

110  
2 eje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



**ANALISIS EXPERIMENTAL  
DE PANELES DE MANUFACTURA  
TRABAJANDO COMO ELEMENTOS  
RESISTENTES**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:  
**ALEJANDRO SAINZ SUAREZ**

MEXICO, D. F.

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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  
60-1-006/94

Señor  
**ALEJANDRO SAINZ SUAREZ**  
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 desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

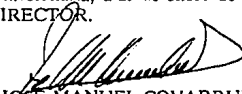
**"ANALISIS EXPERIMENTAL DE PANELES DE MANUFACTURA TRABAJANDO  
COMO ELEMENTOS RESISTENTES"**

- INTRODUCCION**
- I. PROCESO DE PREPARACION DE ENYASES**
  - II. PROCESO DE ENSAYES, RESULTADOS E INTERPRETACION DE PANELES TRABAJANDO COMO MUROS ANTE CARGA VERTICAL**
  - III. PROCESO DE ENSAYES, RESULTADOS E INTERPRETACION DE PANELES TRABAJANDO COMO MUROS ANTE CARGA LATERAL**
  - IV. PROCESO DE ENSAYES, RESULTADOS E INTERPRETACION DE PANELES TRABAJANDO COMO LOSA EN UNA DIRECCION**
  - V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Ruego a usted 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 le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá 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 25 de enero de 1994.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR\*nl1

**A Dios, por todas las oportunidades que me ha dado.**

**A mis padres, por ser un ejemplo de amor, lucha y esfuerzo,  
que día a día me impulsan a ser mejor en esta vida.**

**Bienaventurados los que  
saben dar sin recordarlo y  
recibir sin olvidarlo**

San Agustín

## INDICE

<b>INTRODUCCION.</b>		<b>1</b>
<b>CAPITULO I.</b>	<b>PREPARACION DE ENSAYES</b>	<b>3</b>
I.1.	CARGA VERTICAL	3
I.2.	CARGA LATERAL	4
I.3.	FLEXION	6
I.4.	PRELIMINARES	6
<b>CAPITULO II.</b>	<b>PROCESO DE ENSAYES E INTERPRETACION DE RESULTADOS DE PANELES TRABAJANDO COMO MUROS BAJO CONDICION DE CARGA AXIAL</b>	<b>14</b>
II.1.	PRUEBA No. 1	14
II.2.	PRUEBA No. 2	19
II.3.	PRUEBA No. 3	22
<b>CAPITULO III.</b>	<b>PROCESO DE ENSAYES E INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL SISTEMA ERECTAPANEL TRABAJANDO COMO MUROS ANTE CARGA LATERAL</b>	<b>25</b>
III.1.	PRUEBA No. 1	26
III.2.	PRUEBA No. 2	33
III.3.	PRUEBA No. 3	38
III.4.	PRUEBA No. 4	44
III.5.	PRUEBA No. 5	54
III.6.	PRUEBA No. 6	57
III.7.	PRUEBA No. 7	60
<b>CAPITULO IV.</b>	<b>PROCESO DE ENSAYE E INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL SISTEMA ERECTAPANEL TRABAJANDO COMO LOSA</b>	<b>67</b>
IV.1.	PRUEBA No. 1	72
IV.2.	PRUEBA No. 2	80
IV.3.	PRUEBA No. 3	89
<b>CONCLUSIONES.</b>		<b>98</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>		<b>102</b>

## INTRODUCCION

Actualmente y desde hace un lustro aproximadamente, el mercado nacional se ha inundado de productos prefabricados para la construcción en general y particularmente para la edificación de vivienda popular, estos productos tienen como finalidad apoyar la generación de vivienda en tiempos mínimos a bajo costo, este fenómeno induce la necesidad de implementar el control de calidad sobre dichos productos, que regularmente son de características modulares, motivo que demanda la prueba de elementos a escala natural, utilizando más de un ensamble para cada ensaye con la finalidad de predecir la conducta de conjunto en los elementos estructurales propuestos. Es por ello la necesidad de contar con información técnica suficiente y así poder racionalizar adecuadamente el comportamiento y la capacidad con que cuenta cada sistema.

El presente trabajo justifica principalmente la metodología que se siguió al analizar uno de los sistemas existentes en el mercado nacional, y que de acuerdo con los resultados logrados en los primeros ensayos, se buscó la posibilidad de ir mejorando las características de capacidad y comportamiento, por lo que se hizo necesario recurrir a información técnica que versara sobre las propiedades estructurales que las membranas aportan a los paneles con función estructural, recurrentemente elementos con diafragma de poliestireno.

Las placas de poliestireno, por sus características sobre todo, se han constituido en un mercado ampliamente utilizado, ya sea como diafragma de paneles o como bovedilla en sistema de piso, disminuyendo sustancialmente la carga muerta de las estructuras.

Las membranas de mortero reforzado con malla electrosoldada utilizadas como repellido en los paneles, que tienen la función de muros, han logrado resolver racionalmente la capacidad y comportamiento de estos elementos, a partir de la importante rigidez y resistencia que aportan. El análisis de esfuerzos en el plano se constituye como una herramienta necesaria para poder diseñar las estructuras hechas a partir de estos productos, lográndose predicciones de alta confiabilidad.

El estudio realizado para este trabajo, sugiero sea visto como la metodología para ejercer control de calidad en elementos prefabricados y en tanto los procedimientos se ajusten a las necesidades de campo, entonces se podrá establecer que los resultados como parámetros de diseño son adecuados y confiables.



## CAPITULO I.

## PREPARACION DE LOS ENSAYES.

## 1.1. CARGA VERTICAL.

Dadas las dimensiones de los elementos del sistema Erectapanel y el tipo de prueba a realizar, se decidió que estos serian colocados horizontalmente dentro de los marcos de carga de 50 toneladas, empotrados en una de sus columnas, la aplicación de carga en el extremo opuesto al empotramiento se requería uniformemente distribuida en todas sus secciones por lo que se colocó un perfil en canal que confinara totalmente el sitio de aplicación y así garantizar la uniformidad de carga en esa zona. Adicionalmente al perfil de sección canal le fué soldado un riel en toda su longitud con objeto de rigidizar el dispositivo de aplicación de carga y evitar una eventual concentración de esfuerzos en este tipo de pruebas.

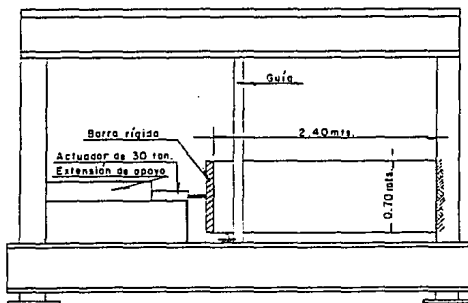


FIGURA No. 1

La aplicación de carga se logró con un actuador, calibrado previamente, con capacidad de treinta toneladas, mismo que fué dispuesto en una línea de acción que transcurría por el eje centroidal del panel ensayado, para lo que fué necesario construir una pequeña estructura que nos permitiera aplicar la carga de manera continua y segura dentro del citado marco de carga, como se muestra en la figura no. 1. Con objeto de llevar estas pruebas hasta sus últimas consecuencias fué colocado un dispositivo auxiliar que restringiera el desplazamiento lateral y dejara libre el movimiento en el sentido paralelo a la aplicación de carga, para evitar que el elemento se desplazara lateralmente en la zona de aplicación de carga fué colocada una guía cercana a este sitio. Este dispositivo se fabricó con dos polines de 10 x 10 cm de sección instalados a presión en la dirección complementaria del marco, asegurándose en sus extremos con topes y tirantes de madera para evitar un eventual desplazamiento fuera del plano.

## **I.2. CARGA LATERAL.**

Considerando las dimensiones de los marcos de carga con que cuenta el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería, fué indispensable colocar los elementos del sistema Erectapanel entre los dos marcos con que se cuenta. Para esta prueba fué necesario anclar en el piso cuatro espárragos de 1" de diámetro con objeto de mantener sólidamente ligado el sistema de apoyo al piso, el mecanismo de apoyo utilizado se puede conformar a través de una dala de concreto reforzado o por medio de un perfil de acero estructural; para el caso de este estudio se utilizaron ambos sistemas.

Las características de la prueba demandaron la construcción de dos ménsulas de madera para la colocación de los actuadores, esta estructura solo se utilizó para mantener en posición la aplicación de la carga. Las espaldas de las ménsulas de madera son las columnas de los marcos de carga de sección "I" que por su disposición tienen la posibilidad de soportar incrementos notables de carga trabajando como elementos en cantiliver, tal como se observa en la figura no. 2.

La aplicación de la carga se logró mediante dos actuadores de 10 toneladas cada uno, que trabajaban de forma alternada provocando un comportamiento histerético en el panel. Para que la carga se aplicara de forma correcta fué indispensable soldar un perfil de acero estructural en la parte superior del panel con el fin de que la carga se transmitiera uniformemente en la trayectoria de la aplicación y evitar la concentración de esfuerzos en esa zona.

Este tipo de ensayos es prudente instrumentarlos con barras diagonales en ambas caras del panel con objeto de conocer la historia de su comportamiento a partir de las distorsiones registradas en el micrómetro que cada barra posee en su extremo, motivo por el cual será necesario colocar los elementos de apoyo de las barras después de que la muestra se encuentre totalmente preparada. El sistema es como el que se indica en la figura no. 2.

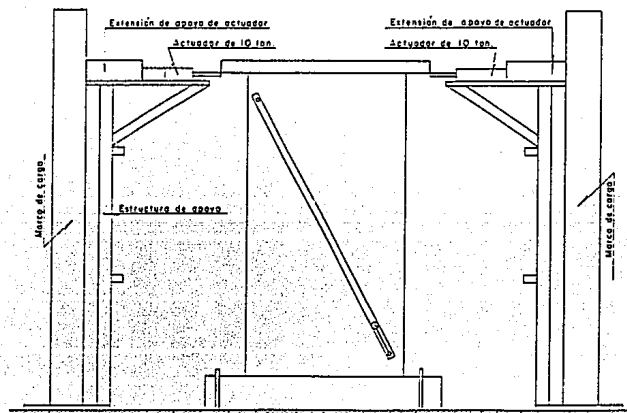


FIGURA No. 2

### I.3. FLEXION.

El ensaye del sistema Erectapanel trabajando como sistema de piso o cubierta, demandó diseñar un mecanismo de carga y apoyo dentro de un marco de carga con capacidad de 50 toneladas, se colocaron dos marcos de concreto dentro del citado marco de carga con el fin de apoyar al sistema Erectapanel trabajando como losa en una sola dirección. En la parte superior de los marcos de concreto se colocaron los apoyos que permitieran considerar al elemento simplemente apoyado, uno de ellos restringía el desplazamiento vertical y horizontal permitiendo tan solo el giro, mientras que el otro solo impediría el desplazamiento vertical. Lo anterior con objeto de que el elemento trabajara libremente a flexión y así estudiar de manera adecuada este fenómeno, los puntos de aplicación de las cargas se localizaron a los tercios del claro, por lo que fué necesario colocar los actuadores del sistema "Amsler" y los elementos de apoyo en la posición adecuada para ajustarnos a los requerimientos del sistema. Para garantizar que las cargas superpuestas se distribuyeran adecuadamente en la dirección perpendicular al claro, fué necesaria la instalación de elementos transmisores de carga compuestos por barras de gran rigidez apoyadas sobre placas de neopreno. Se colocó un micrómetro al centro del claro y dos más en los sitios de aplicación de carga con el propósito de conocer la relación de carga - deflexión y estimar apropiadamente la historia del comportamiento del sistema bajo el mecanismo de la flexión, figura no. 3.

### I.4. PRELIMINARES.

Para estimar los niveles de carga en la programación de pruebas fué necesario conocer la conducta de los materiales que forman el sistema Erectapanel, por tal motivo se solicitó una serie de muestras de dimensiones estándar de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana. Con las muestras solicitadas se realizaron las siguientes pruebas.

-Tensión. En el material utilizado en las molduras del panel para obtener Esfuerzo de Fluencia, Esfuerzo Máximo y Módulo Elástico.

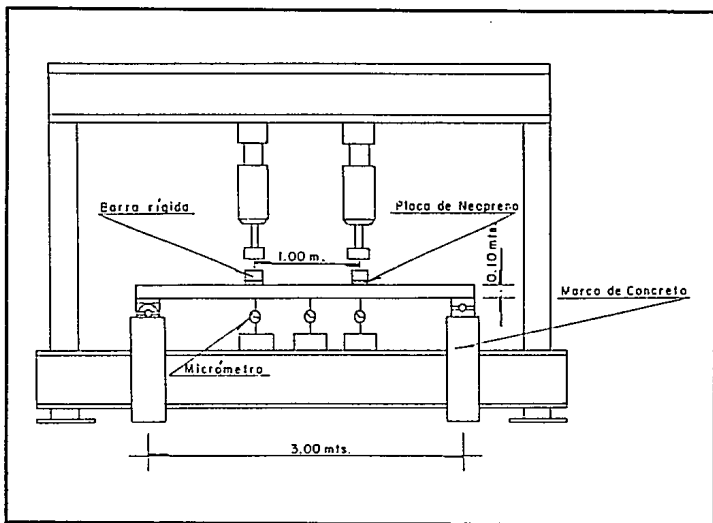


FIGURA No.3

-Compresión. En cilindros de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro, para obtener la resistencia máxima y estimar las deformaciones unitarias.

-Compresión. En muretes, para estimar la capacidad unitaria de carga como murete.

-Tensión diagonal. En muretes, para estimar la capacidad de carga del elemento ante fuerza cortante.

Cabe hacer notar que el diafragma contenido entre las molduras del panel es un producto de manufactura logrado a partir de un aglutinante de fórmula y perlas de uniceil, lo que provoca que este conglomerado sea extraordinariamente deformable.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas preliminares a que se sometieron los materiales que forman los paneles y los materiales de apoyo utilizados sobre los mismos, como son morteros en repellados y concretos en la zona de compresión del elemento trabajando como losa.

1. RESULTADOS DEL ENSAYE A TENSION EN LAMINA GALVANIZADA CALIBRE 16. UTILIZADA COMO MOLDURA EN LOS PANELES DEL SISTEMA ERECTAPANEL.

MUESTRA	1	2	3	4
ESPESOR (cm)	0.192	0.146	0.18	0.18
ANCHO (cm)	1.68	1.33	1.45	1.56
AREA (cm <sup>2</sup> )	0.322	0.1942	0.2610	0.2808
CARGA DE FLUENCIA (kg)	970.0	678.0	930.0	975.0
CARGA MAXIMA (kg)	1.145.0	800.0	1100.0	1150.0
ESFUERZO DE FLUENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	3.012.0	3491.25	3563.22	3472.22
ESFUERZO MAXIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	3.555.0	4119.0	4214.0	4095.0
ALARGAMIENTO (%)	13.85	9.0	24.0	20.0

La figura no. 4 presenta la gráfica típica carga-desplazamiento obtenida para las muestras de lámina galvanizada.

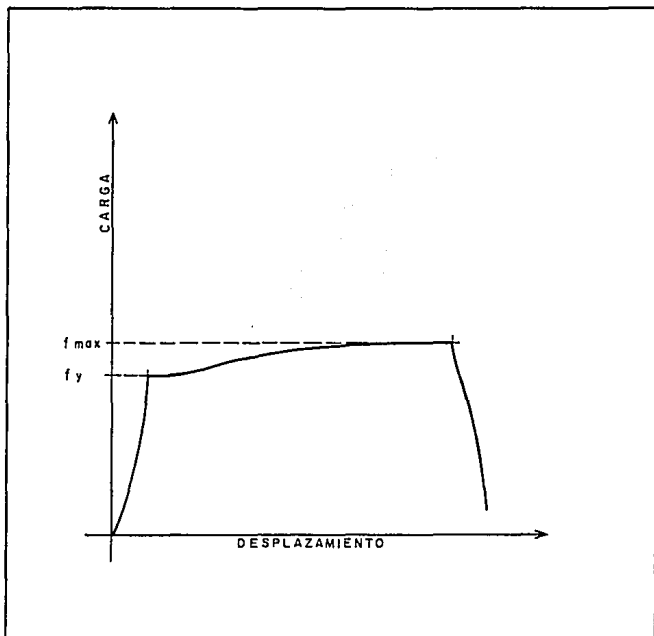


FIGURA No. 4

Para obtener el módulo elástico de la lámina galvanizada calibre 16 se ensayaron una serie de probetas a tensión instrumentadas con un micrómetro de 0.0025 milímetros de exactitud para que a cada incremento de carga le correspondiera un desplazamiento, con los datos obtenidos en el proceso anterior se construyeron las gráficas carga-desplazamiento.

Posteriormente con la gráfica carga-desplazamiento se calculó el módulo de elasticidad para cuatro puntos diferentes en comportamiento lineal y elástico arrojando un módulo de elasticidad promedio de 73,048.92 kg/cm<sup>2</sup>.

CARGA (kg)	DEFORMACION	CARGA (kg)	DEFORMACION
30.00	48.00	300.00	58.50
50.00	50.50	400.00	58.50
75.00	52.00	500.00	59.00
100.00	53.00	600.00	59.50
125.00	54.00	700.00	59.50
150.00	54.50	800.00	60.00
175.00	55.50	900.00	60.00
200.00	56.60	975.00	59.00
225.00	57.00		
250.00	57.50		
275.00	58.00		

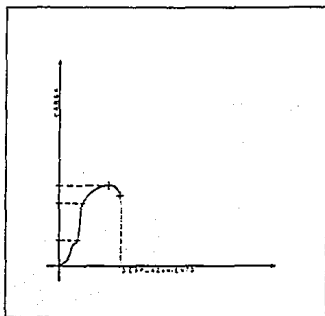


FIGURA No. 5



2. ENSAYE A COMPRESION DE CILINDROS FABRICADOS DEL MATERIAL CONTENIDO ENTRE LAS MOLDURAS DE LOS PANELES.

MUESTRA	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.0	176.71	900.0	5.09
2	15.0	176.71	1600.0	9.05
3	15.0	176.71	1700.0	9.62
4	15.0	176.71	1700.0	9.62
5	15.0	176.71	700.0	5.96
6	15.0	176.71	1300.0	7.35
7	15.0	176.71	2140.0	12.11
8	15.0	176.71	2040.0	11.54
9	15.0	176.71	1910.0	10.81
10	15.0	176.71	1530.0	8.66
11	15.0	176.71	2160.0	12.22
12	15.0	176.71	2110.0	11.94
13	15.0	176.71	2310.0	13.07
14	15.0	176.71	2000.0	11.32
15	15.0	176.71	1920.0	10.87
16	15.0	176.71	2475.0	14.01

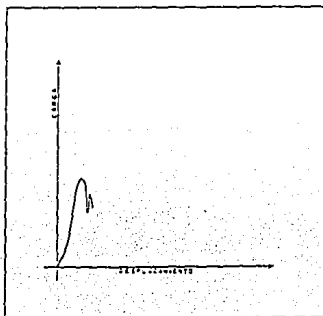


FIGURA No. 6

3. ENSAYE A COMPRESION DE MUESTRAS DEL MATERIAL CONTENIDO ENTRE LAS MOLDURAS DE LOS PANELES TRABAJANDO COMO MURETES.

MUESTRA	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> )
1	59.0	8.60	507.40	2 990.0	5.89
2	60.0	8.30	498.00	3 460.0	6.95
3	60.0	8.50	510.00	1 355.0	2.65
4	60.0	8.00	480.00	1 620.0	3.38

4. ENSAYE A TENSION DIAGONAL DE MUESTRAS DEL MATERIAL CONTENIDO ENTRE LAS MOLDURAS DE LOS PANELES.

MUESTRA	DIAGONAL (cm)	ESPESOR (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm <sup>2</sup> )
1	76.0	8.00	608.0	280.0	0.46
2	77.0	8.50	654.5	480.0	0.73
3	78.0	9.00	702.0	870.0	1.24
4	78.0	9.00	702.0	650.0	0.93
5	79.0	9.00	711.0	640.0	0.90

5. ENSAYES A COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO 1:6 CON ACELERANTE DE FRAGUADO USADO PARA REPELLAR LOS MUROS SOMETIDOS A CARGA VERTICAL Y LATERAL EN LA PRUEBA NO. 2 RESPECTIVAMENTE.

MUESTRA	EDAD (días)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO MAXIMO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1	25	1240.0	49.60
2	1	25	1180.0	47.30
3	1	25	1285.0	51.40
4	3	25	2630.0	89.20
5	3	25	3070.0	122.80
6	3	25	3430.0	137.20
7	3	25	3290.0	131.60
8	3	25	3280.0	131.20
9	3	25	3280.0	131.20

6. ENSAYE A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO  $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$  CON ADITIVO ACCELERANTE DE FRAGUADO UTILIZADO EN LA CAPA DE COMPRESION DE LOS PANELES ENSAYADOS A FLEXION COMO LOSA EN LA PRUEBA NO. 2.

MUESTRA	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (kg)	ESFUERZO MAXIMO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	3	15.0	30.0	176.71	5400.0	30.56
2	3	15.0	30.0	176.71	5100.0	28.86

7. ENSAYES A COMPRESION DE CUBOS (5.0 x 5.0 x 5.0 cm) DE MORTERO 1:6 CON ADITIVO ACCELERANTE Y FIBRAS SINTETICAS. ESTE MORTERO FUE UTILIZADO EN EL REPELLADO DE LOS MUROS SOMETIDOS A CARGA VERTICAL Y LATERAL, ASI COMO PARA REPELLAR LA SUPERFICIE INFERIOR DE LOS PANELES ENSAYADOS A FLEXION EN SU PLANO PRINCIPAL EN LA TERCERA RONDA DE PRUEBAS.

MUESTRA	EDAD (días)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESFUERZO MAXIMO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	2	25.00	1340.0	53.60
2	2	25.00	1350.0	54.00
3	2	25.00	1350.0	54.00
4	6	25.00	3340.0	135.60
5	6	25.00	3030.0	121.20
6	6	25.00	3280.0	131.20
7	6	25.00	3400.0	136.60
8	6	25.00	2970.0	118.80
9	6	25.00	3425.0	137.00

8. ENSAYE A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO  $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$  CON ADITIVO ACCELERANTE UTILIZADO EN LA CAPA DE COMPRESION DE LOS PANELES FUNCIONANDO COMO LOSA EN LA PRUEBA No. 3.

MUESTRA	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (kg)	ESFUERZO MAXIMO (kg/cm <sup>2</sup> )
1	2	15.0	30.0	176.71	6,180.0	35.00
2	6	15.0	30.0	176.71	14,500.0	82.00
3	6	15.0	30.0	176.71	15,700.0	88.50
4	6	15.0	30.0	176.71	14,200.0	80.30
5	6	15.0	30.0	176.71	14,550.0	82.30

## CAPITULO II.

**PROCESO DE ENSAYES E INTERPRETACION DE RESULTADOS DE PANELES  
TRABAJANDO COMO MUROS BAJO CONDICIONES DE CARGA AXIAL.**

Los elementos probados bajo esta condición de carga en términos generales tuvieron un buen comportamiento tomando en cuenta que las condiciones de ensaye en realidad fueron severas, la base para calificar de severas las condiciones de ensaye obedece a que el elemento tiene bajas posibilidades de soportar carga y a que su relación de esbeltez es muy alta, factores que provocan que la capacidad de carga disminuya de manera importante.

### II.1. PRUEBA No. 1

En este ensaye el panel fué examinado trabajando individualmente sin contar con repellados o refuerzo alguno. La carga se incrementaba 1,500 kg de un nivel de carga a otro y llegando a la carga deseada se inspeccionaba en busca de grietas en su diafragma o deformaciones que pudiera haber sufrido en su moldura. Esta prueba se caracterizó por la ausencia de grietas paralelas al sentido de aplicación de la carga y tan solo presentó dos grietas perpendiculares por efecto de aplastamiento como antecedente a la falla.

En niveles de carga precedentes a la falla, la moldura del panel se observaba desprendida de éste hasta que para una carga de 13,500 kg se presentó la rotura por pandeo local en dicha moldura, figura no. 7.

#### - CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA.

$f^*mp$  = Esfuerzo a compresión obtenido en ensayos de murete

$f^{**}mp$  = Esfuerzo a compresión obtenido en ensayos de cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

### Area de Diafragma

$$A_d = 70 \times 8.0 = 560 \text{ cm}^2$$

### Area efectiva de sección de lámina galvanizada

$$A_g = 4.99 \text{ cm}^2$$

### - HIPOTESIS.

El mortero del diafragma y la lámina galvanizada trabajan adecuadamente en conjunto y se deforman lo mismo en todas las secciones.

### - RESULTADO ANALITICO.

$$f_d = A_d \times f_{mp} = 560 \times 4.71 = 2,637.6 \text{ kg}$$

$$f_g = A_g \times f_{yg} = 4.99 \times 3000 = 14,970.0 \text{ kg}$$

$$\text{-----}$$

$$17,607.60 \text{ kg}$$

### - RESULTADO PRACTICO. 13,500.0 kg

A partir de la hipótesis planteada para el panel no. 1 es posible establecer que las molduras del elemento se mantuvieron adheridas al mortero hasta casi lograr su fluencia, estimándose un valor de esfuerzo aproximado a los 2000 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el esfuerzo de fluencia aproximadamente de 3.000 kg/cm<sup>2</sup>. El esfuerzo de fluencia del material de la moldura no se logró por ser este sitio en donde se generaba una concentración importante de esfuerzos, provocando una falla local en esa trayectoria que evidentemente precipitó la falla por falta de estabilidad del elemento como se observa en la figura no. 8, la región de falla indica que la aplicación de carga fué adecuadamente distribuida en todo su ancho, figura no. 9.

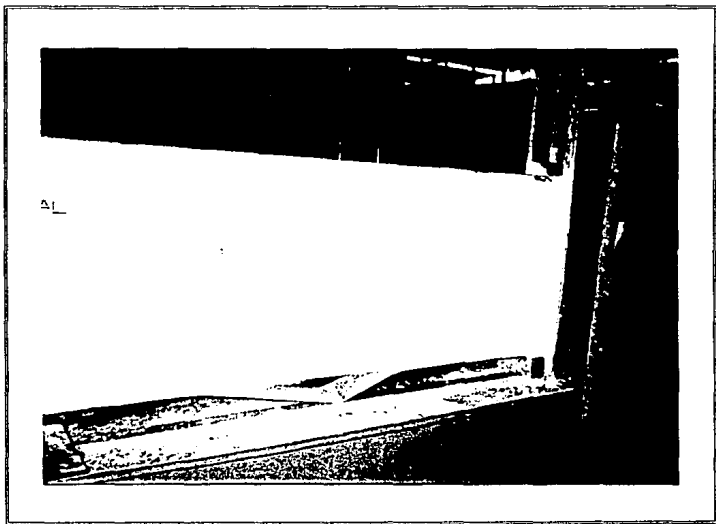


FIGURA No. 7

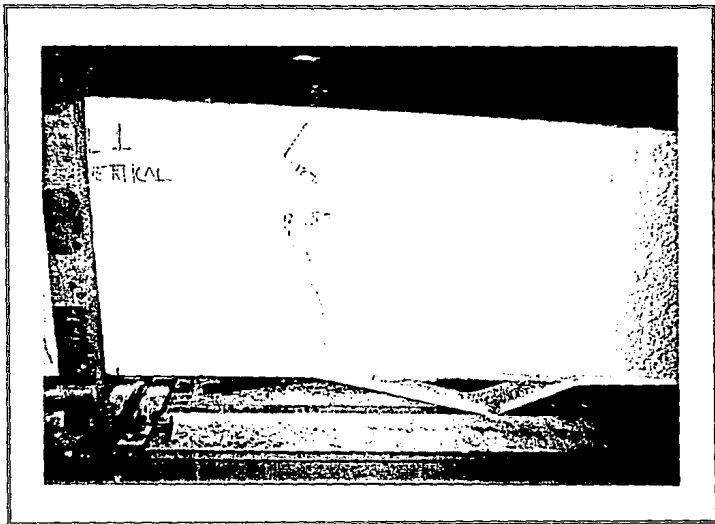


FIGURA No. 8



FIGURA No. 9



## II.2. PRUEBA No. 2

Para el ensaye del panel no. 2 se buscó llegar a mejores resultados mediante un repellido de mortero de 1.00 cm de espesor en ambas caras del elemento.

En esta prueba se presentó el fenómeno de pandeo prácticamente desde el inicio del evento lo que provocó la aparición de grietas en la cara del panel que se encontraba trabajando a tensión, figura no. 10.

A medida que los incrementos de carga eran mayores el pandeo del panel y su agrietamiento se hicieron más evidentes y en el extremo donde se aplicaba la carga aparecieron grietas paralelas al sentido de aplicación de la misma, esto debido al incremento de esfuerzos en la sección y al efecto de Poisson.

Finalmente la falla se produjo por pandeo local en la moldura a consecuencia de la concentración de esfuerzos en la zona de aplicación de carga.

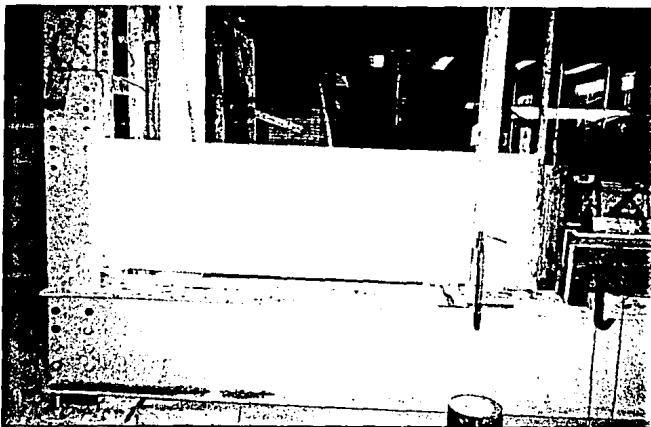


FIGURA No. 10

De acuerdo con el comportamiento del panel no. 1 del sistema Erectapanel trabajando como muro ante carga axial, es posible estimar que con la adición de un repellado la capacidad de carga de éste se incrementará en un porcentaje importante. La resistencia de diseño del mortero utilizado en el repellado de este muro oscila entre los 100 y 120 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia obtenida en los cubos de 5.0 x 5.0 x 5.0 cm. esta adición tendrá como objetivo proporcionar dos membranas que aportarán rigidez al elemento y por supuesto un incremento en su resistencia.

La resistencia obtenida en un panel de 2.40 x 0.70 m y 0.08 m de espesor con membrana de mortero fué de 21.000 kg, resultado que representa 55.55% en más capacidad de carga atribuida a la membrana de mortero. Cabe destacar que esta membrana no cuenta con ningún tipo de refuerzo.

PANEL	CARGA (kg)
Sin membrana	13.500.0
Con membrana	21.000.0

La carga de 21,000 kg logró hacer fallar al elemento, no en su conjunto, sino en la unión de las molduras longitudinales y transversales como una falla local por concentración de esfuerzos como se muestra en la figura no. 11.

En términos de esfuerzo bruto generados en las secciones del elemento se llega a lo siguiente:

Esfuerzo de compresión en el panel sin membrana.	24.11 kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo de compresión en el panel con membrana.	30.00 kg/cm <sup>2</sup>

Que representa el 24.43% en más resistencia.

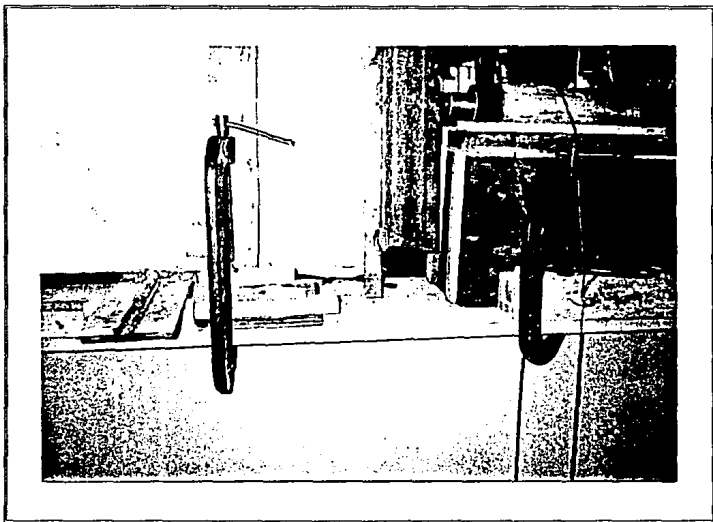


FIGURA No. 11

### II.3. PRUEBA No. 3

Terminada la segunda ronda de pruebas una de las conclusiones resultantes fué que la adherencia entre las superficies del panel y el mortero no era óptima, y se trató de solucionar colocando malla electrosoldada en el repellado. El mortero usado para el repellado contenía además de aditivo acelerante de fraguado fibras sintéticas.

Al igual que los ensayos anteriores, la carga aplicada se incrementaba 1500 kg de un nivel de carga a otro y al alcanzar la carga programada se iniciaba la inspección del elemento.

De los tres paneles probados este último fué el que presentó un mejor comportamiento, las primeras grietas se presentaron en niveles de carga altos sobre el extremo en el que se aplicaba la carga siguiendo una trayectoria paralela al sentido de aplicación de la misma, las causas por la que pudieron aparecer dichas grietas son atribuidas al incremento de esfuerzos en la sección y al efecto de Poisson.

La falla en este panel al igual que el anterior fué provocada por pandeo local en la moldura y obedeció a la concentración de esfuerzos en la zona de aplicación de la carga.

La adición de mortero armado al sistema Erectapanel proporciona rigidez y un incremento en la resistencia del elemento, incremento que teóricamente debiera haber sido mucho más importante que el obtenido en el ensaye. La razón por la cual no se llegó a niveles de carga mayores obedece a la concentración de esfuerzos en la zona de aplicación de carga, provocando que las molduras y la malla electrosoldada no fluyeran. De cualquier modo la contribución de las membranas de mortero armado se hizo presente incrementando la capacidad de carga del panel hasta 27,900 kg, cantidad que representa un 107% más de carga con respecto al panel no. 1.

Los resultados obtenidos se lograron sin que el sistema probado llegara a tener problemas de esbeltez, sus fallas fueron locales y por resistencia. Ver figuras 12 y 13.

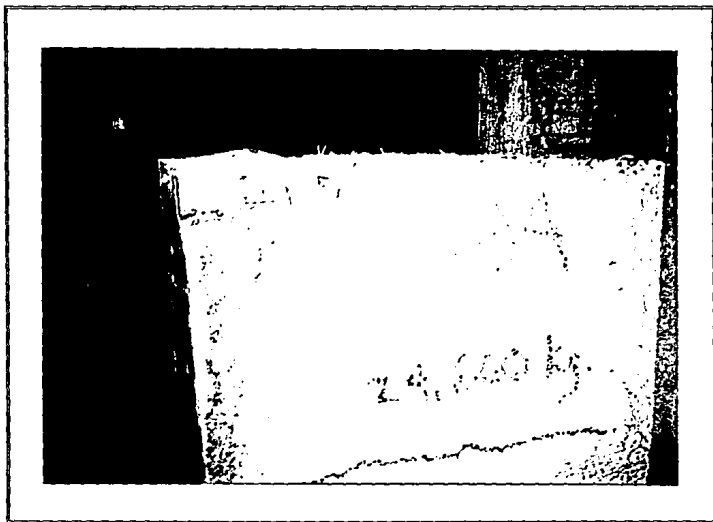


FIGURA No. 12



FIGURA No. 13

## CAPITULO III.

PROCESO DE ENSAYE E INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL SISTEMA  
ERECTAPANEL TRABAJANDO ANTE CARGA LATERAL.

La prueba de muros o paneles bajo la acción de carga lateral es utilizada fundamentalmente para estimar la capacidad de los elementos ante fuerza cortante y de manera adicional para evaluar el comportamiento de esos mismos elementos bajo momento flexionante, por este motivo es que estos elementos fueron instrumentados con barras colocadas diagonalmente en cada una de sus caras con objeto de medir la distorsión provocada por la acción simultánea del cortante y del momento flexionante como se muestra en la figura no. 14.

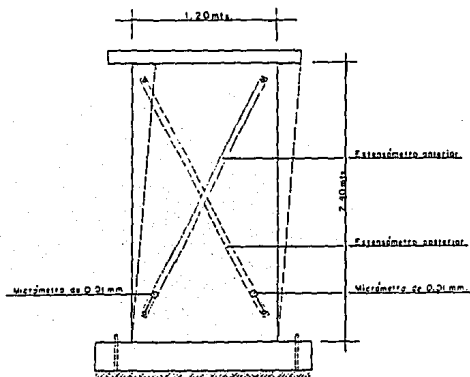
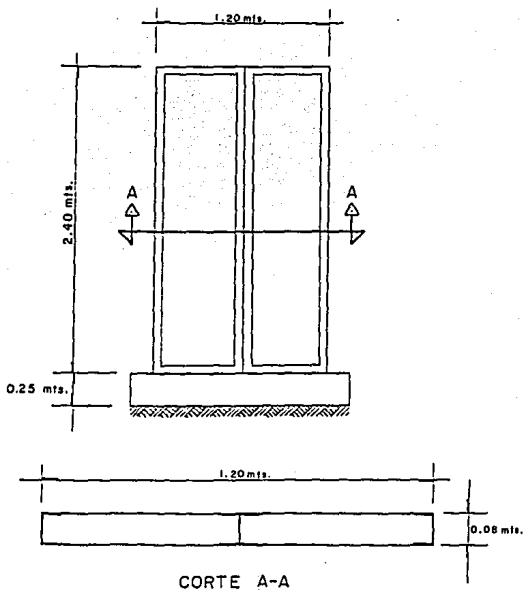


FIGURA No. 14

## III.1. PRUEBA No. 1

Datos:

Carga Lateral Máxima	900.0	kg
Esfuerzo Cortante Bruto Máximo	0.937	kg/cm <sup>2</sup>
Deformación Máxima de Falla	1089.0 x 10 <sup>-5</sup>	unidades





El primer panel utilizado en la serie de pruebas para carga lateral fué ensayado sin adicionarle ningún tipo de refuerzo con el fin de observar y medir su comportamiento en términos de carga y distorsión, tal como resultan de producción.

Las deformaciones generadas por la aplicación de carga desde los primeros niveles fueron excesivas y correspondían a cargas ligeras, figura no. 15, un ejemplo de ello es la deformación alcanzada en el último nivel de carga que para  $1089 \times 10^{-5}$  unidades de deformación le correspondía una carga de tan sólo 900 kg; lo anterior se debe principalmente a que el conglomerado de poliestireno que forma el diafragma del elemento es extraordinariamente deformable y a que las molduras de lámina galvanizada que lo contienen aportan escasa rigidez. Por otro lado el dispositivo donde se solda el panel, solo ofrecía apoyo en el sitio donde se habían colocado conectores ahogados en la dala de desplante, una evidencia de lo planteado se muestra en la figura no. 16 donde se aprecia que el apoyo en los niveles de carga de 400 y 700 kg se encuentra cediendo y las molduras del elemento dejaron de confinar al conglomerado. El panel después de concluido el ensaye no reportaba grietas en su superficie, exclusivamente mostraba aplastamientos en los vértices, circunstancia que denota el bajo nivel de esfuerzos a que estuvo sometida la membrana.

La falla se presentó a los 900 kg de carga provocando el desprendimiento de los conectores ahogados en la dala de concreto, dicha falla fué inducida por la forma de aplicar la carga que generó fuerzas en los apoyos de aproximadamente el doble de la carga aplicada. figura no. 16.

El registro del comportamiento de este panel se observa en la gráfica histerética no. 1, donde la capacidad para tomar cortante se lee en el eje vertical y la respuesta a la sollicitación en el eje horizontal. Esta gráfica indica que con pequeños incrementos de carga se logran grandes deformaciones, muestra de ello es que para un esfuerzo cortante máximo de  $0.937 \text{ kg/cm}^2$  se generó una distorsión de  $1089 \times 10^{-5}$  unidades de deformación.

Los elementos mecánicos principales que se generan con la aplicación de carga en forma lateral y alternada son como los que se muestran en la figura no. 17.

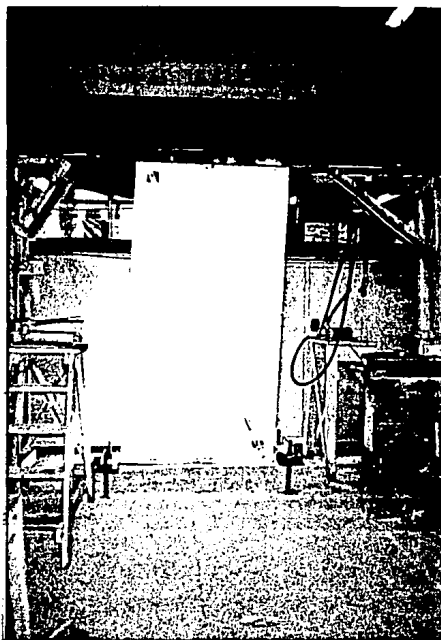


FIGURA No. 15

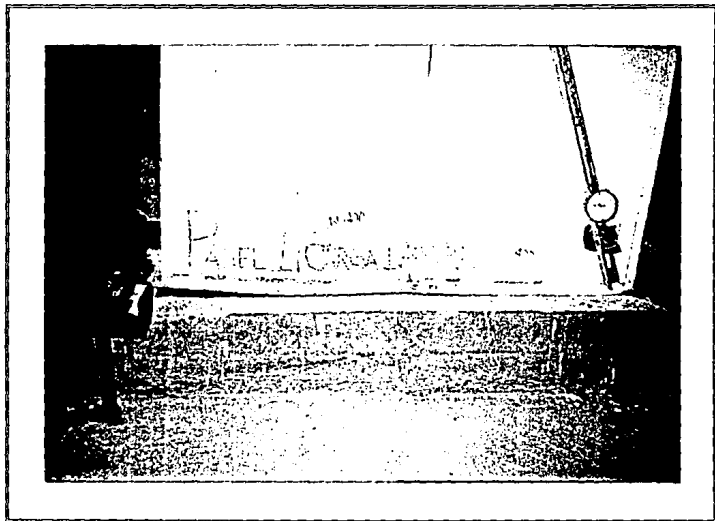
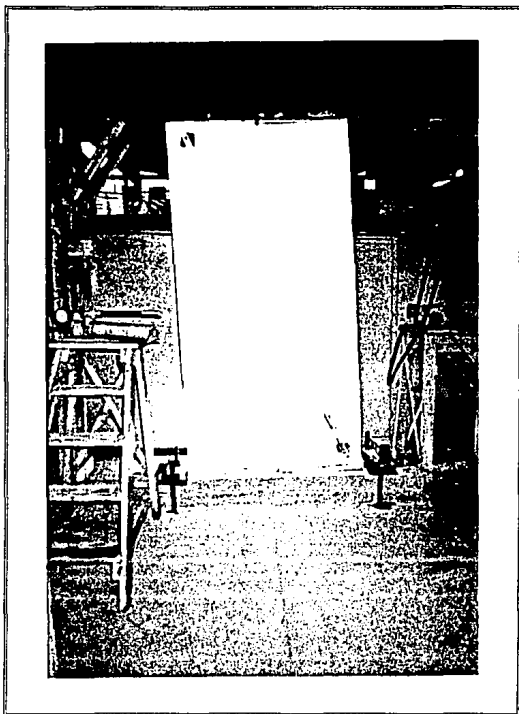


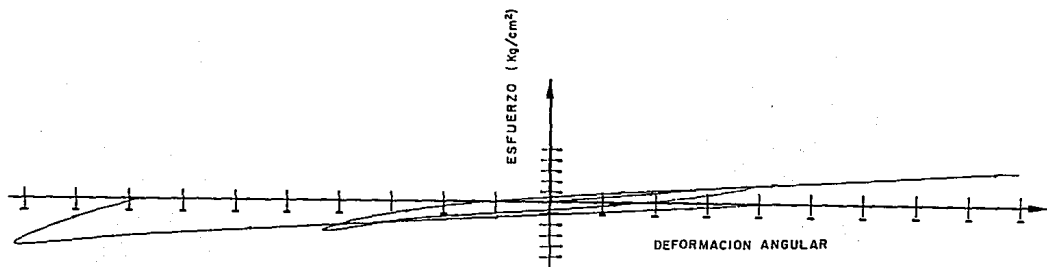
FIGURA No. 16



FIGUARA No. 17

## III.1.1. REPORTE DE DISTORSIONES PANEL No. 1

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-5}$
	0.0	0.0	24.00			27.00			0.0
1	300.0	0.313	28.86	4.86	→	23.41	3.59	←	363.0
2	400.0	0.416	29.32	5.32	→	22.10	4.90	←	438.0
	0.0	0.0	26.00	3.87		24.96	2.04		253.0
3	300.0	0.313	23.02	2.98	←	28.64	3.68	→	286.0
4	400.0	0.416	22.64	3.36	←	29.25	4.29	→	328.0
5	500.0	0.521	22.07	3.93	←	30.18	5.22	→	393.0
6	600.0	0.625	21.36	4.64	←	31.30	6.34	→	471.0
	0.0	0.0	24.00	3.14		27.64	2.68		250.0
7	400.0	0.416	30.65	6.65	→	21.28	6.36	←	558.0
8	500.0	0.521	32.25	8.25	→	19.70	7.94	←	694.0
9	600.0	0.625	34.21	10.21	→	17.75	9.89	←	862.0
9	600.0	0.625	34.59	10.59	→	17.40	10.24	←	894.0
10	700.0	0.729							FALLA
	0.0	0.0	29.00	5.20		22.50	5.14		443.0
11	600.0	0.625	20.56	8.44	←	32.14	9.64	→	776.0
12	700.0	0.729	19.72	9.28	←	33.40	10.40	→	844.0
13	800.0	0.833	18.69	10.31	←	34.77	12.27	→	970.0
14	900.0	0.937	14.76	14.24	←	39.92	17.42	→	1089.0
	0.0	0.0	20.82	9.11		31.71	9.21		785.0

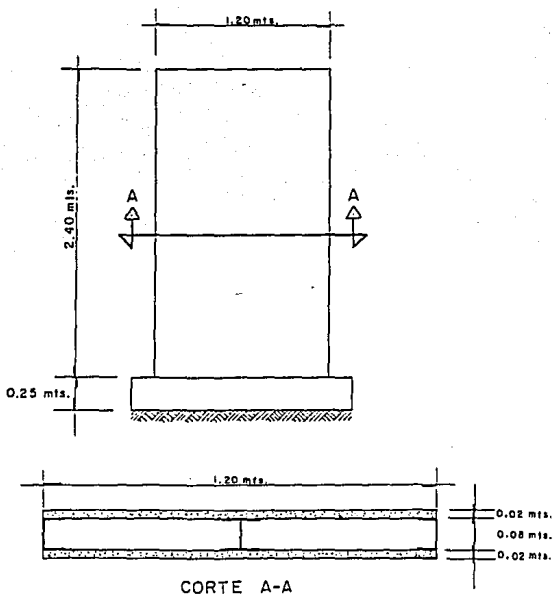


GRAFICA HISTERETICA PANEL No. 1

## III.2 PRUEBA No. 2

Datos:

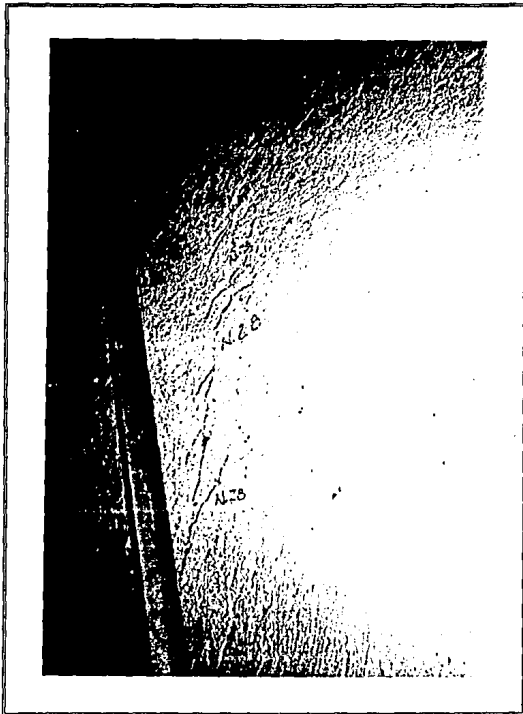
Carga Lateral Máxima	1500.0	kg
Esfuerzo Cortante Bruto Máximo	1.04	kg/cm <sup>2</sup>
Deformación Máxima de falla	221.47 x 10 <sup>-5</sup>	unidades



Este segundo panel fué ensayado colocando previamente un repellado de mortero cemento-arena de 2 cm de espesor en cada una de sus caras y con las características generales planteadas para el primer panel. La forma de apoyar este elemento con relación al primero cambió debido a que, para esta prueba se utilizó un perfil estructural de sección "I" al cual fué soldado el panel en sus extremos y en su parte media. Este elemento, comparado con el primero, tuvo un incremento del 60% en la capacidad de carga y si comparamos la deformación de  $443.0 \times 10^{-5}$  unidades obtenida por el panel no. 1 en el nivel de carga de 400 kg contra la deformación de  $6.43 \times 10^{-5}$  unidades del panel no. 2 en el mismo nivel de carga, encontramos que el repellado colocado en las caras del panel proporciona una rigidez importante ya que trabaja como diafragma rígido y el elemento a simple vista no se observó deformado. La aparición de grietas en estos repellados fué inhibida por la presencia de las fibras sintéticas utilizadas como aditivo en el mortero. A pesar del incremento de la rigidez, la resistencia no logró los niveles deseados, porque sólo fué posible llegar a una carga de falla de 1500 kg asociada a una deformación de  $221.47 \times 10^{-5}$  unidades, que comparada con la deformación de falla del panel no. 1 representa ser 4.93 veces más rígido.

Entre los niveles de carga de 1300 y 1500 kg aparecieron grietas por cortante en la franja que une a las dos piezas que forman el panel, debido a que los elementos asumieron una conducta independiente y no de conjunto como lo demanda el sistema, figura no. 18.

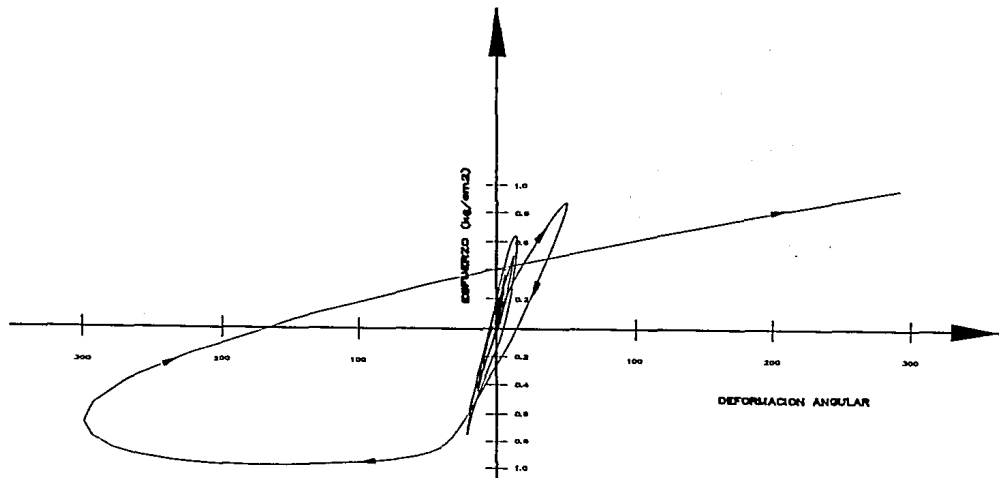




FIGUARA No. 18

## III.2.1. REPORTE DE DISTORCIONES PANEL No. 2

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-5}$
	0.0	0.000	20.00	0.00		22.00	0.00		0.00
1	300.0	0.208	20.02	0.02	←	22.04	0.04	→	2.57
2	400.0	0.277	20.03	0.03	←	22.06	0.06	→	3.86
	0.0	0.000	20.02	0.02		21.01	0.01		1.28
3	300.0	0.208	20.02	0.02	→	21.87	0.14	←	6.86
4	400.0	0.277	20.02	0.00	→	21.82	0.19	←	8.15
5	500.0	0.347	20.01	0.01	→	21.78	0.23	←	10.30
	0.0	0.000	20.04	0.02		21.91	0.10		5.15
6	400.0	0.277	20.05	0.01	←	22.01	0.10	→	4.72
7	500.0	0.347	20.05	0.01	←	22.03	0.12	→	5.58
8	600.0	0.416	20.05	0.01	←	22.06	0.15	→	6.87
	0.0	0.000	20.06	0.15		21.92	0.01		1.07
9	500.0	0.347	20.05	0.03	→	21.69	0.23	←	11.16
10	600.0	0.416	20.02	0.04	→	21.66	0.26	←	12.66
11	700.0	0.486	20.02	0.04	→	21.61	0.31	←	14.89
	0.0	0.000	20.03	0.01		21.80	0.12		5.36
12	600.0	0.416	20.07	0.02	←	22.01	0.21	→	9.78
13	700.0	0.486	20.07	0.02	←	22.05	0.25	→	11.58
14	800.0	0.555	20.08	0.03	←	22.10	0.30	→	14.07
	0.0	0.000	20.08	0.03		21.84	0.04		2.79
15	700.0	0.486	20.02	0.06	→	21.49	0.35	←	17.38
16	800.0	0.555	20.02	0.06	→	21.46	0.38	←	18.88
17	900.0	0.625	20.01	0.07	→	21.43	0.41	←	20.38
	0.0	0.000	20.03	0.01		21.94	0.10		4.51
18	800.0	0.555	20.11	0.03	←	22.11	0.17	→	8.58
19	900.0	0.625	20.13	0.05	←	22.23	0.29	→	11.46
20	1000.0	0.694	20.14	0.06	←	22.28	0.34	→	17.16
	0.0	0.000	20.12	0.04		21.79	0.15		8.15
21	800.0	0.555	20.05	0.07	→	21.46	0.33	←	17.16
22	1000.0	0.694	20.07	0.06	→	21.39	0.40	←	19.52
23	1200.0	0.833	20.07	0.05	→	21.30	0.49	←	22.96
	0.0	0.000	20.15	0.03		21.62	0.17		8.58
24	1000.0	0.694	20.22	0.07	←	22.35	0.73	→	34.33
25	1200.0	0.833	20.26	0.11	←	22.55	0.93	→	44.63
26	1400.0	0.970	20.30	0.15	←	22.80	1.18	→	57.08
	0.0	0.000	20.25	0.10		21.92	0.30		16.95
27	1200.0	0.833	20.12	0.13	→	21.26	0.66	←	33.69
28	1400.0	0.970	20.29	0.05	→	20.76	1.16	←	51.72
29	1500.0	1.040	21.39	1.14	→	17.90	4.02	←	221.47
	0.0	0.000	21.25	1.00		19.07	2.85		165.18
30	1400.0	0.970	21.14	0.11	←	25.77	6.70	→	292.27

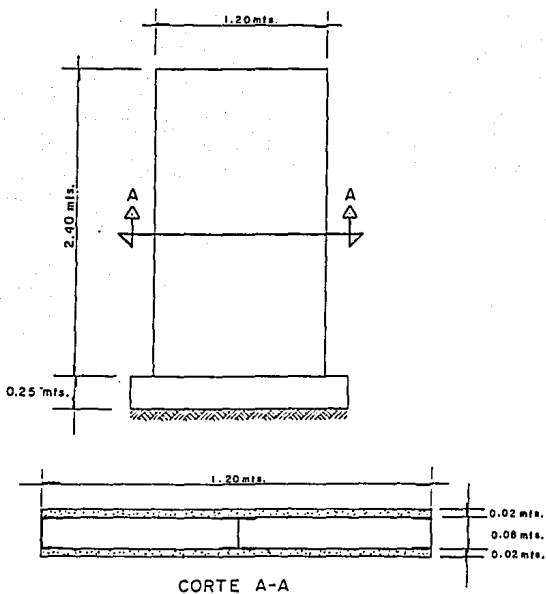


GRAFICA HISTERETICA PANEL No. 2

## III.3. PRUEBA No. 3.

Datos:

Carga Lateral Máxima	2700.0	kg
Esfuerzo Cortante Bruto Máximo	1.87	kg/cm <sup>2</sup>
Deformación Máxima de falla	$17.55 \times 10^{-3}$	unidades



El ensaye de este panel contempló las mismas características generales utilizadas en el panel no. 2 incluyendo, para este ensaye, el uso de malla electrosoldada con designación 6 x 6 10/10 con objeto de darle continuidad a la membrana de mortero utilizada como repellado.

La información obtenida para este ensaye en relación a la carga y a la deformación se establecerá utilizando nuevamente como parámetro el nivel de carga de 400 kg del panel no. 1.

PANEL 1		PANEL 3	
Carga (kg)	Distorsión	Carga (kg)	Distorsión
400.0	$443.0 \times 10^{-5}$	400.0	$1.93 \times 10^{-5}$

Los datos anteriores reflejan un incremento sustancial en la rigidez del elemento y el contar con fibras sintéticas como aditivo en el mortero provocó que las grietas aparecieran hasta los 1600 kg de carga, a partir de este nivel la aparición de grietas fué más frecuente a medida que la carga se incrementaba. El nivel de carga de 2000 kg propició el aumento en el número, extensión y espesor de las grietas además de ocasionar una distorsión en el elemento de  $11.86 \times 10^{-5}$  unidades, que comparado con las deformaciones del panel no. 1, justifica una deformación realmente pequeña como se aprecia en la gráfica histerética del panel no. 3.

Al aplicar la carga de 2700 kg el elemento se desprendió de la junta soldada, guardando aún posibilidades importantes de carga, por lo que es posible establecer que el elemento en sí no falló y lo que motivo la falla fué su sistema de apoyo.

CARGA MAXIMA (kg)	DISTORSION MAXIMA
2700.0	$17.55 \times 10^{-5}$

El mortero reforzado con malla electrosoldada funcionó adecuadamente como membrana, la cual proporcionó una rigidez que por los resultados anteriores rebasa sobradamente en comportamiento a los paneles no. 1 y 2. Valorando la aportación del repellido sobre el panel es posible atribuirle conservadoramente un 50% más en su capacidad lograda, capacidad que seguramente hubiera alcanzado de no presentarse el desprendimiento de la soldadura en el apoyo.



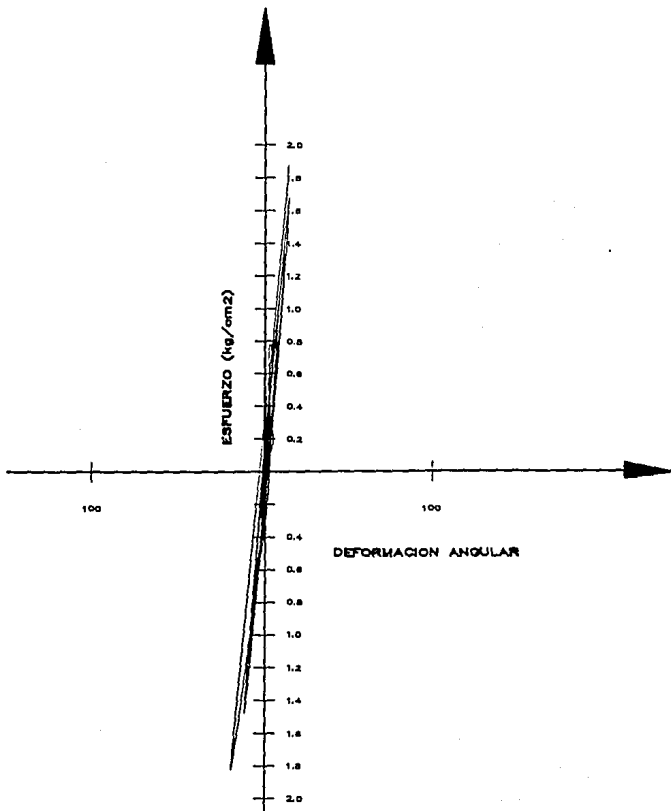
FIGURA No. 19

## III.3.1 REPORTE DE DISTORSIONES PANEL No. 3

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-5}$
	0.0	0.000	23.00	0.00		24.00	0.00		0.00
1	300.0	0.208	25.01	0.01	→	23.97	0.03	←	1.72
2	400.0	0.277	25.01	0.01	→	23.95	0.05	←	2.57
3	500.0	0.347	25.01	0.01	→	23.94	0.06	←	3.00
	0.0	0.000	23.00	0.00		23.98	0.02		0.86
4	300.0	0.208	25.00	0.00	←	24.01	0.03	→	1.28
5	400.0	0.277	25.00	0.00	←	24.01	0.03	→	1.28
6	500.0	0.347	25.00	0.00	←	24.02	0.04	→	1.72
7	600.0	0.416	25.00	0.00	←	24.03	0.05	→	2.14
	0.0	0.000	25.00	0.00		23.99	0.01		0.43
8	500.0	0.347	25.00	0.00	→	23.94	0.05	←	2.14
9	600.0	0.416	25.00	0.00	→	23.93	0.06	←	2.57
10	700.0	0.486	25.00	0.00	→	23.92	0.07	←	3.00
11	800.0	0.555	25.00	0.00	→	23.91	0.08	←	3.43
	0.0	0.000	25.00	0.00		23.98	0.01		0.43
12	600.0	0.416	24.95	0.05	←	24.03	0.05	→	4.30
13	700.0	0.486	24.95	0.05	←	24.04	0.06	→	4.72
14	800.0	0.555	24.95	0.05	←	24.05	0.07	→	5.15
15	900.0	0.625	24.95	0.05	←	24.06	0.08	→	5.58
16	1000.0	0.694	25.00	0.00	←	24.07	0.09	→	3.86
	0.0	0.000	25.02	0.02		23.98	0.00		0.77
17	800.0	0.555	25.00	0.01	→	23.91	0.07	←	3.56
18	900.0	0.625	25.00	0.02	→	23.90	0.08	←	4.08
19	1000.0	0.694	25.01	0.02	→	23.89	0.09	←	4.59
20	1100.0	0.764	25.02	0.02	→	23.89	0.09	←	4.63
21	1200.0	0.833	25.03	0.02	→	23.98	0.00	←	0.94
	0.0	0.000	24.99	0.03		23.97	0.01		1.54
22	1000.0	0.694	25.00	0.01	←	24.08	0.11	→	5.10
23	1100.0	0.764	25.00	0.01	←	24.09	0.12	→	5.53
24	1200.0	0.833	25.00	0.01	←	24.10	0.13	→	5.96
25	1300.0	0.902	25.00	0.01	←	24.11	0.14	→	6.43
26	1400.0	0.972	25.00	0.01	←	24.12	0.15	→	6.86
	0.0	0.000	25.01	0.02		24.00	0.03		1.97
27	1200.0	0.833	24.99	0.02	→	23.88	0.12	←	6.14
28	1300.0	0.902	24.98	0.03	→	23.87	0.13	←	6.78
29	1400.0	0.972	24.98	0.03	→	23.85	0.15	←	7.64
30	1500.0	1.040	24.98	0.03	→	23.83	0.17	←	8.58
31	1600.0	1.110	24.98	0.03	→	23.82	0.18	←	9.14
	0.0	0.000	24.99	0.01		23.96	0.04		2.14
32	1400.0	0.972	25.01	0.01	←	24.12	0.16	→	7.38
33	1500.0	1.040	25.01	0.01	←	24.13	0.17	→	7.81
34	1600.0	1.110	25.01	0.01	←	24.15	0.19	→	8.45
35	1700.0	1.180	25.00	0.00	←	24.16	0.20	→	8.67
36	1800.0	1.250	25.00	0.00	←	24.17	0.21	→	9.14
	0.0	0.000	25.02	0.03		24.01	0.05		2.26

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-5}$
37	1600.0	1.110	24.98	0.04	→	23.83	0.18	←	9.31
38	1700.0	1.180	24.98	0.04	→	23.81	0.20	←	10.40
39	1800.0	1.250	24.98	0.04	→	23.80	0.21	←	10.81
40	1900.0	1.320	24.98	0.05	→	23.58	0.23	←	11.80
41	2000.0	1.380	24.97	0.05	→	23.76	0.25	←	12.78
	0.0	0.000	25.01	0.01		23.97	0.04		2.14
42	1800.0	1.250	25.00	0.02	←	24.17	0.02	→	9.23
43	1900.0	1.320	24.99	0.02	←	24.19	0.22	→	10.30
44	2000.0	1.380	24.99	0.03	←	24.20	0.23	→	10.94
45	2100.0	1.460	24.98	0.03	←	24.21	0.24	→	11.58
46	2200.0	1.530	24.97	0.04	←	24.22	0.25	→	12.44
	0.0	0.000	25.02	0.01		24.00	0.03		1.71
47	2300.0	1.590	24.97	0.05	→	23.75	0.27	←	13.73
48	2400.0	1.660	24.98	0.04	→	23.70	0.30	←	14.59
49	2500.0	1.730	24.97	0.06	→	23.68	0.32	←	16.09
	0.0	0.000	25.02	0.01		23.94	0.06		2.79
50	2200.0	1.530	24.94	0.08	←	24.22	0.28	→	15.24
51	2300.0	1.590	24.94	0.08	←	24.24	0.30	→	16.10
52	2400.0	1.660	24.93	0.09	←	24.25	0.31	→	17.16
53	2500.0	1.730	24.92	0.10	←	24.27	0.33	→	18.45
54	2600.0	1.810	24.91	0.11	←	24.28	0.34	→	19.32
55	2700.0	1.870	24.90	0.12	←	24.30	0.36	→	20.40
	0.0	0.000	25.00	0.02		24.00	0.06		3.21
56	2500.0	1.730	24.96	0.04	→	23.71	0.29	←	14.16
57	2600.0	1.810	24.96	0.04	→	23.70	0.30	←	14.59
58	2700.0	1.870	24.96	0.04	→	23.69	0.31	←	14.70



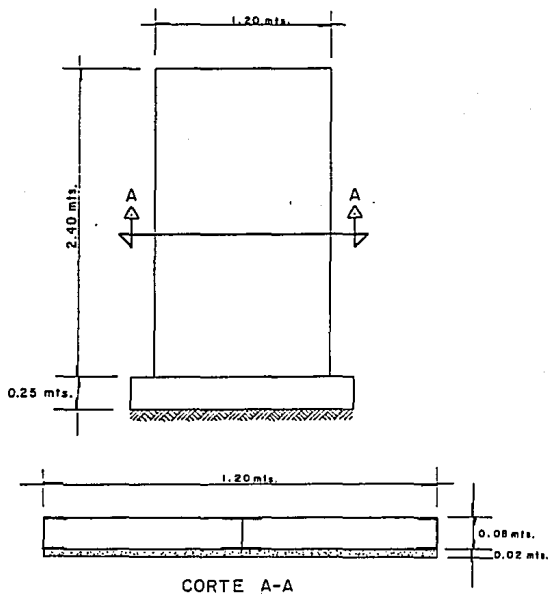


GRAFICA HISTERETICA PANEL No. 3

## III.4. PRUEBA No. 4

Datos:

Carga Lateral Máxima	4000.0	kg
Esfuerzo Cortante Bruto Máximo	3.33	kg/cm <sup>2</sup>
Deformación Máxima de Falla	140.77 x 10 <sup>-5</sup>	unidades



En la realización de la cuarta prueba se sustituyó el refuerzo colocado en el repellado por elementos de contraventeo a base de barras de acero G-42 de 3/8" con objeto de proporcionar rigidez al marco de molduras de lámina galvanizada. Con objeto de observar la calidad de la detallería en uniones de barras y estimar su aportación al elemento de conjunto se ensayó el panel sin el diafragma de conglomerado. Para este ensaye se trabajó al elemento como armadura lográndose una capacidad de carga de 900 kg. Ver figura no. 20.

El panel no. 4 por lo tanto, contó con el refuerzo alternativo de contravientos en el alma del diafragma y con un repellado sin refuerzo en una de sus caras.

Es prudente comparar para una carga de 400 kg las deformaciones alcanzadas por el panel no. 4 con respecto a los otros paneles ensayados bajo la modalidad de carga lateral obteniéndose lo siguiente:

PANEL 1		PANEL 4	
Carga (kg)	Deformación	Carga (kg)	Deformación
400.0	$443.0 \times 10^{-5}$	400.0	$15.87 \times 10^{-5}$

Los resultados anteriores muestran que el panel no. 4 es sustancialmente más rígido que el panel no. 1, pero si comparamos en este mismo nivel al panel no. 4 con el panel no. 3 nos percatamos que este último con membranas reforzadas en ambos lados es aún más rígido, sin que esto quiera decir que el resultado obtenido para este nivel por el panel no. 4 sea malo, esta comparación invita a que se observen las gráficas histeréticas y se detecte cómo cada panel tiene diferente potencial para disipar energía con deformación.

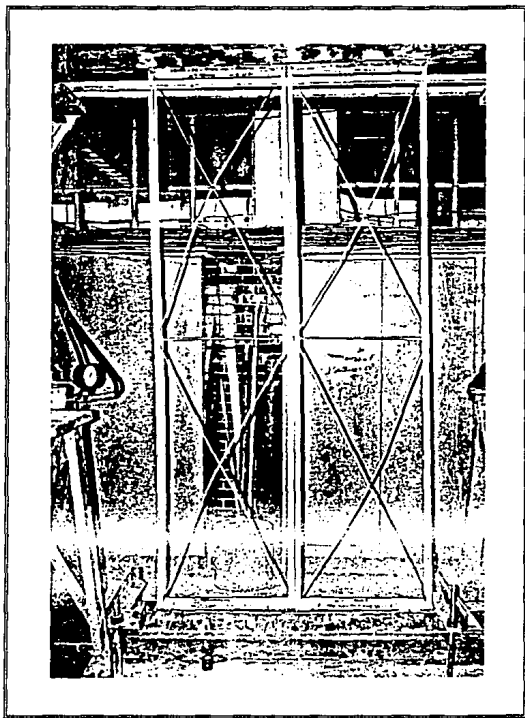
Si comparamos la deformación obtenida en el nivel de carga con el que se desprende la soldadura del panel no. 3 contra la generada en el panel no. 4 en ese mismo nivel, resulta:

Panel 3		Panel 4	
Carga (kg)	Deformación	Carga (kg)	Deformación
2700	$17.55 \times 10^{-5}$	2700	$97.0 \times 10^{-5}$

donde se aprecia que el panel no. 4 mantiene deformaciones más importantes que el panel no. 3.

En la gráfica histerética del panel no. 4 se observa que la historia de carga va aumentando gradualmente al igual que la distorsión y que la disipación de energía con deformación igualmente es gradual, lo anterior es un índice de comportamiento adecuado porque muestra una respuesta razonablemente elástica, más aún, en el umbral de falla la correspondencia entre el nivel de carga y deformación se mantiene proporcional. El comportamiento arriba descrito provocó que los ciclos de histéresis mantuvieran sus áreas del mismo orden entre ciclo y ciclo.

Si se analiza la historia de deformaciones capturadas por cada una de las caras, se verá que las mayores deformaciones se presentaron en la cara que no tenía repellido, lo que motivó que las grietas y fisuras principalmente aparecieran en este sitio como se observa en las figuras no. 21, 22 y 23. La falla que se presentó en este ensayo fue por resistencia y por la limitación que provocó la falta de simetría, ocasionando que ésta se precipitara por efectos de torsión en el muro al llegar a una carga de 4100 kg. Cabe hacer la observación que las grietas del elemento en su cara repellada fueron generadas por esfuerzos normales de flexión y que la no repellada mostró grietas inclinadas por esfuerzos principales normales, pero inducidos por cortante. Como se ve en las figuras no. 21 y 22.



FIGUARA No. 20



FIGUARA No. 21

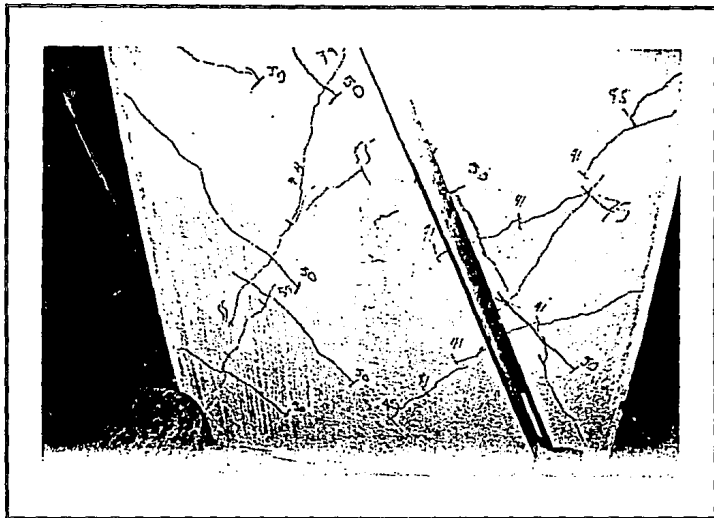


FIGURA No. 22



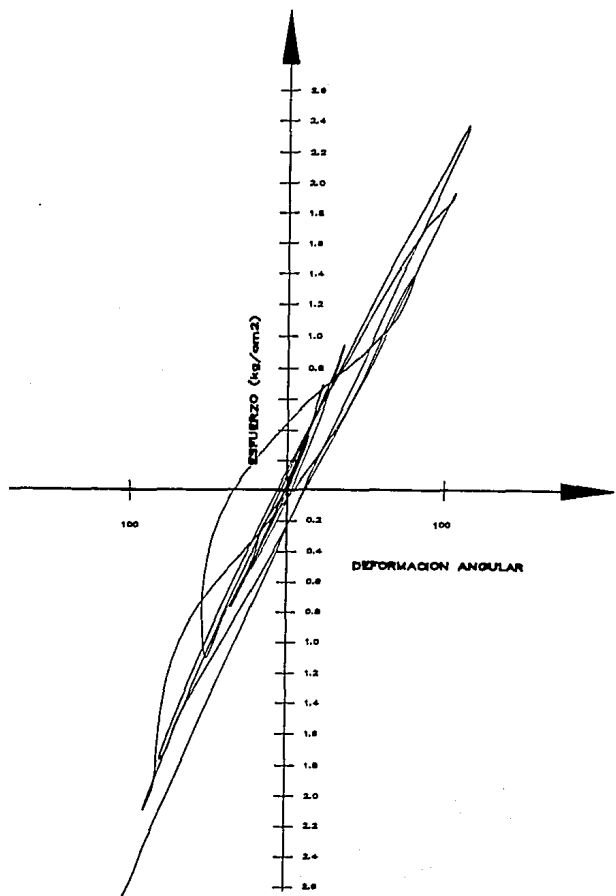
FIGUARA No. 23



## III.4.1. REPORTE DE DISTORSIONES PANEL No. 4

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-5}$
	0.0	0.000	25.00	0.00		25.00	0.00		0.00
1	300.0	0.250	25.05	0.05	←	25.21	0.21	→	11.15
2	400.0	0.333	25.06	0.06	←	25.25	0.25	→	13.30
3	500.0	0.416	25.06	0.06	←	25.29	0.29	→	15.02
	0.0	0.000	25.00	0.00		25.02	0.02		0.86
4	300.0	0.250	24.85	0.15	→	24.74	0.28	←	18.45
5	400.0	0.333	24.85	0.15	→	24.74	0.28	←	18.45
6	500.0	0.416	24.83	0.17	→	24.70	0.32	←	21.00
7	600.0	0.500	24.81	0.19	→	24.65	0.37	←	24.03
8	700.0	0.583	24.78	0.22	→	23.61	0.41	←	27.03
	0.0	0.000	24.99	0.01		25.00	0.02		1.28
9	500.0	0.416	25.05	0.06	←	25.30	0.30	→	15.45
10	600.0	0.500	25.06	0.07	←	25.35	0.35	→	17.81
11	700.0	0.583	25.07	0.08	←	25.39	0.39	→	19.96
12	800.0	0.667	25.07	0.08	←	25.43	0.45	→	21.89
13	900.0	0.750	25.08	0.09	←	25.48	0.48	→	24.46
	0.0	0.000	25.00	0.01		25.00	0.04		2.14
14	700.0	0.583	24.76	0.24	→	24.60	0.44	←	29.18
15	800.0	0.667	24.74	0.26	→	24.56	0.48	←	31.76
16	900.0	0.750	24.71	0.29	→	24.52	0.52	←	34.76
17	1000.0	0.833	24.69	0.31	→	24.48	0.56	←	37.34
	0.0	0.000	24.98	0.02		25.02	0.02		1.72
18	900.0	0.750	25.12	0.14	←	25.56	0.54	→	29.18
19	1000.0	0.833	25.13	0.15	←	25.61	0.59	→	31.76
20	1100.0	0.916	25.14	0.16	←	25.66	0.64	→	34.33
21	1200.0	1.000	25.15	0.17	←	25.73	0.71	→	37.76
	0.0	0.000	25.05	0.07		25.09	0.07		6.00
22	1000.0	0.833	24.69	0.36	→	24.50	0.59	←	40.77
23	1100.0	0.916	24.67	0.38	→	24.46	0.63	←	43.34
24	1200.0	1.000	24.65	0.40	→	24.41	0.68	←	46.35
25	1300.0	1.080	24.62	0.43	→	24.37	0.72	←	49.35
26	1400.0	1.160	24.60	0.45	→	24.31	0.78	←	52.79
	0.0	0.000	24.97	0.08		25.04	0.05		5.58
27	1200.0	1.000	25.30	0.33	←	26.13	1.09	→	60.94
28	1300.0	1.080	25.34	0.37	←	26.24	1.20	→	67.38
29	1400.0	1.160	25.38	0.41	←	26.35	1.31	→	73.82
30	2000.0	1.660	25.50	0.53	←	26.59	1.55	→	89.27
	0.0	0.000	25.08	0.11		25.25	0.21		13.73
31	1800.0	1.500	24.55	0.53	→	24.17	1.08	←	69.10
32	1900.0	1.580	24.53	0.55	→	24.15	1.10	←	70.81
33	2000.0	1.660	24.51	0.57	→	24.11	1.14	←	73.40
34	2100.0	1.750	24.48	0.60	→	24.05	1.20	←	77.25
35	2200.0	1.830	24.45	0.63	→	23.92	1.33	←	84.12

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-5}$
	0.0	0.000	25.00	0.08		25.05	0.20		12.01
36	2000.0	1.660	25.47	0.47	←	26.55	1.50	→	84.55
37	2100.0	1.750	25.51	0.51	←	26.67	1.62	→	91.42
38	2200.0	1.830	25.57	0.57	←	26.81	1.76	→	100.00
39	2300.0	1.916	25.63	0.63	←	26.94	1.89	→	108.15
40	2400.0	2.000	24.68	0.68	←	26.88	1.83	→	107.72
	0.0	0.000	25.10	0.10		25.41	0.36		19.74
41	2200.0	1.830	24.54	0.56	→	24.14	1.27	←	78.54
42	2300.0	1.916	24.52	0.58	→	24.09	1.32	←	81.54
43	2400.0	2.000	24.49	0.61	→	24.04	1.37	←	84.97
44	2500.0	2.080	24.47	0.63	→	23.98	1.43	←	88.41
45	2600.0	2.160	24.44	0.66	→	23.91	1.50	←	92.70
	0.0	0.000	25.10	0.00		25.20	0.21		9.01
46	2400.0	2.000	25.69	0.59	←	26.83	1.63	→	95.28
47	2500.0	2.080	25.71	0.61	←	26.92	1.72	→	100.00
48	2600.0	2.160	25.73	0.63	←	27.00	1.80	→	104.30
49	2700.0	2.250	25.75	0.65	←	27.08	1.88	→	108.60
50	2800.0	2.330	25.76	0.66	←	27.16	1.96	→	112.44
51	3000.0	2.500	25.72	0.62	←	27.46	2.26	→	123.60
	0.0	0.000	25.10	0.00		25.41	0.21		9.01
52	2600.0	2.160	24.56	0.54	→	24.05	1.36	←	81.54
53	2700.0	2.250	24.54	0.56	→	23.98	1.43	←	85.40
54	2800.0	2.330	24.51	0.59	→	23.93	1.48	←	88.84
55	3000.0	2.500	24.47	0.63	→	23.84	1.57	←	94.42
56	3200.0	2.660	24.42	0.68	→	23.72	1.69	←	101.72
57	3400.0	2.830	24.34	0.76	→	23.57	1.84	←	111.59
58	4000.0	3.333	23.97	1.13	→	23.76	2.15	←	140.77



GRAFICA HISTERETICA PANEL No. 4

### III.5. PRUEBA No. 5

Resuelto el problema de rigidez y capacidad de carga del sistema Erectapanel, se prescindió del perfil de acero laminado en el desplante del sistema, recurriendo nuevamente al método de anclaje utilizado en el primer panel, con la única novedad consistente en la colocación de más conectores. La falla del panel, como era de esperarse, se presentó en la unión lámina conector, motivo por el cual esta prueba solo acumuló 1500 kg asociados a una deformación de  $94.88 \times 10^{-5}$  unidades.

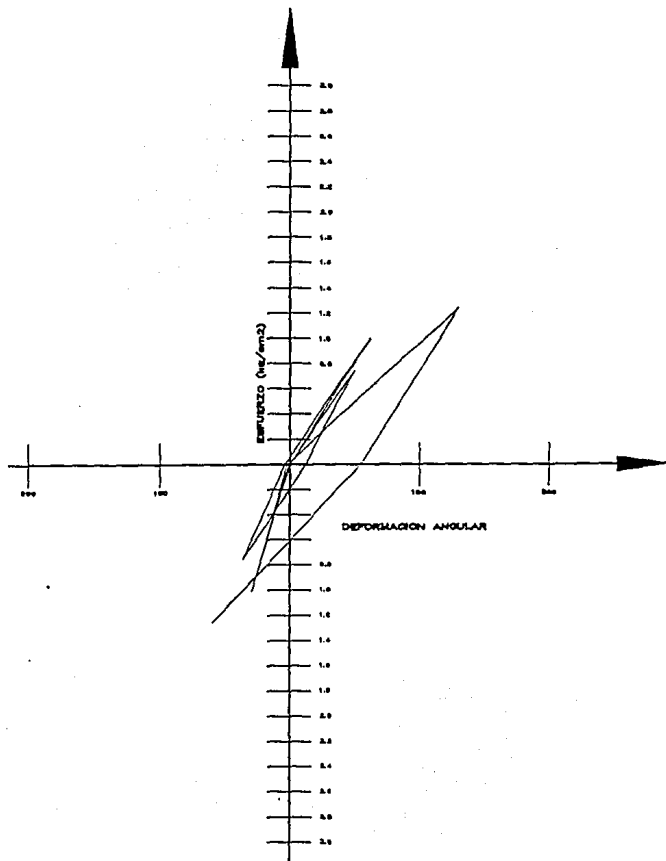
Sin embargo es posible establecer a continuación, aún con el poco desarrollo logrado en esta prueba, la comparación con el panel no. 4:

PANEL 4		PANEL 5	
CARGA (kg)	DISTORSION	CARGA (kg)	DISTORSION
1200.0	$53.64 \times 10^{-5}$	1200.0	$45.94 \times 10^{-5}$

Resultados que indican, para el panel no. 4 y 5, un comportamiento consistente, ya que se trata de paneles de las mismas características.

## III.5.1. REPORTE DE DISTORSIONES PANEL No. 5

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-5}$
	0.0	0.000	16.00			13.00			0.00
1	900.0	0.750	16.44	0.44	←	13.75	0.75	→	50.85
	0.0	0.000	16.00	0.00		13.28	0.28		11.96
2	900.0	0.750	15.63	0.37	→	12.82	0.46	←	35.47
	0.0	0.000	15.94	0.06		13.25	0.03		3.84
3	1200.0	1.000	16.62	0.68	←	14.05	0.80	→	63.24
	0.0	0.000	15.94	0.00		13.25	0.00		0.00
4	1200.0	1.000	15.57	0.37	→	12.95	0.30	←	28.63
	0.0	0.000	15.93	0.01		12.29	0.04		2.14
5	1500.0	1.250	16.43	0.50	←	14.85	2.56	→	130.80
	0.0	0.000	16.02	0.09		13.49	1.20		55.13
6	1500.0	1.250	15.38	0.64	→	12.75	0.74	←	58.97



GRAFICA HISTERETICA PANEL No. 5

### III.6. PRUEBA No. 6

En vista de que el problema se localizó en la unión dala-panel, el panel no. 6 se decidió fuera empotrado en la dala de desplante, retirando previamente parte del material conglomerado del diafragma con objeto de que éste fuese sustituido por concreto en el momento de ser colada su cimentación.

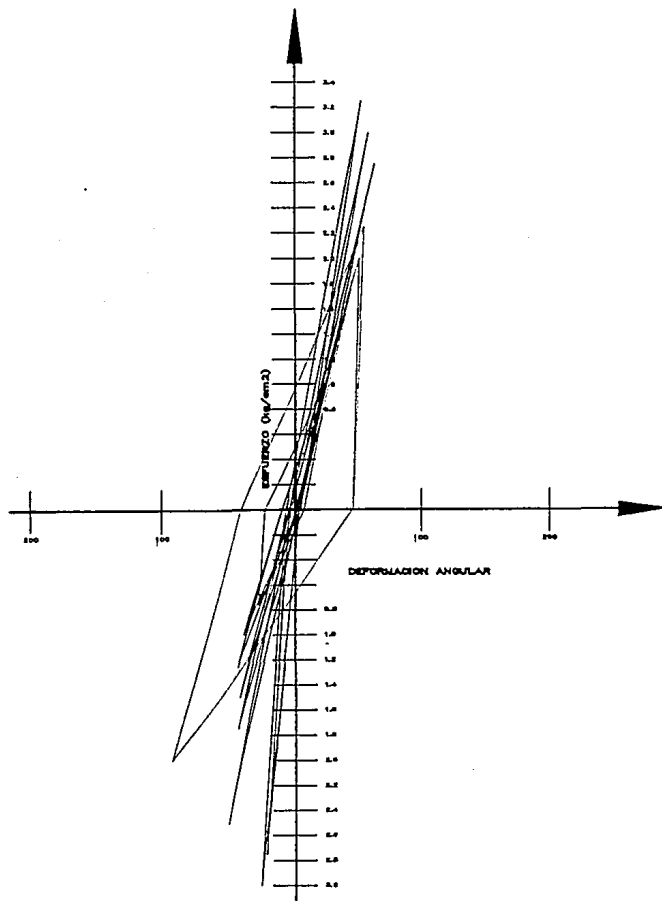
El incremento gradual de la carga fué adecuadamente asimilado con el nuevo sistema de anclaje, lográndose una carga máxima de 3900 kg y una distorsión de  $53.42 \times 10^{-5}$  unidades.

Si analizamos la gráfica histerética del panel en cuestión, observaremos que el comportamiento de este elemento se condujo elásticamente en la mayor parte del trayecto de la prueba; fue hasta el nivel de carga 18 con 3300 kg que el ciclo histerético logró su mayor área, indicándonos una mayor deformación. Es posible concluir en esta prueba, que la interacción panel-dala fué adecuada, sin embargo en los últimos niveles de carga se presentaron desprendimientos del concreto de la dala que no permitieron el incremento de carga por lo menos en dos niveles más de 300 kg cada uno. La posibilidad de detallar para su mejor comportamiento la junta panel-dala, se desvanece al hacer una serie de reflexiones sobre su factibilidad en la obra, por lo tanto se descartó esta solución y se planteó otra alternativa, utilizando el dispositivo de conectores usado inicialmente con un implemento que resolvió la debilidad del dispositivo para asumir esfuerzos normales de tensión, dicho implemento consistió en colocar en forma terciada soleras de 1/4" de espesor y 1 1/2 " de ancho en forma de "U", soldadas en sus dos ramas a la moldura de lámina galvanizada que contiene al diafragma. Resuelto el problema en la cimentación se procedió al ensaye del panel no. 7.

## III.6.1. REPORTE DE DISTORSIONES PANEL No. 6

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-5}$
	0.0	0.000	17.00	0.00		9.00			0.00
1	900.0	0.750	17.38	0.38	→	9.15	0.15	←	22.43
	0.0	0.000	17.14	0.14		8.97	0.03		7.26
2	900.0	0.750	17.05	0.09	←	8.43	0.55	→	27.14
	0.0	0.000	17.43	0.29		8.74	0.24		22.43
3	1200.0	1.000	17.74	0.31	→	8.98	0.25	←	23.72
	0.0	0.000	17.49	0.06		8.71	0.02		3.50
4	1200.0	1.000	17.22	0.27	←	8.07	0.64	→	39.02
	0.0	0.000	17.58	0.09		8.57	0.14		9.96
5	1500.0	1.250	17.95	0.37	→	8.92	0.35	←	30.77
	0.0	0.000	17.61	0.03		8.57	0.00		1.28
6	1500.0	1.250	17.38	0.23	←	7.78	0.79	→	43.59
	0.0	0.000	17.70	0.09		8.44	0.13		9.40
7	1800.0	1.500	18.17	0.47	→	8.87	0.43	←	38.46
	0.0	0.000	17.71	0.01		8.47	0.03		1.71
8	1800.0	1.500	17.52	0.19	←	7.66	0.81	→	42.73
	0.0	0.000	17.73	0.02		8.39	0.08		4.27
9	2100.0	1.750	18.32	0.59	→	8.87	0.48	←	45.72
	0.0	0.000	17.77	0.04		8.43	0.04		3.42
10	2100.0	1.750	17.64	0.13	←	7.54	0.89	→	43.59
	0.0	0.000	17.83	0.06		8.34	0.09		6.41
11	2400.0	2.000	18.51	0.68	→	8.87	0.53	←	51.71
	0.0	0.000	18.84	1.01		8.40	0.06		45.72
12	2400.0	2.000	17.78	1.06	←	7.31	1.09	→	91.88
	0.0	0.000	17.92	0.92		8.34	0.06		41.18
13	2700.0	2.250	18.71	0.79	→	8.85	0.51	←	55.55
	0.0	0.000	17.92	1.00		8.40	0.06		45.30
14	2700.0	2.250	17.89	0.03	←	8.04	0.36	→	16.66
	0.0	0.000	17.95	0.03		8.41	0.01		1.71
15	3000.0	2.500	18.81	0.86	→	8.88	0.47	←	56.84
	0.0	0.000	17.94	0.01		8.46	0.05		2.56
16	3000.0	2.500	17.05	0.89	←	8.15	0.31	→	51.28
	0.0	0.000	17.99	0.05		8.45	0.01		2.56
17	3300.0	2.750	19.07	1.08	→	8.87	0.42	←	64.10
	0.0	0.000	17.97	0.02		8.50	0.05		2.99
18	3300.0	2.750	18.32	0.35	←	8.34	0.16	→	21.80
	0.0	0.000	18.04	0.07		8.53	0.03		4.27
19	3600.0	3.000	19.11	1.07	→	8.85	0.32	←	59.40
	0.0	0.000	17.98	0.06		8.55	0.02		3.41
20	3600.0	3.000	18.58	0.60	←	8.55	0.00	→	25.64
	0.0	0.000	18.08	0.10		8.61	0.06		6.84
21	3900.0	3.250	19.12	1.04	→	8.82	0.21	←	53.42
	0.0	0.000	17.98	0.10		8.62	0.01		4.70





GRAFICA HISTERETICA PANEL No. 6

### III.7. PRUEBA No. 7

El panel no. 7 contó con las mismas características logradas en los tres anteriores paneles probados, con la única diferencia localizada en su dispositivo de unión panel - dala, inicialmente el elemento se condujo elásticamente hasta el nivel de carga No. 12, momento en el que van creciendo gradualmente las deformaciones plásticas en relación directa con el nivel de carga. La gráfica histerética correspondiente tiene una configuración bastante regular y es posible apreciar en ella el paso gradual a la inestabilidad, sin que esto implique un salto abrupto en ella.

Estableciendo la comparación en el nivel 21 del panel no. 6 y 7 se obtiene lo siguiente:

PANEL 6		PANEL 7	
CARGA (kg)	DISTORSION	CARGA (kg)	DISTORSION
3900.0	$53.42 \times 10^{-5}$	3900.0	$89.7 \times 10^{-5}$

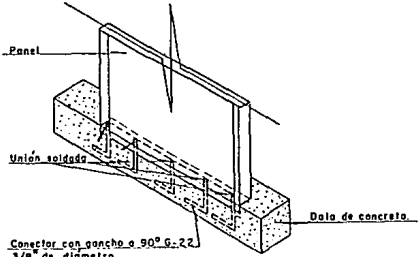
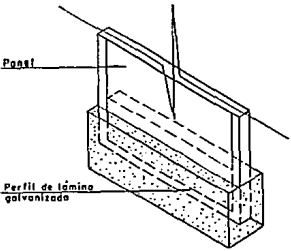
La evidente diferencia de deformaciones entre el panel no. 6 y 7 es posible justificarla a partir de lo siguiente:

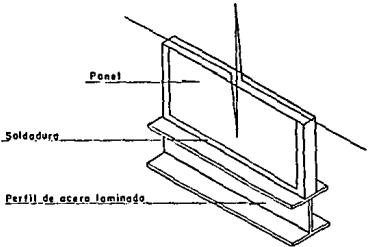
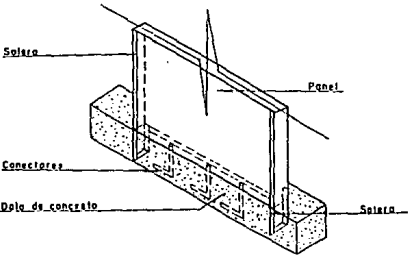
El panel no. 6 fué sumergido dentro de la dala de desplante, razón por la cual la altura del panel disminuyó en aproximadamente 30 cm, por lo tanto se tenía para este ensaye un panel con relación de esbeltez más pequeña y consecuentemente deformaciones menos importantes que el panel no. 7. Para entender la diferencia planteada es necesario considerar que el incremento en la longitud de un elemento como el que nos ocupa, acarrea deformaciones en forma geométrica.

El panel no. 7 se logró llevar a sus últimas consecuencias en capacidad de carga, consiguiendo que el sistema de apoyo se comportara correctamente hasta que se presentó una falla local de pandeo, existiendo a estas alturas una carga de 4300 kg asociado a  $102.35 \times 10^{-5}$  unidades de deformación.

PANEL 7		
CARGA (kg)	DISTORSION	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )
4300.0	$102.35 \times 10^{-5}$	3.58

Con objeto de resolver el problema del sistema de empotramiento, fué necesario hacer pruebas adicionales con implementaciones de nuevas opciones, a continuación se presentan los dispositivos utilizados con sus ventajas y limitaciones.

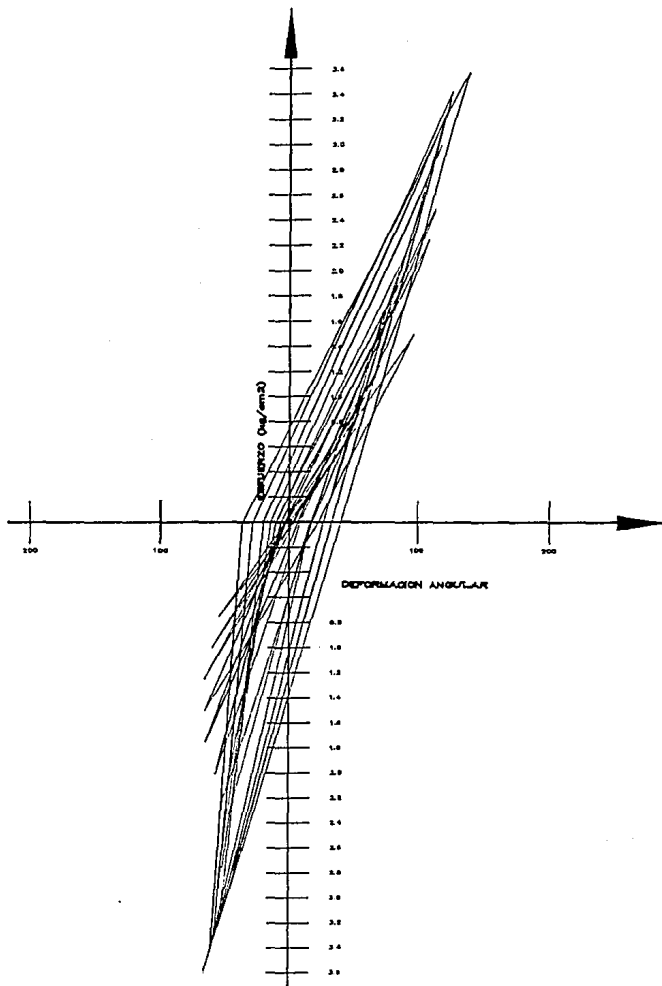
CROQUIS	VENTAJAS	LIMITACIONES
<p>1</p>  <p>Panel</p> <p>Unión soldada</p> <p>Dala de concreto</p> <p>Conector con gancho a 90° G. 22 3/8" de diámetro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-CONCEPTO SENCILLO</li> <li>-FACIL FABRICACION</li> <li>-FACIL COLOCACION</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LA UNION LAMINA CONECTOR ES MUY ESCASA POR LO QUE TIENE POCAS POSIBILIDADES PARA QUE SE DESARROLLEN ESFUERZOS NORMALES Y Poca RESISTENCIA AL CORTE.</li> <li>- SI TIENE QUE HACER LA PREPARACION SIMULTANEA AL COLADO DE LA DALA DE DESPLANTE</li> </ul>
<p>2</p>  <p>Panel</p> <p>Perfil de lámina galvanizada</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-CONCEPTO SENCILLO</li> <li>-FACIL FABRICACION</li> <li>-RESISTENCIA IMPORTANTE BAJA LA ACCION DE CARGA NORMAL Y AL CORTANTE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-REQUIERE DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS QUE POSEAN DEMASIADO CONTROL Y MANO DE OBRA ESPECIALIZADA.</li> <li>-SE TIENE QUE HACER LA COLOCACION SIMULTANEA AL COLADO DE LA DALA DE DESPLANTE</li> </ul>

	CROQUIS	LIMITACIONES
3	 <p>Panel</p> <p>Soldadura</p> <p>Perfil de acero laminado</p>	<p>-CONCEPTO SENCILLO.</p> <p>-FACIL DE INSTALAR.</p> <p>-SE PRESCINDE DE DISPOSITIVOS DE ENSAMBLE.</p> <p>-SE LOGRA UNA ADECUADA CONTINUIDAD.</p> <p>-COSTO MUY ELEVADO</p>
4	 <p>Sotera</p> <p>Panel</p> <p>Conectores</p> <p>Doble de concreto</p> <p>Sotera</p>	<p>-CONCEPTO SENCILLO</p> <p>-FACIL FABRICACION.</p> <p>-FACIL COLOCACION.</p> <p>-ALTA RESISTENCIA ANTE LA PRESENCIA DE ESFUERZOS NORMALES.</p> <p>-RESISTENCIA AL CORTE.</p> <p>-BAJO COSTO</p> <p>-SE TIENE QUE HACER LA PREPARACION SIMULTANEA AL COLADO DE LA DALA DE DESPLANTE.</p>

## III.7.1. REPORTE DE DISTORSIONES PANEL No. 7

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-3}$
	0.0	0.000	22.00			16.00			0.00
1	900.0	0.750	22.54	0.54	←	16.68	0.68	→	52.13
	0.0	0.000	22.02	0.02		16.05	0.05		2.99
2	900.0	0.750	22.24	0.22	→	15.00	1.05	←	54.27
	0.0	0.000	22.05	0.03		16.00	0.05		3.42
3	1200.0	1.000	22.61	0.56	←	16.81	0.81	→	58.55
	0.0	0.000	22.05	0.00		16.06	0.06		2.56
4	1200.0	1.000	22.21	0.16	→	14.84	1.22	←	58.97
	0.0	0.000	22.05	0.00		16.00	0.06		2.56
5	1500.0	1.250	22.68	0.63	←	17.00	1.00	→	69.66
	0.0	0.000	22.06	0.01		16.08	0.08		3.84
6	1500.0	1.250	22.26	0.20	→	14.77	1.31	←	64.53
	0.0	0.000	22.06	0.00		15.59	0.49		2.09
7	1800.0	1.500	22.77	0.71	←	17.13	1.54	→	96.15
	0.0	0.000	22.08	0.02		16.10	0.51		22.64
8	1800.0	1.500	22.28	0.20	→	14.80	1.30	←	64.10
	0.0	0.000	22.06	0.02		16.04	0.06		3.41
9	2100.0	1.750	22.74	0.68	←	17.28	1.24	→	82.05
	0.0	0.000	22.10	0.04		16.16	0.12		6.84
10	2100.0	1.750	22.31	0.21	→	14.88	1.28	←	63.67
	0.0	0.000	22.09	0.01		16.06	0.06		2.99
11	2400.0	2.000	22.77	0.68	←	17.54	1.48	→	92.31
	0.0	0.000	22.14	0.05		16.21	0.15		8.55
12	2400.0	2.000	22.33	0.19	→	15.09	1.12	←	55.98
	0.0	0.000	22.11	0.03		16.08	0.13		6.84
13	2700.0	2.250	22.83	0.72	←	17.92	1.84	→	109.40
	0.0	0.000	22.22	0.11		16.39	0.31		17.94
14	2700.0	2.250	22.42	0.20	→	15.39	1.00	←	51.28
	0.0	0.000	22.17	0.05		16.17	0.22		11.54
15	3000.0	2.500	22.83	0.66	←	18.18	2.01	→	114.10
	0.0	0.000	22.34	0.17		16.38	0.21		16.24
16	3000.0	2.500	22.70	0.36	→	15.54	0.84	←	51.28
	0.0	0.000	22.31	0.03		16.17	0.21		10.25
17	3300.0	2.750	22.85	0.54	←	18.38	2.21	→	117.52
	0.0	0.000	22.89	0.08		16.44	0.27		14.95
18	3300.0	2.750	22.85	0.46	→	15.70	0.74	←	51.28
	0.0	0.000	22.49	0.10		16.19	0.25		14.95
19	3600.0	3.000	22.88	0.39	←	18.58	2.39	→	118.80
	0.0	0.000	22.43	0.06		16.53	0.34		17.09

NIVEL	CARGA (kg)	ESFZO. (kg/cm <sup>2</sup> )	LECT.		SENT.	LECT.		SENT.	$\gamma \times 10^{-5}$
20	3600.0	3.000	23.00	0.57	→	15.90	0.63	←	51.28
	0.0	0.000	22.58	0.15		16.21	0.32		20.08
21	3900.0	3.250	22.91	0.33	←	18.77	2.56	→	123.50
	0.0	0.000	22.45	0.13		16.70	0.49		26.49
22	3900.0	3.250	23.18	0.73	→	16.12	0.58	←	55.98
	0.0	0.000	22.65	0.20		16.25	0.45		27.77
23	4100.0	3.420	22.96	0.31	←	18.95	2.70	→	128.63
	0.0	0.000	22.49	0.16		16.87	0.62		33.33
24	4100.0	3.420	23.35	0.86	→	16.35	0.52	←	58.97
	0.0	0.000	22.74	0.25		16.29	0.58		35.47
25	4300.0	3.580	23.01	0.27	←	19.31	3.02	→	140.60
	0.0	0.000	22.60	0.14		17.10	0.81		40.59
26	4300.0	3.580	23.50	0.90	→	17.50	0.60	←	64.10



GRAFICA HISTERETICA PANEL No. 7



## CAPITULO IV.

**PROCESO DE ENSAYES E INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL SISTEMA  
ERECTAPANEL TRABAJANDO COMO LOSA.**

El sistema trabajando como losa fué ensayado cumpliendo con las siguientes características. Los extremos se apoyaron simplemente, restringiendo para el apoyo izquierdo el desplazamiento en "x" y "y" y para el derecho solo se restringió el desplazamiento en "y", esto se logro colocando en la base de los apoyos los dispositivos que se muestran en las figuras no. 24, 25 y 26. Las cargas se aplicaron a los tercios del claro de 3.00 m uniformemente distribuidas a lo ancho de la viga con ayuda de elementos de alta rigidez, colocados sobre una placa de neopreno para evitar concentración de esfuerzos como se muestra en la figura no. 27. En la figura anterior también es posible localizar los micrómetros electrónicos con una sensibilidad de milésimas de milímetro con los que se registro el nivel de deflexiones.

La historia de carga y deformaciones en estos ensayos se obtuvieron para los sitios de aplicación de carga y centro del claro. Para cada nivel de carga fue registrada la deformación correspondiente, de tal manera que posteriormente se construyeron las gráficas carga desplazamiento, las gráficas superpuestas indican por el nivel de carga y desplazamiento la necesidad de colocar un firme de concreto para incrementar la rigidez del elemento, esto significa aumentar el brazo del par interno incrementando por este motivo el valor del momento resistente.

Como el acero de la sección propuesta no cambia, utilizar concretos de resistencias mayores a  $150 \text{ kg/cm}^2$  no produce incrementos significativos en la resistencia de la losa y si en el costo del sistema. Se presenta a continuación una tabla comparativa de los resultados obtenidos.

LOSA	ALTURA DE LA CAPA DE COMPRESION. (cm)	DEFLEXION MAXIMA PARA UNA CARGA DE 1250 KG POR GATO			CAPACIDAD TOTAL DE CARGA. (kg)	OBSERVACIONES %
		DER.	CENTRO	IZQ.		
1		39.390	40.028	37.574	2700	
2	4.5	7.302	8.888	8.155	5200	92.59
3	4.0	11.946	13.213	11.137	6350	135.18

Las diferencias en capacidad de carga y comportamiento es posible establecerlas si se hace una superposición de las gráficas carga - desplazamiento ó momento - desplazamiento de las tres losas.

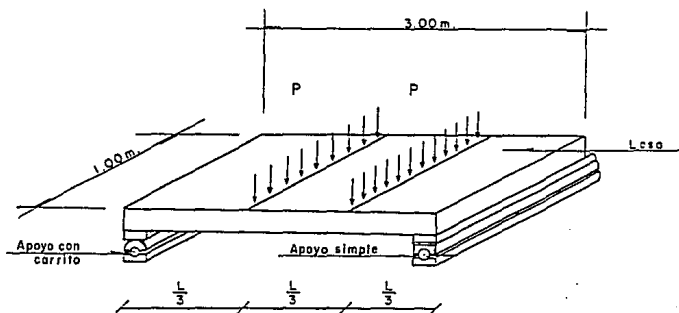


FIGURA No. 24

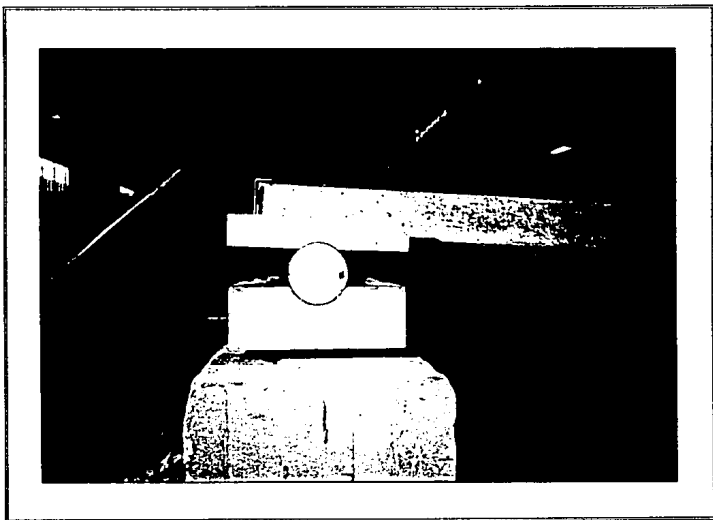


FIGURA No. 25

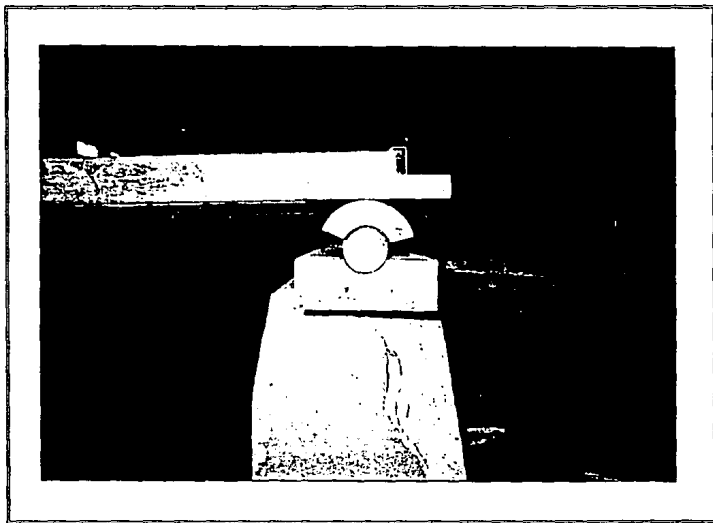


FIGURA No. 26

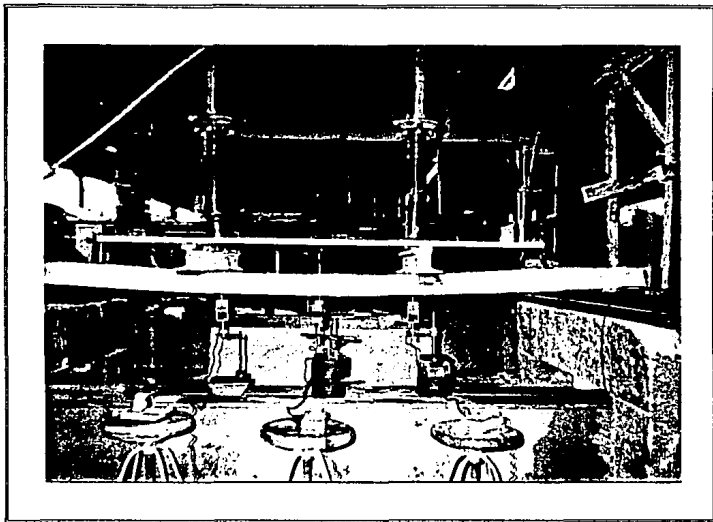
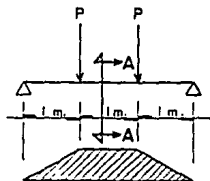
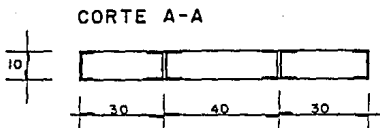
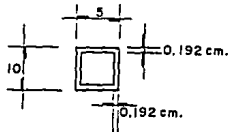


FIGURA No. 27

## IV.1.1. ANALISIS TEORICO LOSA No. 1



$$M = \frac{\sigma}{Y} I \quad \therefore \quad \sigma = \frac{M}{I} \cdot Y$$



$$I = \frac{(5)(10)^3}{12} - \frac{(4.616)(9.616)^3}{12} = 74.63 \text{ cm}^4$$

$$I_T = 223.9 \text{ cm}^4$$

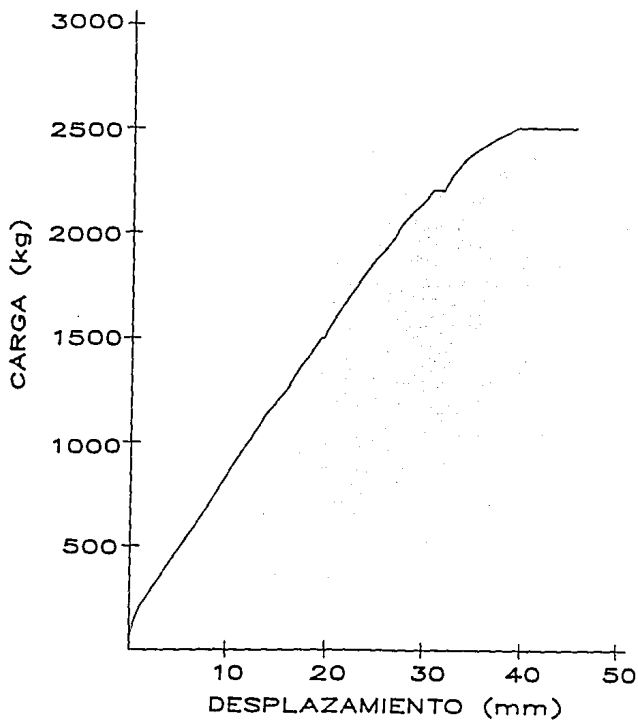
$$M = \frac{3012}{5} (223.9) = 134\,878 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$M = 1.348 \text{ T} \cdot \text{M}$$

## IV.1.2. REPORTE DE DESPLAZAMIENTOS LOSA No. 1.

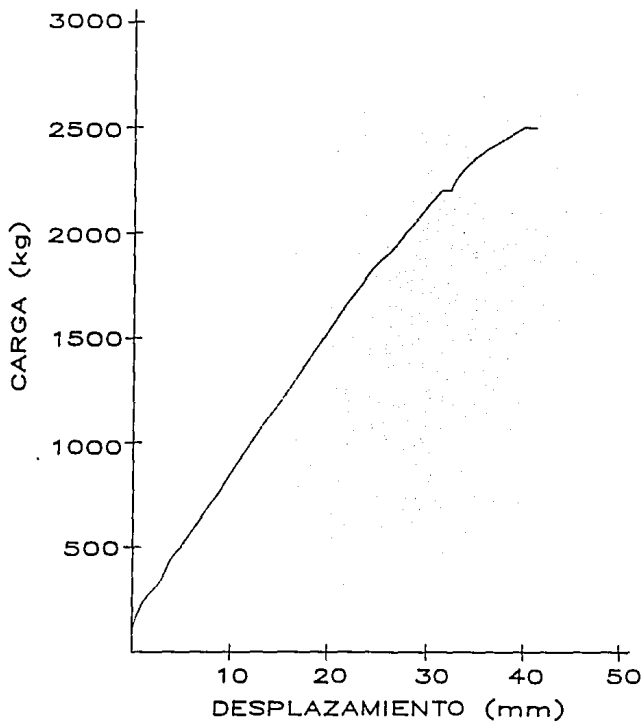
CARGA (kg)	DESPLAZAMIENTO PUNTO DE APLICACION DE CARGA DERECHO. (mm)	DESPLAZAMIENTO CENTRO DEL CLARO (mm)	DESPLAZAMIENTO PUNTO DE APLICACION DE CARGA IZQ. (mm)
100	0.237	0.000	0.000
200	0.951	0.625	0.468
300	2.380	2.129	1.715
400	3.742	3.551	2.906
500	5.195	5.072	4.200
600	6.587	6.502	5.430
700	7.940	7.881	6.617
800	9.409	9.397	7.941
900	10.756	10.770	9.163
1000	12.184	12.223	10.784
1100	13.517	13.614	11.753
1200	15.056	15.178	13.233
1300	16.459	16.621	14.592
1400	17.843	18.065	15.935
1500	19.331	19.620	17.386
1500	19.613	19.775	17.654
1600	20.870	21.171	18.897
1700	22.301	22.729	20.325
1800	23.767	24.293	21.790
1900	25.466	26.123	23.496
2000	27.074	27.830	25.110
2100	28.843	29.725	26.880
2200	30.712	31.663	28.745
2200	31.802	32.695	29.846
2300	33.069	34.041	31.114
2400	35.448	36.495	33.518
2500	39.390	40.028	37.574
2600	45.579	41.289	43.256

LOSA No.1  
APOYO DERECHO

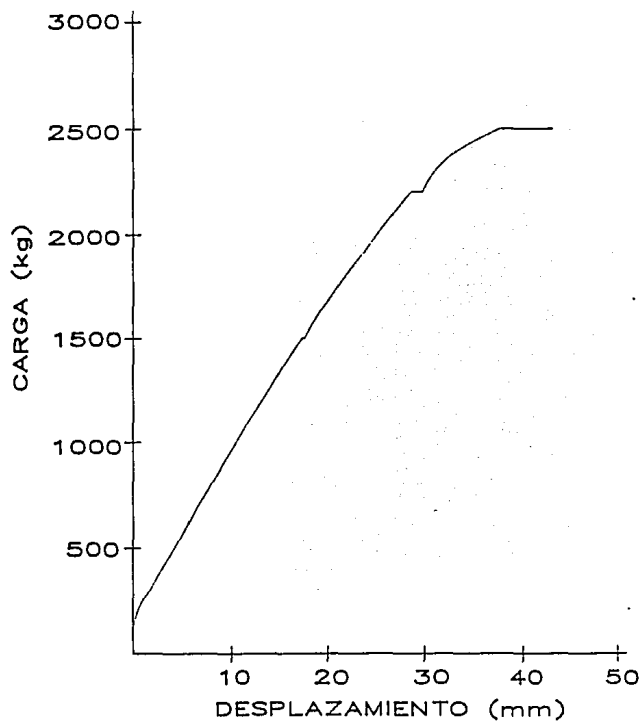




LOSA No.1  
CENTRO DEL CLARO

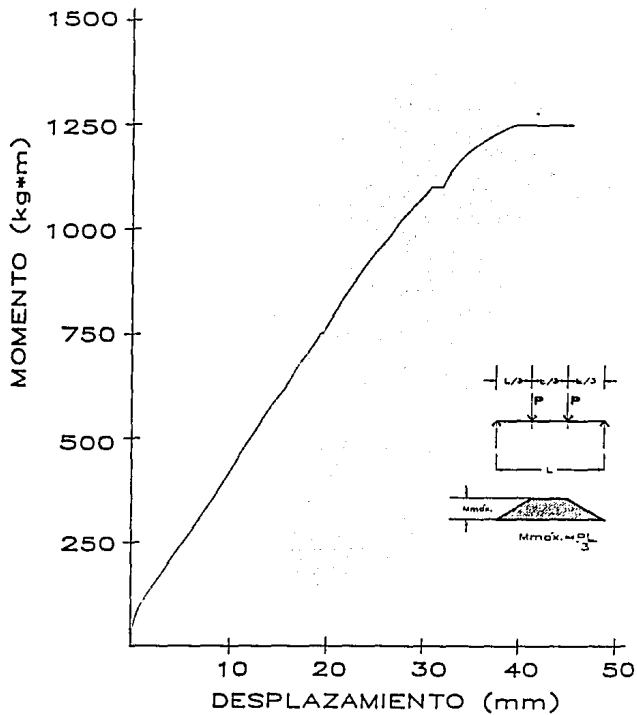


LOSA No.1  
APOYO IZQUIERDO

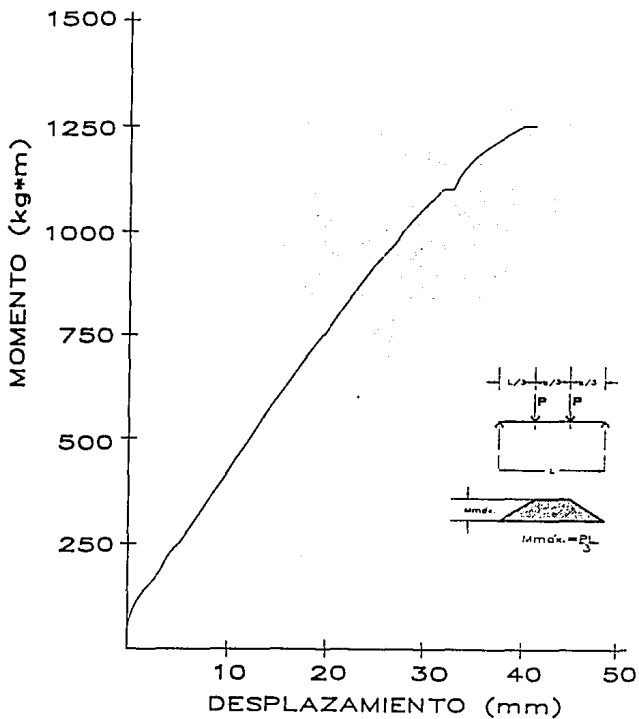


# LOSA No.1

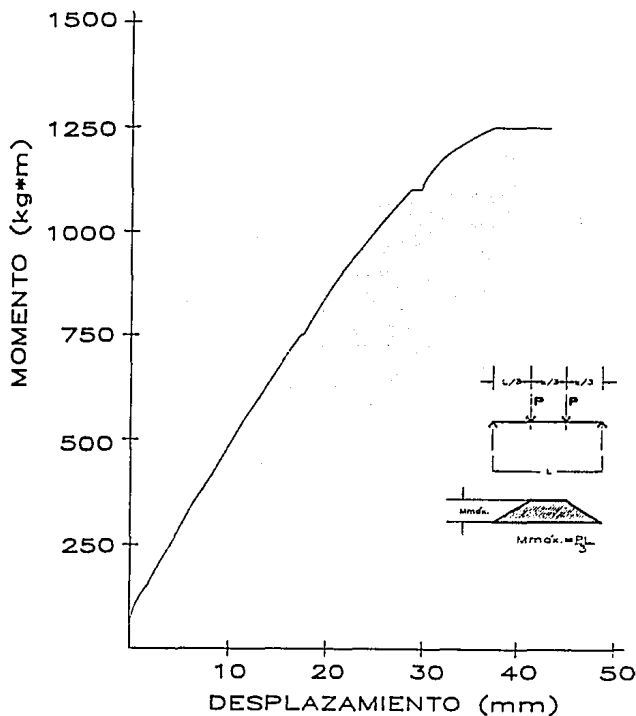
## APOYO DERECHO



LOSA No.1  
CENTRO DEL CLARO

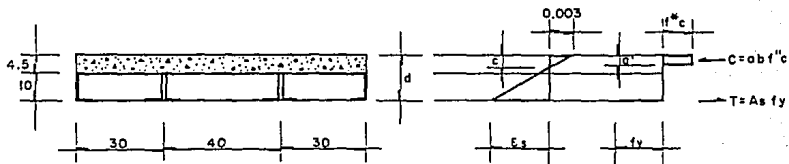


LOSA No.1  
APOYO IZQUIERDO



ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## IV.2.1. ANALISIS TEORICO LOSA No. 2



$$\gamma_v = 3100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E = 73048 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\epsilon = 3100/73048$$

$$\epsilon = 0.0424$$

$$c/0.003 = (d-c)/\epsilon_s$$

$$\epsilon_s = (d-c)(0.003)/c$$

$$0.0424c = 0.003d - 0.003c$$

$$0.003d = 0.0424c + 0.003c$$

$$0.003d = 0.0454c$$

$$c = 0.003d / 0.0454$$

$$d = 14.50 \text{ cm.}$$

$$c = 0.958 \text{ cm.}$$

$$\rho = ((6 \times 2.5 \times 0.192) + (6 \times 5 \times 0.192)) / (100 \times 14.5)$$

$$\rho = 0.0059$$

$$q = 0.0059 \times (3100/68) = 0.269$$

$$M_n = 100 \times 14.5^2 \times 68 \times 0.269 \times (1 - (0.269/2))$$

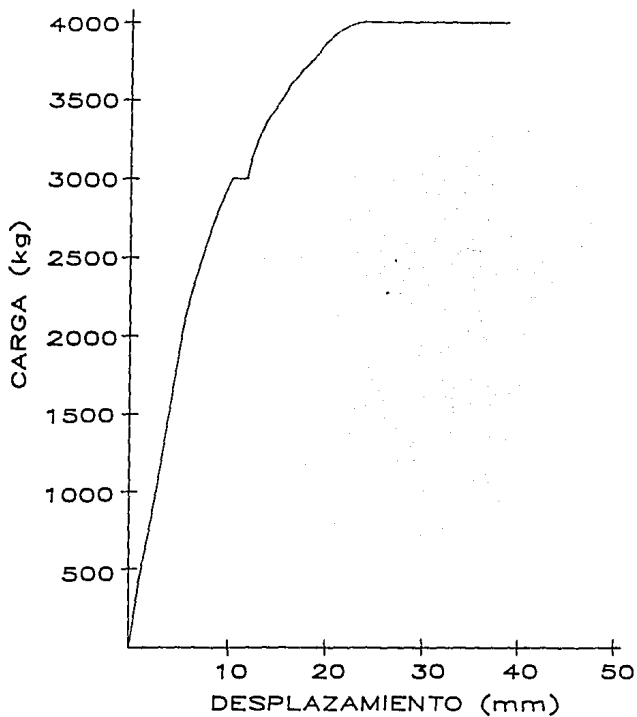
$M_n = 3.32 \text{ TON} \cdot \text{m}$
---

## IV.2.2. REPORTE DE DESPLAZAMIENTOS LOSA No. 2.

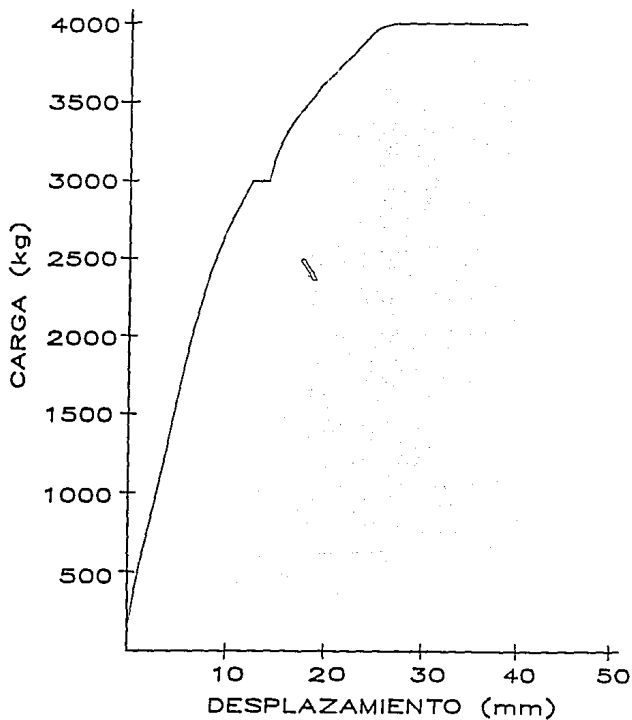
CARGA. (kg)	DESPLAZAMIENTO PUNTO DE APLICACION DE CARGA DERECHO (mm).	DESPLAZAMIENTO CENTRO DEL CLARO (mm).	DESPLAZAMIENTO PUNTO DE APLICACION DE CARGA IZO. (mm).
100	0.244	0.000	0.193
200	0.494	0.227	0.441
300	0.768	0.535	0.720
400	1.000	0.810	0.970
500	1.272	1.131	1.255
600	1.548	1.472	1.557
700	1.837	1.830	1.874
800	2.128	2.187	2.191
900	2.391	2.515	2.485
1000	2.671	2.886	2.815
1100	2.945	3.244	3.134
1200	3.198	3.596	3.443
1300	3.454	3.936	3.750
1400	3.698	4.234	4.027
1500	3.957	4.583	4.329
1600	4.225	4.934	4.638
1700	4.740	5.269	4.933
1800	4.751	5.639	5.256
1900	5.010	6.000	5.576
2000	5.268	6.371	5.900
2100	5.557	6.846	6.330
2200	5.918	7.294	6.732
2300	6.328	7.767	7.154
2400	6.777	8.289	7.618
2500	7.302	8.888	8.155
2600	7.801	9.470	8.671
2700	8.338	10.101	9.236
2800	8.951	10.822	9.890
2900	9.626	11.628	10.612
3000	10.323	12.448	11.354
3000	11.901	14.298	13.008
3100	12.214	14.654	13.322
3200	12.696	15.209	13.811
3300	13.357	15.977	14.477
3400	14.189	16.915	15.288
3500	15.319	18.178	16.363
3600	16.275	19.255	17.292
3700	17.774	20.866	18.649
3800	19.365	22.633	20.123
3900	20.631	24.076	21.351
3900	23.517	27.237	23.913
4000	38.972	40.774	33.440

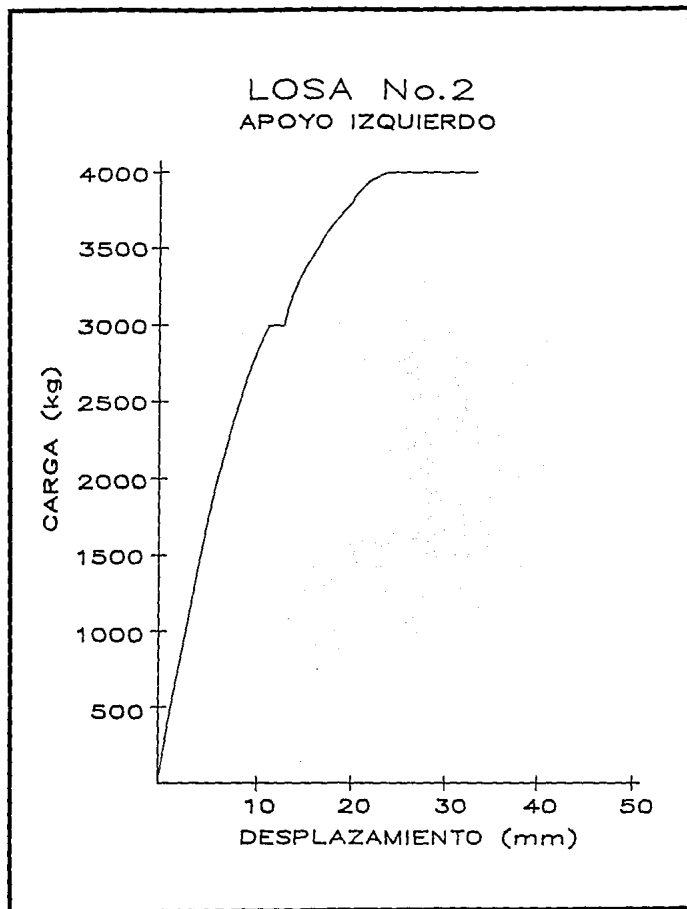


LOSA No.2  
APOYO DERECHO

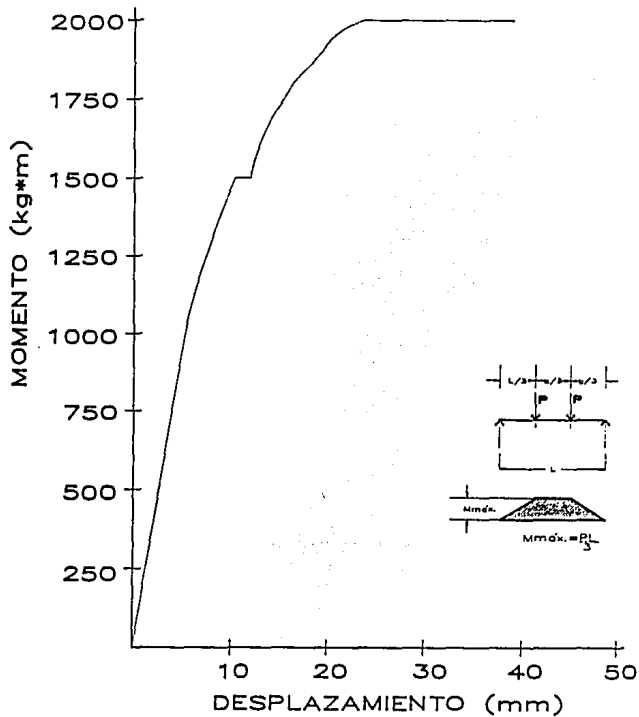


LOSA No.2  
CENTRO DEL CLARO

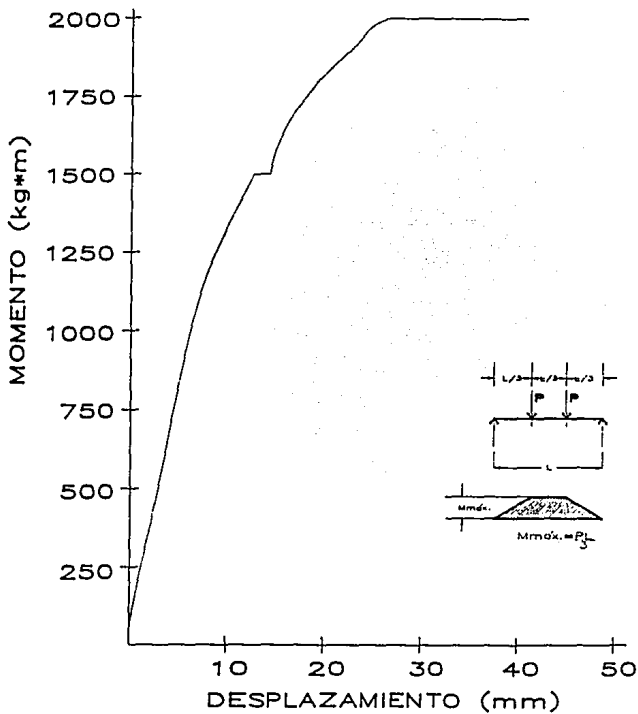




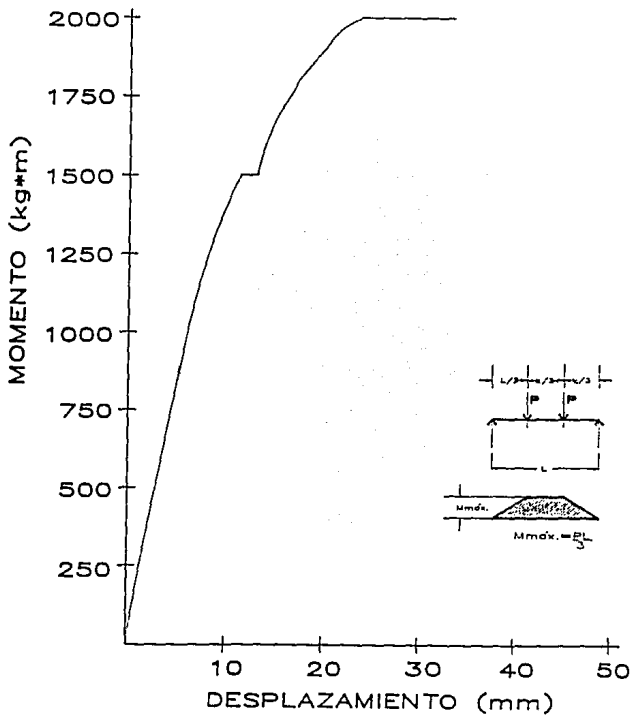
LOSA No.2  
APOYO DERECHO



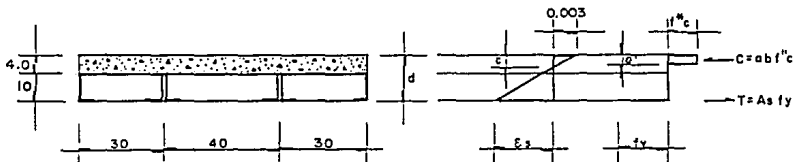
LOSA No.2  
CENTRO DEL CLARO



LOSA No.2  
APOYO IZQUIERDO



## IV.3.1. ANALISIS TEORICO LOSA No. 3



$$\gamma_v = 3100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E = 73048 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\epsilon = 3100/73048$$

$$\epsilon = 0.0424$$

$$c/0.003 = (d-c)/\epsilon_s$$

$$\epsilon_s = (d-c)(0.003)/c$$

$$0.0424c = 0.003d - 0.003c$$

$$0.003d = 0.0424c + 0.003c$$

$$0.003d = 0.0454c$$

$$c = 0.003d / 0.0454$$

$$d = 14.00 \text{ cm.}$$

$$c = 0.925 \text{ cm.}$$

$$\rho = ((6 \times 2.5 \times 0.192) + (6 \times 5 \times 0.192)) / (100 \times 14.0)$$

$$\rho = 0.0062$$

$$q = 0.0062 \times (3100 / 68) = 0.283$$

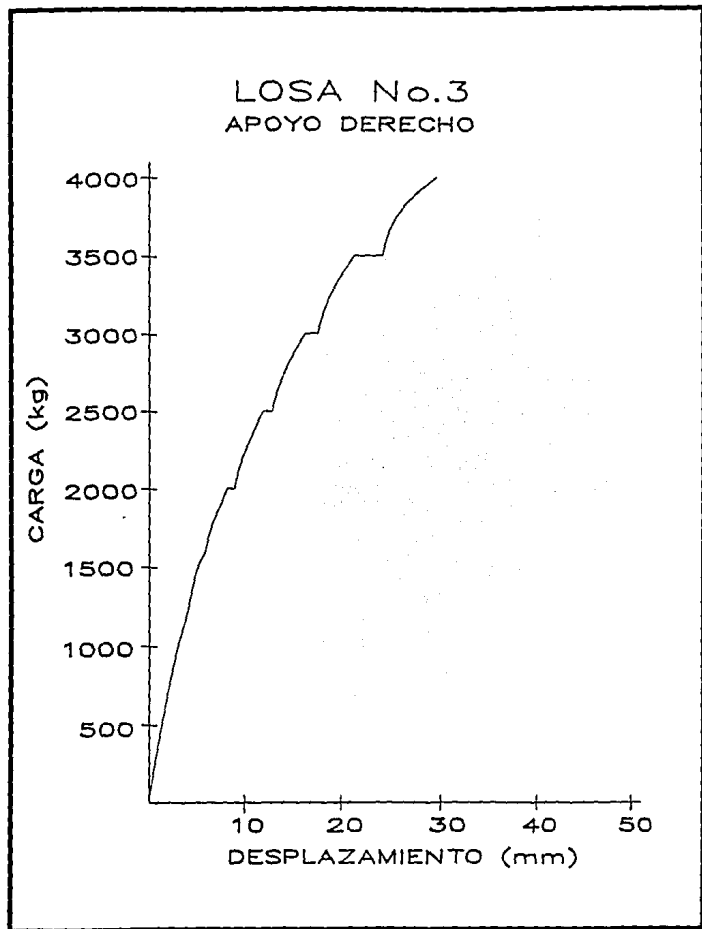
$$M_n = 100 \times 14.0^2 \times 68 \times 0.283 \times (1 - (0.283 / 2))$$

$M_n = 3.24 \text{ TON}\cdot\text{m}$
---------------------------------------

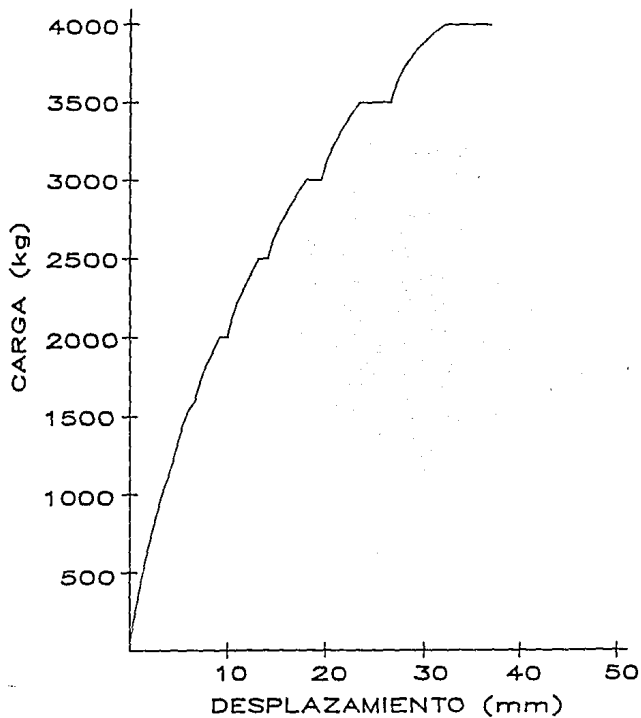


## IV.3.2. REPORTE DE DESPLAZAMIENTOS LOSA No. 3.

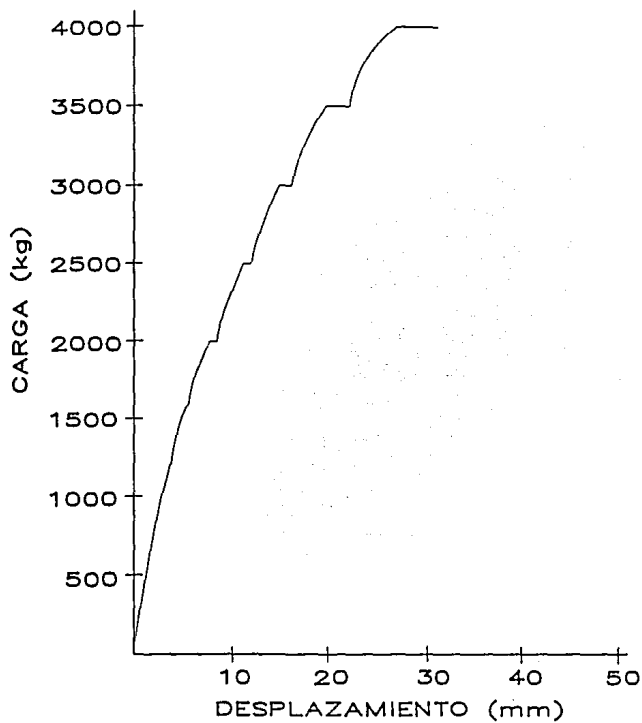
CARGA (kg)	DESPLAZAMIENTO PUNTO DE APLICACION DE CARGA DERECHO (mm)	DESPLAZAMIENTO CENTRO DEL CLARO (mm)	DESPLAZAMIENTO PUNTO DE APLICACION DE CARGA IZQ. (mm)
100	0.217	0.226	0.195
200	0.454	0.481	0.409
300	0.745	0.798	0.673
400	1.050	1.132	0.953
500	1.350	1.460	1.230
600	1.681	1.823	1.536
700	2.009	2.187	1.841
800	2.363	2.572	2.163
900	2.737	2.986	2.510
1000	3.102	3.397	2.858
1100	3.614	3.964	3.342
1200	4.098	4.485	3.779
1300	4.426	4.850	4.093
1400	4.798	5.268	4.448
1500	5.248	5.759	4.869
1600	6.017	6.644	5.606
1700	6.362	7.039	5.940
1800	6.873	7.582	6.398
1900	7.574	8.372	7.073
2000	8.186	9.119	7.706
2000	8.999	10.024	8.469
2100	9.327	10.387	8.772
2200	9.800	10.901	9.206
2300	10.480	11.632	9.816
2400	11.176	12.404	10.460
2500	11.946	13.213	11.137
2500	12.878	14.256	12.002
2600	13.266	14.680	12.361
2700	13.883	15.335	12.912
2800	14.604	16.110	13.557
2900	15.417	16.950	14.261
3000	16.366	17.933	15.076
3000	17.583	19.510	16.344
3100	17.982	19.960	16.710
3200	18.553	20.591	17.218
3300	19.321	21.426	17.906
3400	20.250	22.419	18.743
3500	21.370	23.625	19.754
3500	24.200	26.534	22.182
3600	24.558	26.918	22.504
3700	25.184	27.606	23.075
3800	26.142	28.646	23.933
3900	27.538	30.104	25.119
4000	29.453	32.115	26.739
4000	32.765	36.860	30.972



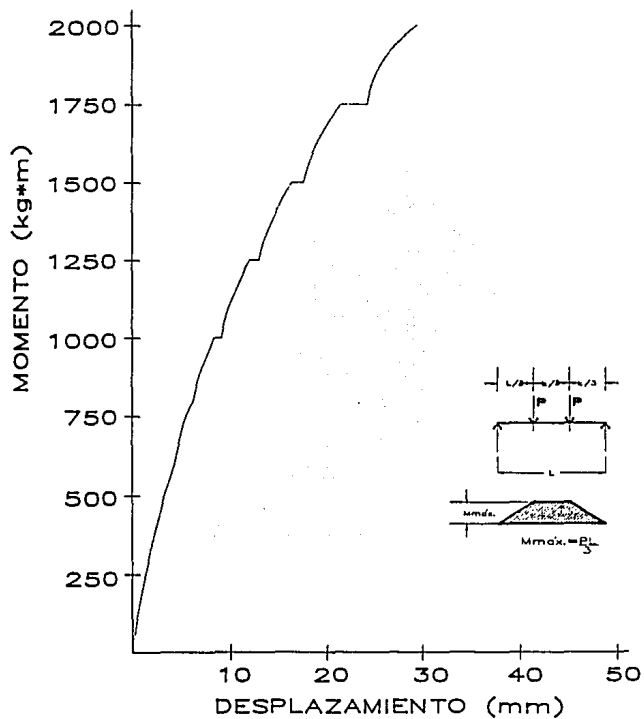
LOSA No.3  
CENTRO DEL CLARO



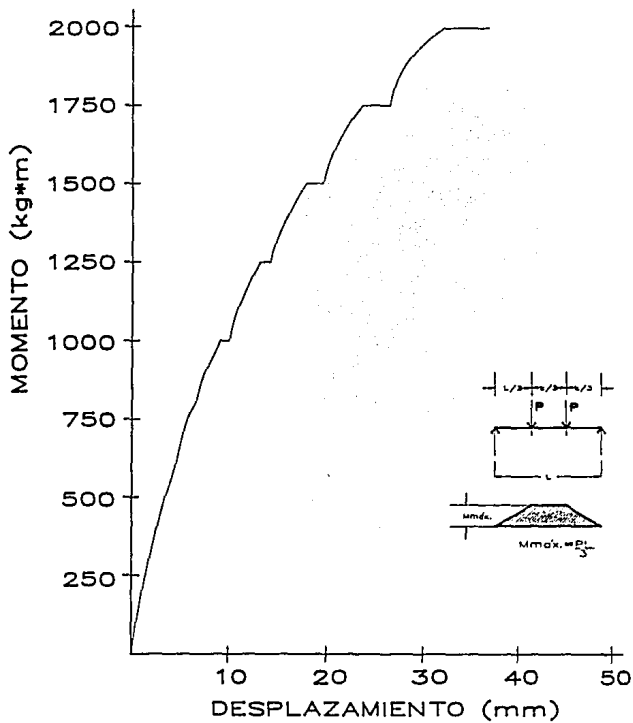
LOSA No.3  
APOYO IZQUIERDO



LOSA No.3  
APOYO DERECHO

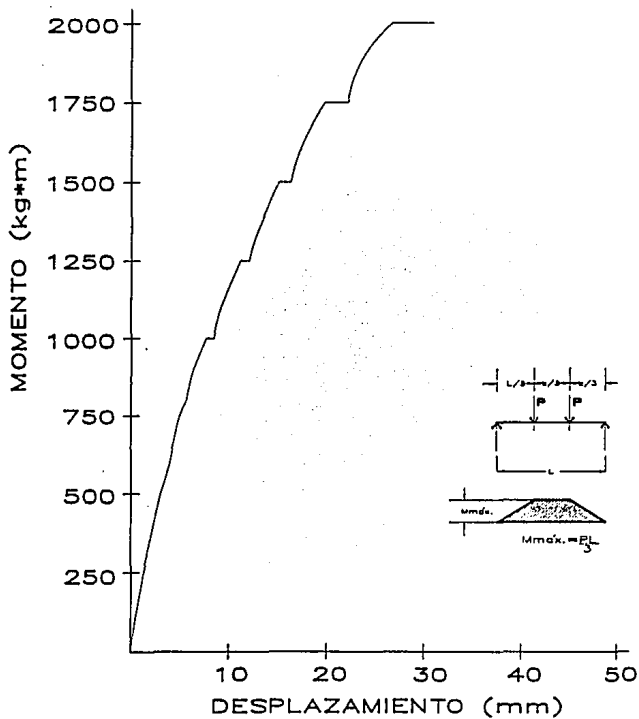


LOSA No.3  
CENTRO DEL CLARO



# LOSA No.3

## APOYO IZQUIERDO



## CONCLUSIONES

Los elementos probados bajo la condición de carga axial en términos generales tuvieron un buen comportamiento, tomando en cuenta que los elementos tienen bajas posibilidades de soportar carga y a su elevada relación de esbeltez.

El empleo de repellados aumentó en un gran porcentaje la capacidad de carga de los paneles probados, aunque teóricamente era de esperarse incrementos más importantes, incrementos que no se alcanzaron por la concentración de esfuerzos en la zona de aplicación de carga.

Los resultados obtenidos se lograron sin que el sistema probado llegara a tener problemas de esbeltez y sus fallas se presentaron por pandeo local en las molduras que contienen los diafragmas.

Las piezas del sistema Erectapanel poseen una resistencia a la compresión de aproximadamente  $30.0 \text{ kg/cm}^2$  que comparada con las resistencias para mamposterías de las Normas Técnicas Complementarias resulta adecuada, teniendo presente que la resistencia mencionada corresponde a un elemento poseedor de un elevada relación de esbeltez.

El estudio del sistema Erectapanel bajo condición de carga lateral logró durante este proceso, incrementos sustanciales. La prueba no. 1 no cumplió el objetivo de ensayar el trabajo interno del panel, pero sí puso en evidencia las carencias de su mecanismo de desplante. El panel no. 2 con un nuevo sistema de empotramiento y el repellado de sus caras logró un incremento de carga del 66.66% con respecto al panel no. 1 y presentó una importante disminución en la magnitud de sus distorsiones. El mortero reforzado del panel no. 3, funcionó adecuadamente como membrana, la cual proporcionó una rigidez que rebasa sobradamente en comportamiento a los paneles no. 1 y 2, dicho comportamiento cumplió de manera satisfactoria los requerimientos del sistema. La solución anterior tiene el inconveniente de la lentitud y costo del proceso de fabricación de los paneles con malla electrosoldada.



En la búsqueda de una solución más económica se decidió realizar otra prueba en la que se reemplazaría el refuerzo colocado en el repellado por elementos de contraventeo formados por varilla de 3/8" que proporcionaría una adecuada compatibilidad de deformaciones y rigidez al marco de molduras.

Los resultados de la prueba no. 4 en cuanto a rigidez fueron satisfactorios, aunque no mejores que el panel no. 3. La capacidad de carga no se logró al máximo por la limitante de tener una sola cara repellada que provocó la aparición de un momento torsionante generando la falla.

Las pruebas 5, 6 y 7 se realizaron con paneles de características similares a las de la prueba anterior, repellando ambas caras del elemento, con la finalidad de ensayar distintos tipos de unión dala - panel. El dispositivo que dió los mejores resultados consistió en agregar al mecanismo original soleras de 1/4" y 1 1/2" de ancho en forma de "U" soldadas en sus dos ramas a la moldura de lámina galvanizada que contiene el diafragma.

El estudio contempla la planeación de los ensayos de carga lateral con elementos de escala natural obteniéndose resultados de esfuerzo cortante mayores de 3.50 kg/cm<sup>2</sup>, resultado que supera al máximo propuesto en la tabla de esfuerzo cortante resistente de diseño de las Normas Técnicas Complementarias para mamposterías.

La primera prueba del sistema trabajando como losa hizo evidente la necesidad de colocar un firme de concreto reforzado con malla electrosoldada que incremente la rigidez del elemento, la resistencia del concreto deberá ser de 150 kg/cm<sup>2</sup>; utilizar resistencias mayores no mejora el comportamiento del sistema y si actúa en decremento de la economía.

El ensaye de losas en un laboratorio de materiales se consigue aplicando cargas distribuidas en un ancho unitario y a partir de éste establecer la siguiente equivalencia.

CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA EQUIVALENTE POR M <sup>2</sup>			
MUESTRA	MAXIMO TEORICO ton/m <sup>2</sup>	MAXIMO EXPERIMENTAL ton/m <sup>2</sup>	EXPERIMENTAL ASOCIADO A LA DEFLEXION MAXIMA ESPECIFICADA POR EL R.C.D.D.F. ton/m <sup>2</sup>
1	1.20	1.11	0.77
2	2.95	2.19	1.87
3	2.88	2.19	1.65

**RESUMEN DE RESULTADOS FINALES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL ERECTAPANEL  
EN SUS DIFERENTES MODALIDADES DE TRABAJO.**

TIPO DE PRUEBA	NUMERO DE PRUEBA	ALTURA (cm)	CLARO LIBRE ENTRE APOYOS (cm)	SECCION BRUTA (cm <sup>2</sup> )	ESPESOR DE REPELLADO (cm)	CARGA MAXIMA (kg)	CARGA UNIFORME EQUIVALENTE (kg/m <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMAL MAXIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO CORTANTE MAXIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFLEXION ASOCIADA MAXIMA (cm)	DISTORSION ASOCIADA MAXIMA (x 10 <sup>-3</sup> )
CARGA VERTICAL	1	240.0	240.0	560.0	0.0	13500.0		24.11			
CARGA VERTICAL	2	240.0	240.0	700.0	2.0	21000.0		30.00			
CARGA VERTICAL	3	240.0	240.0	770.0	3.0	27900.0		36.23			
CARGA HORIZONTAL	1	240.0	240.0	960.0	0.0	900.0			0.94		1089.00
CARGA HORIZONTAL	2	240.0	240.0	1380.0	3.0	1500.0			1.04		221.47
CARGA HORIZONTAL	3	240.0	240.0	1440.0	4.0	2700.0			1.87		17.55
CARGA HORIZONTAL	4	240.0	240.0	1200.0	2.0	4000.0			3.33		140.77
CARGA HORIZONTAL	5	240.0	240.0	1200.0	2.0	1500.0			1.25		94.88
CARGA HORIZONTAL	6	210.0	210.0	1200.0	2.0	3900.0			3.25		53.42
CARGA HORIZONTAL	7	240.0	240.0	1200.0	2.0	4300.0			3.58		102.35
FLEXION	1		300.0	1000.0	0.0	2600.0	1110.0			4.55	
FLEXION	2		300.0	1400.0	4.5	4000.0	2190.0			4.07	
FLEXION	3		300.0	1400.0	4.0	4000.0	2190.0			3.69	

## BIBLIOGRAFIA

1. **INTRODUCCION A LA MECANICA DE SOLIDOS**  
EGOR P. POPOV  
EDITORIAL LIMUSA
  
2. **MECANICA DE MATERIALES**  
GERE - TIMOSHENKO  
GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICANA
  
3. **ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO**  
R. PARK - T. PAULAY  
EDITORIAL LIMUSA