación de tirantes en los extremos de los dos primeros muros causaron la inestabilidad y asimetría del comportamiento de los elementos, que es apreciable en las gráficas histeréticas, lo cual, dificulta la interpretación de éstas en relación a la capacidad de disipación de energía. Los demás elementos que contaron con tirantes en los extremos, adoptaron un comportamiento adecuado en cuanto a capacidades de deformación y disipación de energía, como podemos observar en las gráficas histeréticas.

La respuesta adecuada de estos elementos bajo este efecto de carga se caracteriza por correspondencia histeréticas simétricas, estables y con buenas capacidades de deformación y de disipación de energía, excepto para los dos primeros ensayos.

Para el empleo de un material en la industria de la construcción, debe de satisfacer ciertos características, entre las mas importantes se encuentran las de resistencia, durabilidad y costos. Esta mampostería comparada con otros materiales cumple con los requisitos mencionados. Comparando los resultados obtenidos a partir de los ensayos de muretes con las resistencias recomendadas en las NTC para estructuras de mampostería observamos que la mampostería multiperforada posee una resistencia que rebasa a la mayor recomendada por las Normas Técnicas Complementarias del Departamento del Distrito Federal.

Por otro lado a partir del análisis hecho a los sistemas de muros (los cuales cumplen con los requisitos establecidos en la NTC para ser considerados como muros confinados) se puede concluir que si se tiene un buen cuidado en la elaboración de los proporcionamientos de morteros

V. CONCLUSIONES

y en el armado de los elementos se pueden alcanzar resistencias importantes por lo que los muros pueden ser considerados como elementos de alta resistencia y confiabilidad.

BIBLIOGRAFIA

Roberto Meli P., Adolfo Zeevaert W., y Luis Esteva
Comportamiento de muros de mampostería ante carga lateral alternada
Instituto de Ingeniería UNAM
México, D.F., Julio de 1968

Roberto Meli P., y Alejandro Reyes G.
Propiedades mecánicas de la mampostería
Instituto de Ingeniería UNAM.
México, D.F., Julio de 1971

" Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería "
Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de
Construcciones para el Distrito Federal.
LIMUSA, México, D.F., 1993

Roberto Meli Piralla
Diseño Estructural
LIMUSA, México, D.F., 1989

" Análisis experimental de paneles de manufactura trabajando como elementos resistentes "

Ing. Hector J. Guzmán Olguin, y M. A. Rodríguez (Memoria II, p.788).

IX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural Zacatecas, Zac., Octubre de 1994

Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.

Universidad Autónoma de Zacatecas.

" Influencia del refuerzo horizontal y de la relación de aspecto en muros de mampostería confinada "

José de Jesús Alvarez Sereno, Sergio M. Alcocer Martínez de Castro (Memoria II, p. 815)

IX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural Zacatecas, Zac., Octubre de 1994

Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.

Universidad Autónoma de Zacatecas.