

CAPITULO 2

COMPORTAMIENTO GENERAL DE LOS MODELOS

2.1 Descripción de los ensayos, patrón de agrietamiento y mecanismo dominante de falla

En el capítulo anterior se detalló la historia de carga que se aplicó durante los ensayos a los modelos de losa. A continuación se muestra el comportamiento general de cada modelo, el cual se analizó en base al daño ocasionado (agrietamiento del modelo) y a la curva de histéresis generada (energía disipada) durante el ensaye, además de los valores de la resistencia al agrietamiento, máxima y última con sus respectivos desplazamientos asociados.

2.1.1 Modelo losa 03

El modelo losa 03 estuvo diseñado con vigueta, bovedilla de poliestireno y se usó malla electro soldada como refuerzo en la losa de concreto a compresión que tenía un espesor de cinco centímetros.

A este modelo se le aplicaron durante el ensaye diez ciclos completos de carga lateral reversible en las dos direcciones y cuatro semiciclos de carga vertical al centro del claro de la losa. El modelo presentó un agrietamiento final que se observa en las figuras 2.1, 2.2, en donde dominó la aparición de grietas inclinadas producidas por fuerzas cortantes, ubicándose del extremo fijo de la losa hacia los extremos, presentándose daños solo en la mitad de la losa, la curva de histéresis se muestra en la figura 2.3.

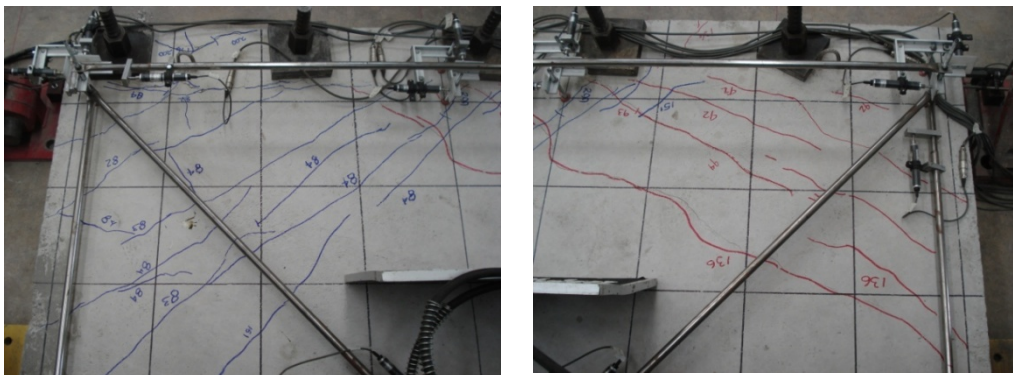


Figura 2.1 Agrietamiento del modelo losa 03 al terminar el ensaye

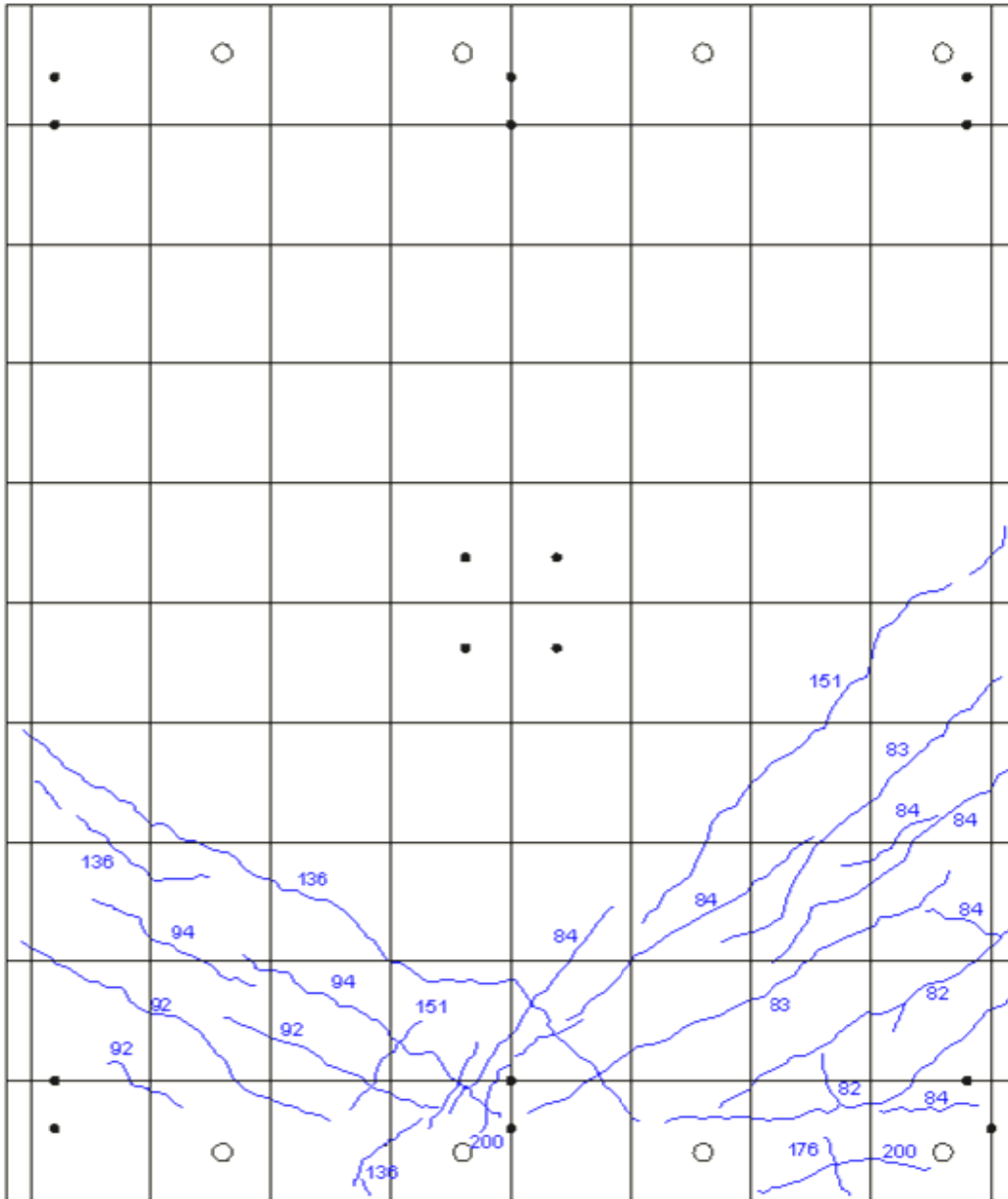


Figura 2.2 Agrietamiento final del modelo losa 03

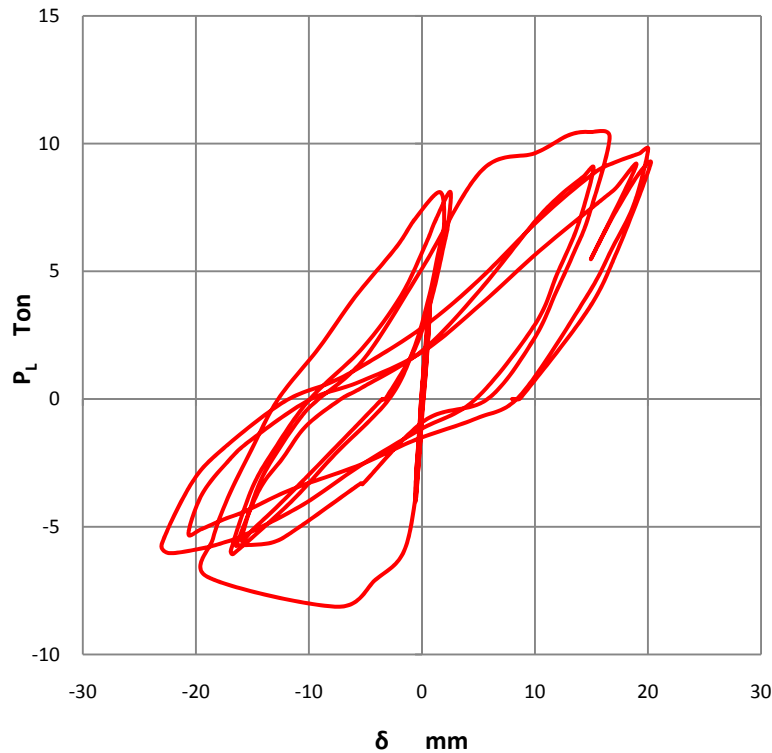


Figura 2.3 Curva de histéresis modelo losa 03

La aparición de las primeras grietas ocurrió después de haberse aplicado cuatro ciclos completos de carga lateral y dos semiciclos de carga vertical al modelo, en el paso número 82 del ciclo 5 + (ciclo 5 positivo) registrándose 3.95 mm de desplazamiento a una carga de 7.8 Ton, estas grietas inclinadas se ubicaron en lado inferior derecho de la losa; posteriormente al aplicar el ciclo 5 - (ciclo 5 negativo) aparecieron varias grietas inclinadas en el extremo inferior izquierdo de la losa. En este ciclo 5 de carga lateral que comprende del paso número 78 al 98, ocurrieron la mayor cantidad de agrietamientos durante el ensaye, el valor máximo de carga lateral registrado fue de 8.13 Ton y 7.45 mm de desplazamiento.

En la aplicación de los ciclos de carga posteriores siguieron apareciendo mas grietas, pero en el ciclo 7 se alcanzó el valor máximo durante el ensaye registrándose 10.25 t de carga lateral y 16.6 mm de desplazamiento, a partir de este ciclo se registraron mayores desplazamientos y un decrecimiento en la carga hasta llegar a un registro final de 9.21 t de carga y 20.23 mm de desplazamiento.

Existe una asimetría en la resistencia positiva y negativa del modelo, que se puede notar en la curva de histéresis y en el agrietamiento final del modelo, esto debido a que probablemente no existió una homogeneidad en la elaboración del concreto colocado en la losa a compresión.

2.1.2 Modelo losa 04

El modelo losa 04 estuvo diseñado con vigueta, bovedilla de poliestireno y se usó fibra como refuerzo en la losa de concreto a compresión que tenía un espesor de cinco centímetros.

A este modelo se le aplicaron doce ciclos completos de carga lateral reversible en las dos direcciones, y cinco semiciclos de carga vertical al centro del claro de la losa durante el ensaye, el agrietamiento final del modelo se observa en las figuras 2.4, 2.5 y la curva de histéresis en la figura 2.6.

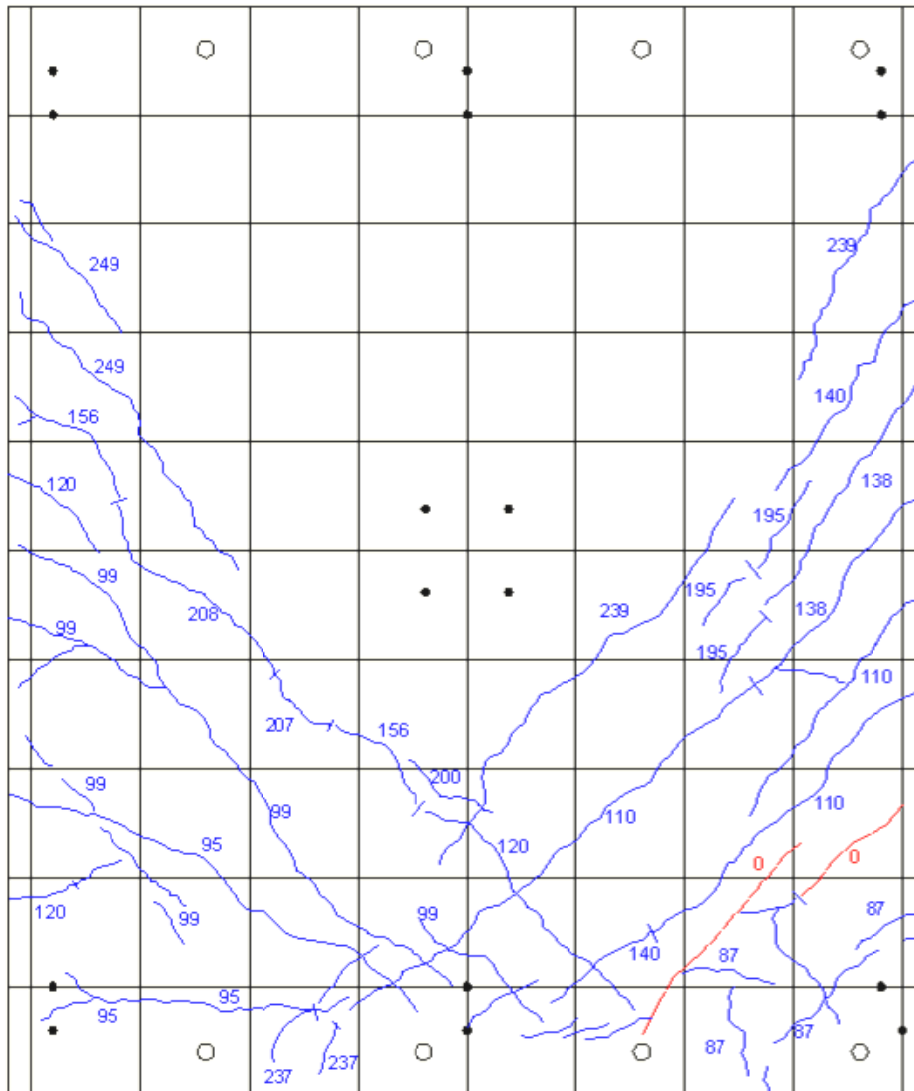


Figura 2.4 Agrietamiento del modelo losa 04 después del ensaye

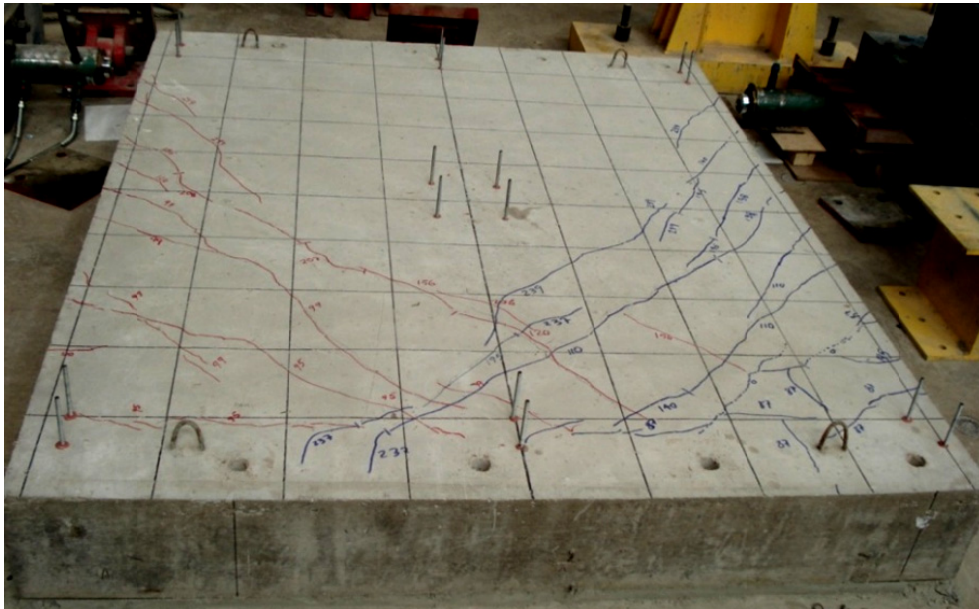


Figura 2.5 Agrietamiento final del modelo losa 04

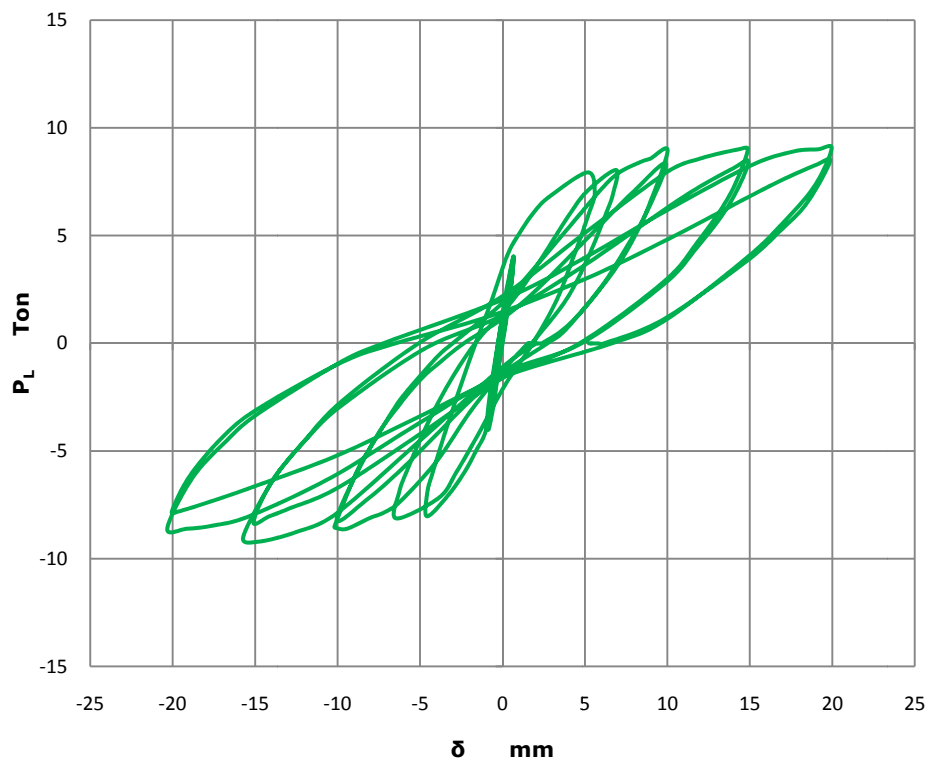


Figura 2.6 Curva de histéresis modelo losa 04

En el agrietamiento final del modelo losa 04, se puede notar que rigieron en su mayoría las grietas inclinadas en la mayor parte de la losa, originadas por fuerzas cortantes.

Los primeros agrietamientos ocurrieron después de haber aplicado 4 ciclos completos de carga lateral y 2 semiciclos de carga vertical, en el paso número 87 del ciclo 5 + (ciclo 5 positivo), registrándose 3.37 mm de desplazamiento y una carga de 7.13 Ton, posteriormente en el paso 95 del ciclo 5 - (ciclo 5 negativo) apareció una grieta horizontal por flexión en la parte inferior izquierda cerca del anclaje.

En los siguientes ciclos se incremento la aparición de grietas inclinadas en ambas direcciones llegando casi hasta la parte superior de la losa. En el ciclo 11 - (ciclo 11 negativo) se alcanzó el valor máximo del ensaye registrando 9.04 Ton y 19.95 mm de desplazamiento.

2.1.3 Modelo losa 05

El modelo losa 05 estuvo diseñado con vigueta, bovedilla de poliestireno y se usó fibra como refuerzo en la losa de concreto a compresión que tenía un espesor de cinco centímetros.

Al modelo losa 05 se le aplicaron durante el ensaye diez ciclos completos de carga lateral reversible en las dos direcciones y cinco semiciclos de carga vertical en el centro del claro de la losa, el agrietamiento final del modelo se muestra en las figuras 2.7, 2.8 y la curva de histéresis en la figura 2.9.

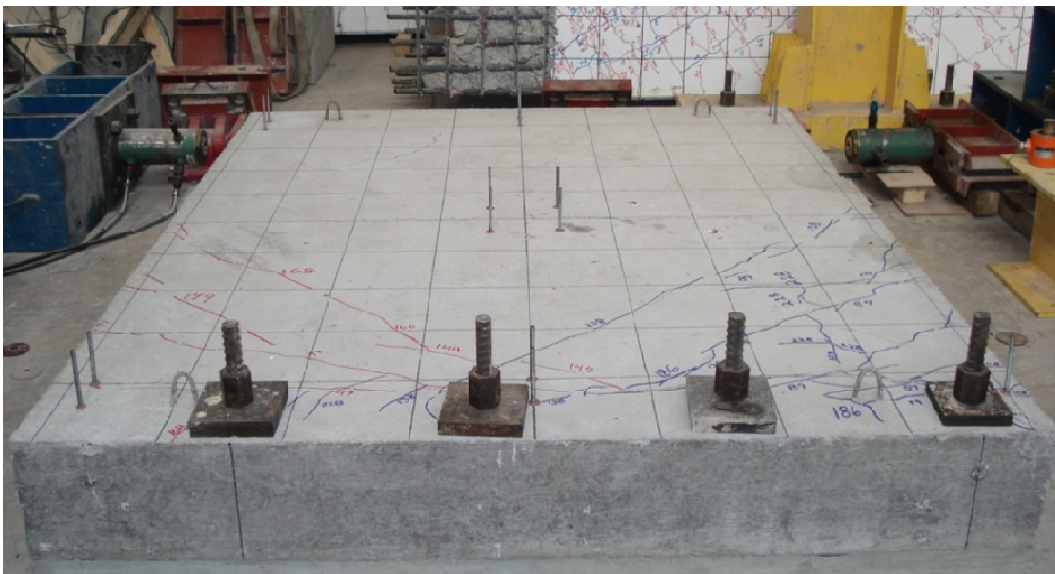


Figura 2.7 Agrietamiento del modelo losa 05 después del ensaye

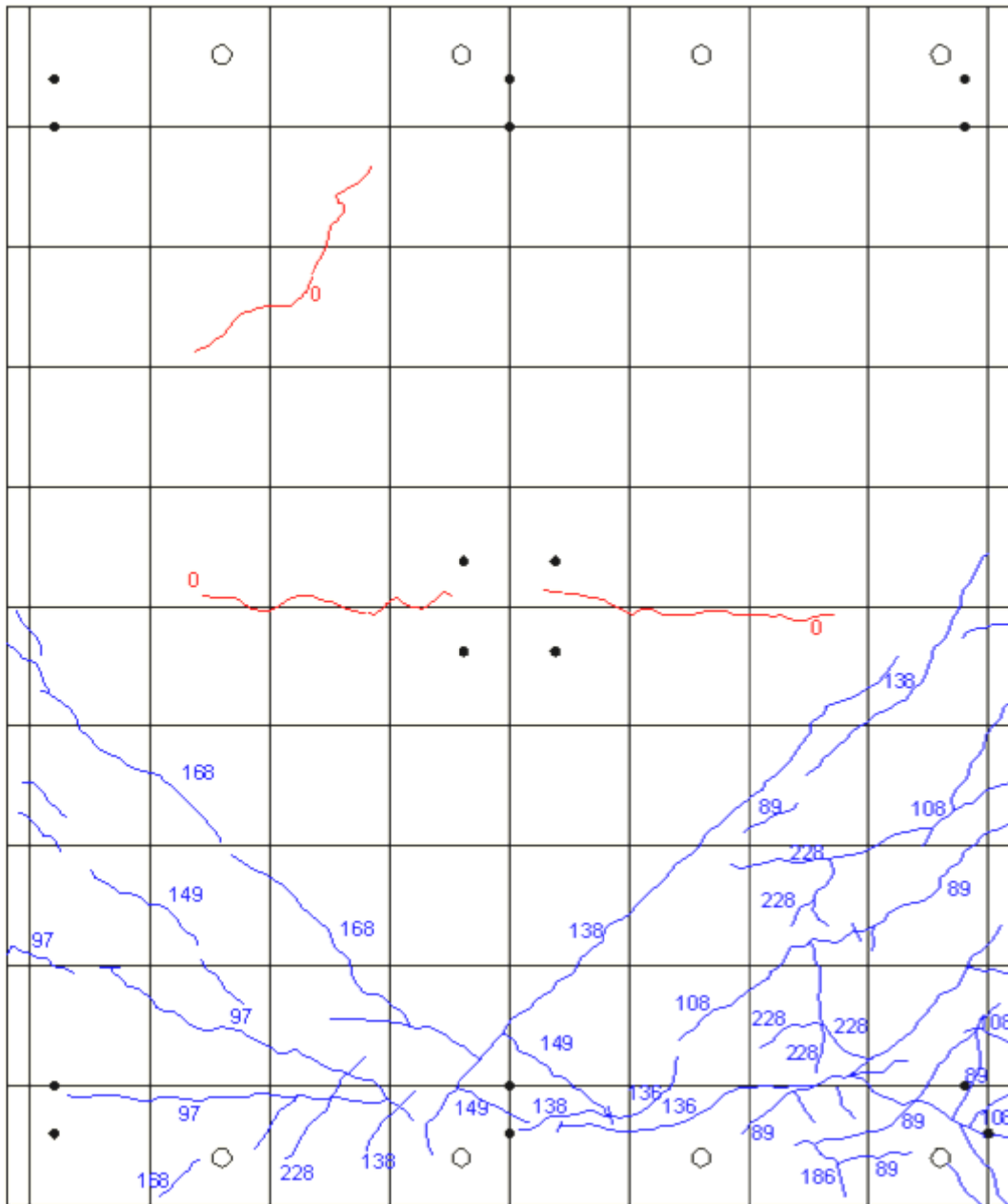


Figura 2.8 Agrietamiento final del modelo losa 05

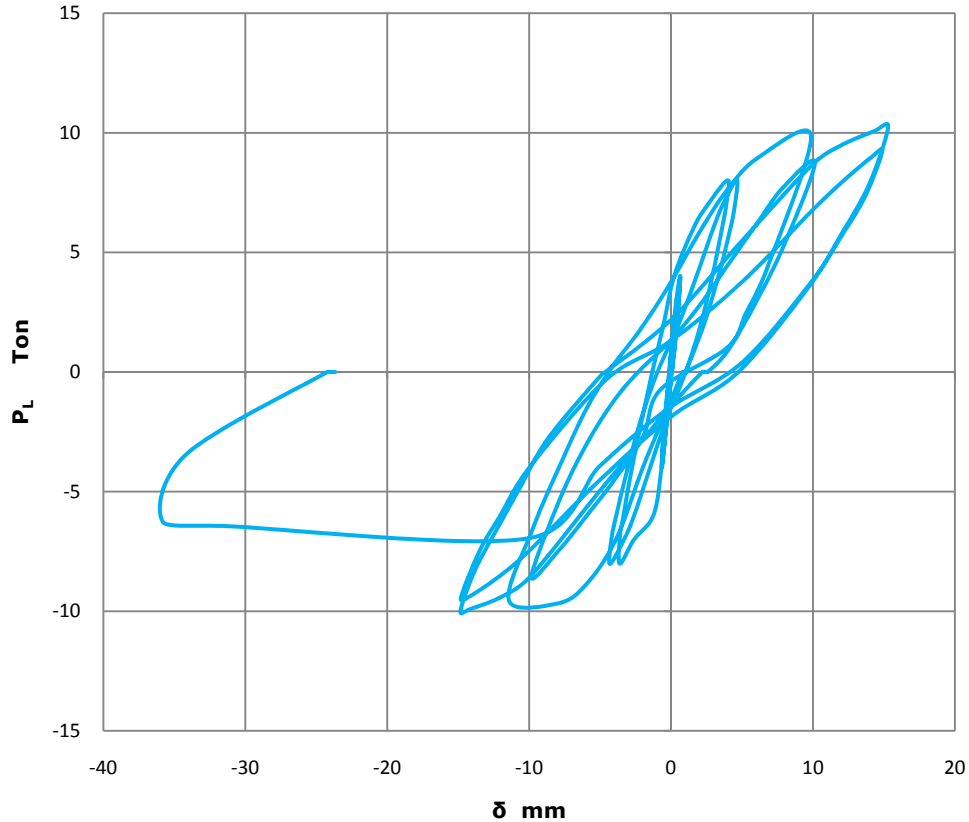


Figura 2.9 Curva de histéresis modelo losa 05

Durante el ensaye aparecieron en el modelo grietas inclinadas en ambas direcciones, producidas por fuerzas cortantes y grietas horizontales cerca del apoyo fijo debido a flexión.

Los primeros agrietamientos aparecieron en el paso número 89 del ciclo 5 + (ciclo 5 positivo), registrándose 3.61 mm de desplazamiento y una carga lateral de 8.02 Ton después de haber aplicado 4 ciclos completos de carga lateral y 2 semiciclos de carga vertical, posteriormente en el paso 97 del ciclo 5 - (ciclo 5 negativo) apareció una grieta horizontal por flexión en la parte inferior izquierda cerca del anclaje acompañada de agrietamientos inclinados.

En los ciclos posteriores se incrementaron grietas inclinadas en ambas direcciones y se originó otra grieta horizontal del lado inferior derecho en el paso 136 del ciclo 7 + (ciclo 7 positivo) con una carga de 8.9 Ton y 6.01 mm, esta grieta fue la que presentó mayor daño durante los siguientes ciclos hasta el final del ensaye. En el ciclo 9 de carga lateral se alcanzó el valor máximo del ensaye de 10.25 Ton y 15.29 mm de desplazamiento.

2.1.4 Modelo losa 06

El modelo losa 06 estuvo diseñado sin vigueta, bloque de poliestireno y se usó malla electro soldada como refuerzo en la losa de concreto a compresión que tenía un espesor de cinco centímetros.

Durante el ensaye se le aplicaron a este modelo doce ciclos completos de carga lateral reversible en las dos direcciones, y cinco semiciclos de carga vertical en el centro del claro de la losa de 1 Ton como máximo debido a la ausencia de viguetas en este modelo.

El agrietamiento final del modelo se muestra en las figuras 2.10, 2.11 y la curva de histéresis en la figura 2.12.

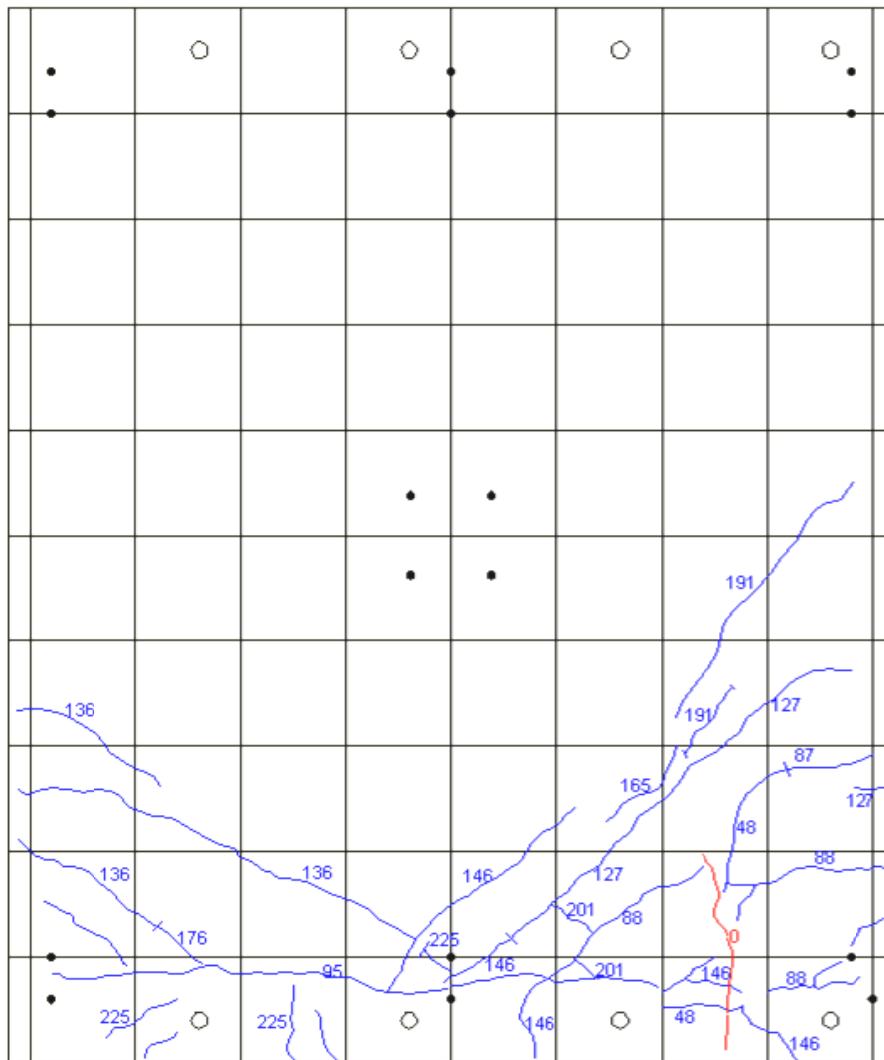


Figura 2.10 Agrietamiento del modelo losa 06 después del ensaye

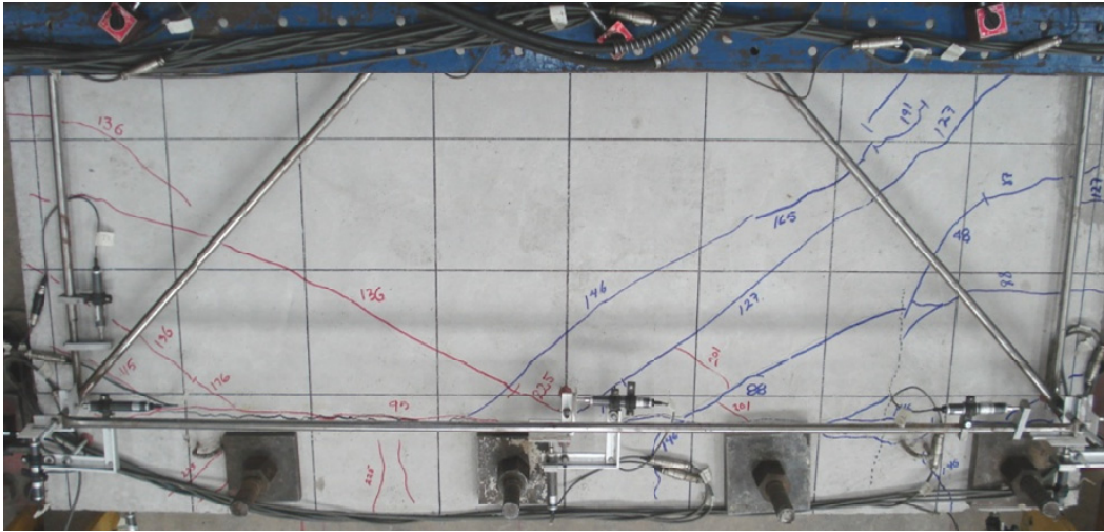


Figura 2.11 Agrietamiento final del modelo losa 06

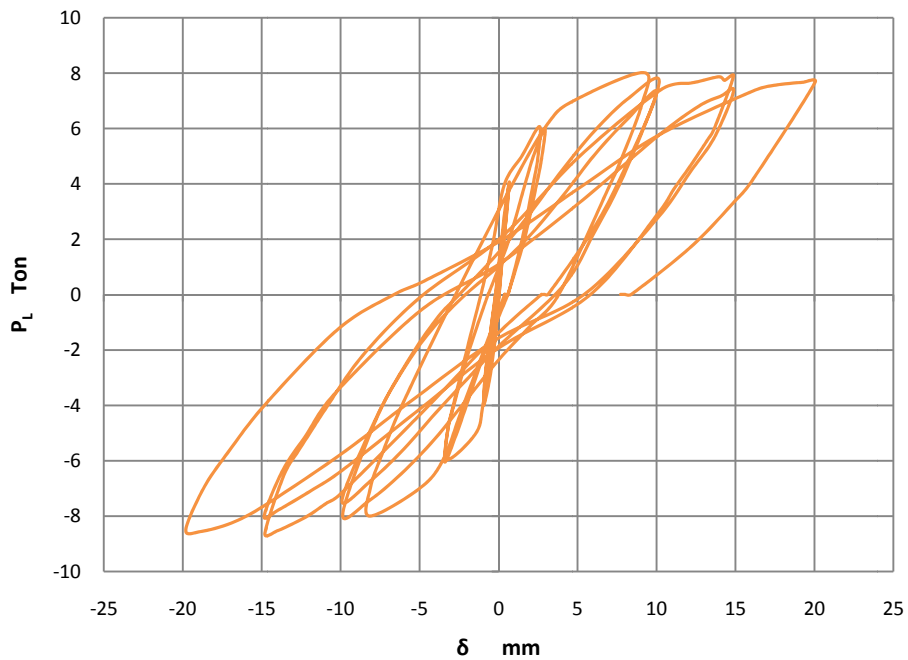


Figura 2.12 Curva de histéresis modelo losa 06

Los primeros agrietamientos en el modelo losa 06 ocurrieron en el paso número 48 del ciclo 3 + (ciclo 3 positivo) registrándose 0.43 mm de desplazamiento a una carga lateral de 1.0 Ton, después de haber aplicado dos ciclos completos de carga lateral y un semiciclo de carga vertical, las primeras grietas se ubicaron en

lado inferior derecho de la losa; posteriormente al aplicar el ciclo 5- (ciclo 5 negativo) en el paso 95, se presentó un agrietamiento horizontal debido a flexión cerca de la parte inferior izquierda con una carga de 6.07 Ton y 2.6 mm de desplazamiento, esta grieta fue la que mayor daño tuvo durante el ensaye.

En los ciclos de carga posteriores siguió aumentando la aparición del número de grietas inclinadas en ambas direcciones en el modelo. El valor de la carga lateral máxima alcanzada durante el ensaye fue de 8.63 Ton y 14.8 mm de desplazamiento.

2.1.5 Modelo losa maciza

El modelo losa maciza se usó como modelo de comparación, debido a que este sistema, es el sistema tradicional más usado en la edificación como sistema de piso rígido y está contemplado dentro de las normas del Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

A este modelo se le aplicaron catorce ciclos completos de carga lateral en las dos direcciones y seis semiciclos de carga vertical al centro del claro de la losa, el agrietamiento final del modelo losa maciza se muestra a continuación en la figura 2.13 y la curva de histéresis en la figura 2.14.

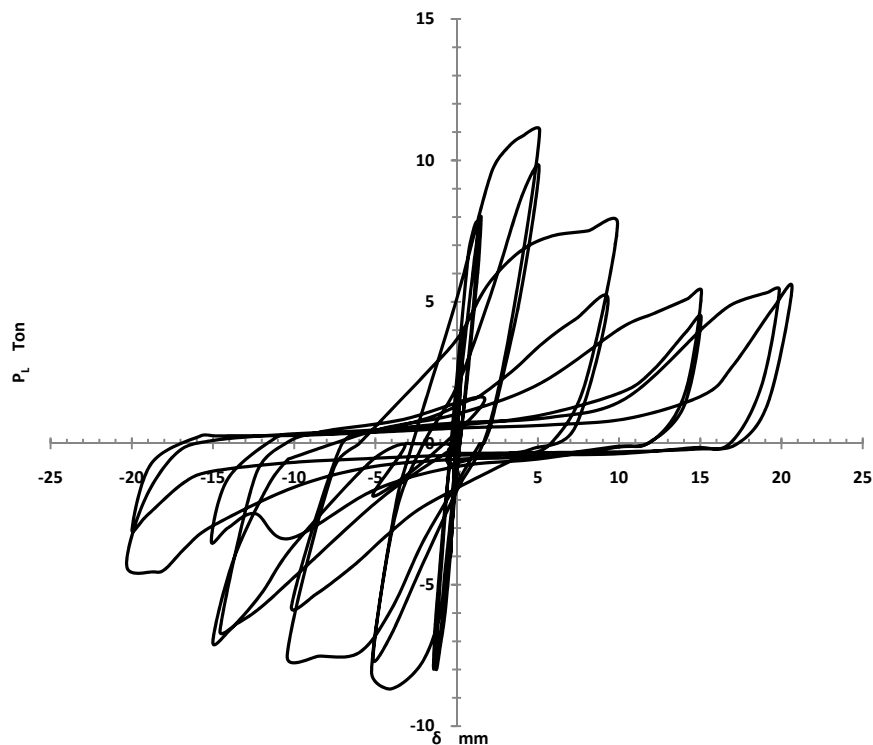


Figura 2.13 Curva de histéresis modelo losa maciza

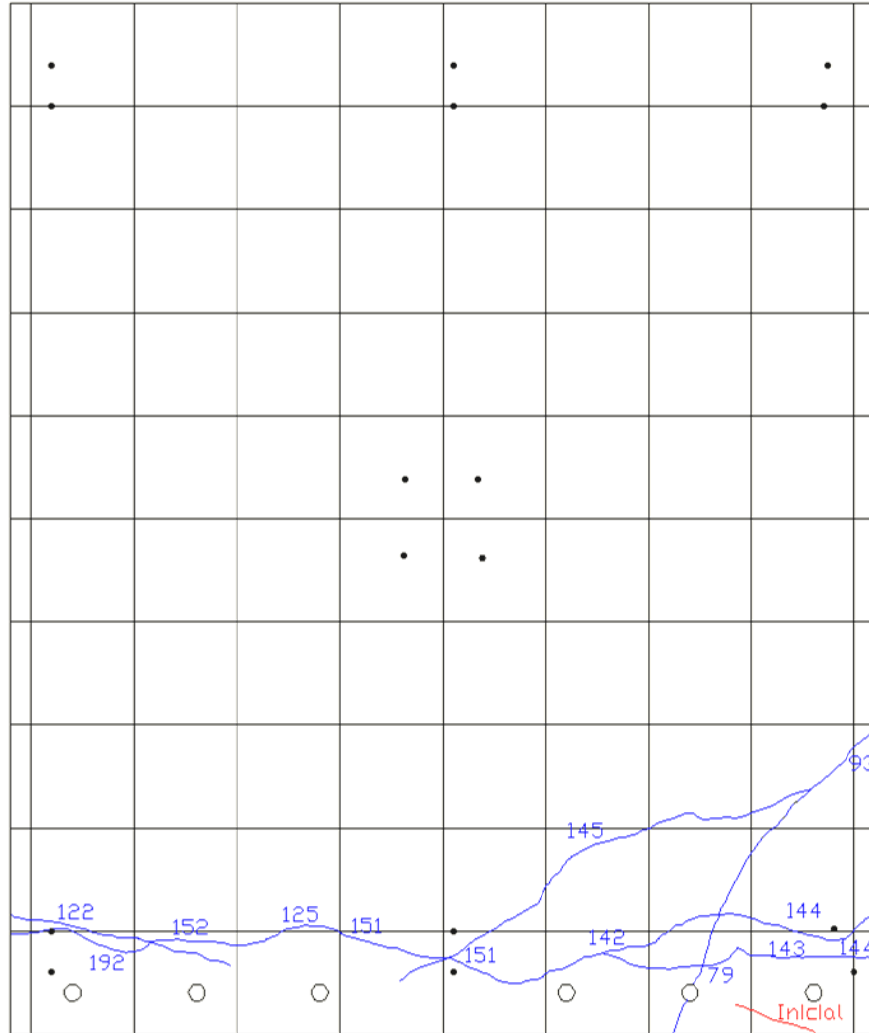


Figura 2.14 Agrietamiento final del modelo losa maciza

El primer agrietamiento fue inclinado y ocurrió en el paso 79 del ciclo 4 + (ciclo 4 positivo) registrando una carga de 2.15 Ton y 0.18 mm de desplazamiento, posteriormente apareció la primer grieta horizontal en el paso 125 del ciclo 6- (ciclo 6 negativo) registrando 6.6 t y 1.37 mm de desplazamiento, junto al lado fijo del modelo y fue incrementando su longitud mientras se aplicaban mas ciclos de carga. El valor máximo registrado durante el ensaye fue en el ciclo 8 con 11.05 Ton y 5.05 mm de desplazamiento.

Existe una asimetría en la resistencia positiva y negativa en modelo losa maciza, la cual se debió a la mala adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo.

2.2 Resistencia al agrietamiento, máxima y última de los modelos

En la tabla 3 se muestran los valores de la resistencias al agrietamiento, máximas y últimas con sus respectivos desplazamientos asociados para cada uno de los modelos.

Tabla 3 Resistencia al agrietamiento, máxima y última de los modelos

MODELO	δ_{cr} mm	P_{cr} Ton	$\delta_{m\acute{a}x}$ mm	$P_{m\acute{a}x}$ Ton	δ_u mm	P_u Ton
LOSA 03	7.45	8.13	14.90	10.45	2.50	8.11
LOSA 04	0.99	4.01	9.04	9.95	---	---
LOSA 05	1.25	6.0	15.29	10.25	4.63	8.03
LOSA 06	1.44	5.01	14.8	8.63	---	---
LOSA MACIZA	0.4	4.01	5.11	11.05	4.08	8.69

El modelo losa maciza fue el que alcanzó una mayor carga máxima de 11.05 Ton y un desplazamiento asociado menor de 5.11 mm en comparación a los demás modelos, el modelo losa 06 fue el que alcanzó una menor carga máxima de 8.63 T y un desplazamiento asociado de 14.8 mm, Los modelos losa 03, losa 04 y losa 05 alcanzaron cargas máximas muy cercanas de 10.45 Ton, 9.95 Ton y 10.25 Ton respectivamente aunque sus desplazamientos asociados difieren, ya que en el modelo losa 04 fue menor 9.04 mm y para el modelo losa 03 fue de 14.90 mm muy cercano al modelo losa 05 de 15.29 mm.

Las cargas últimas solo se pudieron obtener de las curvas de histéresis para los modelos losa 03, losa 05 y losa maciza. Las cargas críticas al agrietamiento se obtuvieron de las curvas de histéresis cuando se presentó el cambio de pendiente, en el modelo losa 03 el valor de la carga crítica estuvo muy cercano al alcanzar la carga máxima, los modelos losa 04, losa 05 y losa 06 alcanzaron la carga crítica aproximadamente a la mitad del valor de la carga máxima, el modelo losa maciza alcanzó la carga crítica casi al 37% del valor de su carga máxima.

La variación de los valores presentados en la tabla 3 para cada uno de los cinco modelos, dependió del diseño y de los materiales utilizados en su construcción, el modelo losa maciza fue el que alcanzó una mayor resistencia

máxima con un menor desplazamiento asociado en comparación con los otros cuatro modelos, ya que este modelo tiene una alta rigidez en el plano, debido a la aportación del acero de refuerzo y al peralte de la losa.

Los modelos construidos con vigueta y bovedilla de poliestireno (losa 03, losa 04 y losa 05) a pesar de tener el mismo peralte en la losa a compresión se notaron variaciones en los valores presentados, debido al material usado como refuerzo. El modelo losa 03 fue el que alcanzó una resistencia máxima y al agrietamiento mayor entre estos tres modelos debido a que se utilizó como refuerzo malla electro soldada. En los modelos losa 04 y losa 05 el empleo de fibra como refuerzo dio resultados de resistencia máxima y al agrietamiento muy cercanos entre ellos, las diferencias en los valores para ambos modelos se debe a la dosificación de fibra en el concreto.

El modelo losa 06 diseñado sin viguetas y empleándose malla electro soldada como refuerzo en la losa a compresión fue el modelo que tuvo una menor resistencia máxima y al agrietamiento en comparación con los modelos antes mencionados.