

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAÍSO – CHILE



EFFECTO DEL PERNO DE ANCLAJE EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PANELES DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS

Memoria de Título presentada por
Carlos Orlando Castillo Díaz

Como requisito parcial para optar al título de
Constructor Civil

Profesor Guía
Sergio Carmona Malatesta

Valparaíso, Diciembre de 2017

RESUMEN

En la actualidad, cada vez más se están utilizando fibras sintéticas para reforzar el hormigón, esto en desmedro del tradicional hormigón armado, debido principalmente a que las primeras traen consigo un mejoramiento de las propiedades mecánicas del material en su conjunto.

El objetivo principal de esta investigación tiene relación con la caracterización del comportamiento estructural de paneles de hormigón reforzados con fibras sintéticas que tienen embebido un perno de anclaje, y con ello mediante ensayos de tracción, determinar parámetros como la capacidad de absorción de energía, determinar patrón de agrietamiento, como así también evaluar el efecto de la presencia del perno de anclaje en la capacidad de absorber energía del shotcrete reforzado con fibras sintéticas.

Los paneles utilizados en esta investigación, corresponden a paneles de hormigón reforzados con fibras sintéticas, del tipo Barchip 48, las que se ocuparon en dosificaciones de 4, 6, y 8 kilogramos de fibras por metro cúbico de hormigón, permitiéndonos analizar y comparar la influencia de estas fibras en el desempeño del hormigón ensayado a tracción.

Mediante el ensayo de tracción del perno de anclaje, se obtendrán valores de resistencia máxima, tanto del perno de anclaje como del panel, antes de llegar a la fractura del material; además se llegará a valores de absorción de energía de los paneles, junto con los patrones de agrietamiento, y comparar los parámetros de resistencia de paneles con fibras sintéticas con y sin perno de anclaje embebido.

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos, y comparando los valores de los paneles de hormigón con distintas dosificaciones de fibras sintéticas, se logrará concluir que la incorporación de fibras sintéticas influye de manera significativa a la capacidad de absorber energía, pudiendo incrementar los valores de resistencia máxima de las probetas, como así también entregar parámetros de la relación entre la distancia de instalación de los pernos de anclaje y su correlación con el aumento de la resistencia.

ABSTRACT

In the actuality, increasingly are using synthetic fibers to reinforce the concrete, this in reduction of the traditional armed concrete, had to mainly to that the first bring achieve an improvement of the mechanical properties of the material in his group.

The main objective of this investigation has relation with the characterization of the structural behavior of panel of concrete reinforced with synthetic fibers that have inserted a bolt of anchorage, and with this by means of essays of traction, determine parameters like the capacity of absorption of energy, determine pattern of cracking, as like this also evaluate the effect of the presence of the bolt of anchorage in the capacity to absorb energy of the shotcrete reinforced with synthetic fibers.

The panels used in this investigation, correspond to panels of concrete reinforced with synthetic fibers, of the type Barchip 48, those that occupied in dosages of 4, 6, and 8 kilograms of fibers by cubic meter of concrete, allowing us analyze and compare the influence of these fibers in the performance of the concrete tested to traction.

By means of the essay of traction of the bolt of anchorage, will obtain values of maximum resistance, so much of the bolt of anchorage as of the panel, before arriving to the fracture of the material; besides it will arrive to values of absorption of energy the panels, together with the patterns of cracking, and compare the parameters of resistance of panels with synthetic fibers with and without bolt of anchorage inserted.

Once obtained the results of the essays, and comparing the values of the panels of concrete with distinct dosages of synthetic fibers, will attain conclude that the incorporation of synthetic fibers influences of significant way to the capacity to absorb energy, being able to increase the values of maximum resistance of the test pieces, as like this also deliver parameters of the relation between the distance of installation of the bolts of anchorage and his correlation with the increase of the resistance.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por darme la posibilidad de conocer nuevas áreas del saber, y con ello poder ser una persona más íntegra y abierta a los nuevos desafíos que se me han ido presentando a lo largo de mi vida, sin presentar temor a equivocarme, y creyendo que los errores sólo forman parte del aprendizaje.

Es imposible no poder reconocer la incansable, inconmensurable e importante labor que mis padres han tenido para conmigo, al apoyarme en todas las oportunidades que he tomado, y que en algún momento se creyeron lejanas, inconexas y/o erradas. Sin lugar a dudas, Irma y Carlos, han sido un gran pilar para poder salir adelante en todos mis desafíos propuestos.

A mis hermanos, Charly y Dany, gracias por creer que siempre he sido capaz de lograr grandes desafíos, por más difíciles que estos parezcan; siempre recordaré el momento en que comenzamos juntos este camino, como hemos evolucionado, hasta la actualidad con todo lo que hemos crecido. Confío en que estaremos siempre unidos, y apoyándonos en los momentos felices, y no tanto, de la vida.

También es necesario agradecer a Cecilia, por compartir conmigo en todos estos años de mi desarrollo universitario, y comprender todas mis etapas académicas, que al final pueden ver la luz, luego de un proceso no del todo fácil.

Sin duda, quiero dar las gracias a todo el equipo del laboratorio LEMCO, en particular, al área de hormigón por su ayuda en el desarrollo de mis paneles de hormigón, y en el proceso de ensayo propiamente tal de la memoria; gracias: Freddy, Michael, Cano, Arón. A don Tomás que siempre estuvo ayudando y guiando en las solicitudes que se le hicieran. Y por supuesto, gracias a Paul Gálvez, por estar siempre dispuesto a resolver mis dudas, respecto a los gráficos, y resultados de los ensayos propiamente tal.

Finalmente, pero no por ello menos importante, quisiera agradecer a mi profesor guía, Sergio Carmona. Primero, por darme las ayudas necesarias cuando las solicité, y segundo, por haber confiado en mí cuando le propuse un tema de memoria de mi interés, el cual acogió, guió, y desarrollamos de manera satisfactoria.

ÍNDICE

Contenido

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE	5
Índice de Imágenes	7
Índice de Gráficas	8
Índice de Tablas	12
Capítulo 1: MOTIVACIÓN	13
1.1.- INTRODUCCIÓN.....	14
1.2.- OBJETIVOS	15
1.3.- METODOLOGÍA	15
Capítulo 2: MARCO TEÓRICO	16
2.1.- Hormigones Reforzados con Fibras (HRF)	17
2.2.- Fibra sintética estructural Barchip 48	18
2.3.- Hormigón Proyectado (Shotcrete)	19
2.4.- Ensayo de panel cuadrado, EFNARC	20
Capítulo 3: DESARROLLO EXPERIMENTAL:	23
-MATERIALES OCUPADOS EN ENSAYOS	23
-PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO	23
3.1.- Materiales ocupados en Ensayos:.....	24
3.1.1.- Agregados Pétreos.....	24
3.1.2.- Cemento	25
3.1.3.- Aditivos para Hormigón	25
3.1.4.- Fibras Sintéticas.....	27
3.2.- Procedimiento y Metodología de Trabajo:	28
3.2.1.- Desarrollo del Ensayo:	28
Capítulo 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS:	40
-RESULTADOS DE ENSAYOS DE PANELES CON Y SIN PERNO DE ANCLAJE EMBEBIDO	40
-ANÁLISIS DE RESULTADOS	40
4.1.- Resultados de ensayos de paneles, Con perno de anclaje embebido	41
4.1.1.- Gráficas de Paneles Serie 604X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:	41
4.1.2.- Gráficas de Paneles Serie 606X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:	43

4.1.3.- Gráficas de Paneles Serie 608X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:	45
4.1.4.- Gráficas de Paneles Serie 1004X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:	47
4.1.5.- Gráficas de Paneles Serie 1006X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:	49
4.1.6.- Gráficas de Paneles Serie 1008X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:	51
4.2.- Análisis de Resultados Paneles Con perno de anclaje embebido	53
4.2.1.- Comparación del efecto de la luz de ensayo, en paneles CON perno de anclaje, respecto de los valores obtenidos de Carga Máxima, Deflexión Máxima y Absorción de Energía a los 25 mm.	53
4.3.- Resultados de ensayos de paneles, Con y Sin perno de anclaje embebido	55
4.3.1.- Gráficas de Paneles Serie 4XX (sin Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio	55
4.3.2.- Gráficas de Paneles Serie 6XX (sin Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:	57
4.3.3.- Gráficas de Paneles Serie 8XX (sin Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:	59
4.4.- Análisis de Resultados Paneles Con y Sin perno de anclaje embebido:	61
4.4.1.- Comparación de ensayos de paneles CON y SIN perno de anclaje embebido (600x600x100mm), y sus efectos en la cantidad de Energía Absorbida, Carga Máxima y Deflexión Máxima.	61
4.5.- Patrón de Agrietamiento de paneles para cuantías de 4, 6, y 8 kg de Fibras Sintéticas	64
4.5.1.- Patrón de Agrietamiento para dosificación de 4 kg/m ³ de Fibras Sintéticas	64
4.5.2.- Patrón de Agrietamiento para dosificación de 6 kg/m ³ de Fibras Sintéticas	65
4.5.3.- Patrón de Agrietamiento para dosificación de 8 kg/m ³ de Fibras Sintéticas	66
Capítulo 5: CONCLUSIONES	70
5.- Conclusiones	71
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	75

Índice de Imágenes

IMAGEN 1: CURVAS CARGA-DESPLAZAMIENTO TÍPICO PARA HORMIGÓN EN MASA Y HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS [FUENTE: HORMIGONES CON FIBRAS DE ACERO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS, MÁSTER EN INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, CIMENTACIONES Y MATERIALES, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, 2010].....	17
IMAGEN 2: VISTA DE CERCA DE LA FIBRA SINTÉTICA BARCHIP 48 [FUENTE: HOJA TÉCNICA DE BARCHIP 48, ELASTO-PLASTIC CONCRETE, 2010]	18
IMAGEN 3: EJEMPLO DE CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN (INCLUYENDO LA ABSORCIÓN DE ENERGÍA), OBTENIDAS DE ENSAYO EN PANEL EN 14488-5 CON FIBRAS DE ACERO [FUENTE: GUÍA CHILENA DEL HORMIGÓN PROYECTADO-SHOTCRETE, CAPÍTULO 11: MÉTODOS DE ENSAYO, 2015]	20
IMAGEN 4: DIFERENTES CONFIGURACIONES DEL ENSAYO DE PANEL CUADRADO [FUENTE: ENSAYO DE DOBLE PUNZONAMIENTO, APLICADO AL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS, CAPÍTULO 2: ESTADO DEL CONOCIMIENTO, 2006].....	21
IMAGEN 5: ESQUEMA DE ENSAYO DE PLACA CUADRADA PARA MEDIR ABSORCIÓN DE ENERGÍA [FUENTE: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CÓDIGOS INTERNACIONALES PARA HORMIGÓN PROYECTADO, CHILE, 2012]	22
IMAGEN 6: COLOCACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS EN "BETONERA", ÚLTIMO PASO DE LA PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN..	31
IMAGEN 7: PROCESO DE MEZCLA DE MATERIALES DENTRO DE LA "BETONERA"	31
IMAGEN 8: MOLDAJE PREPARADO PARA RECIBIR EL HORMIGÓN DOSIFICADO SEGÚN "HP1"	32
IMAGEN 9: TERMINACIÓN DE PANEL	32
IMAGEN 10: PANEL HORMIGONADO, JUNTO CON ESTRUCTURA QUE MANTIENE VERTICALIDAD DE PERNO DE ANCLAJE ...	32
IMAGEN 11: ESQUEMA DEL ENSAYO REALIZADO EN LABORATORIO, EN NUESTRA INVESTIGACIÓN, CON DETALLE DE MATERIALES USADOS, Y MEDIDAS RESPECTIVAS.....	34
IMAGEN 12: SOSTENIMIENTO DE PANEL PARA POSICIONARLO SOBRE GRÚA HORQUILLA.....	35
IMAGEN 13: ACOMODO DE PANEL, Y PREPARACIÓN PARA VOLTEARLO	35
IMAGEN 14: TRASLADO DE PANEL HACIA LOSA DE ENSAYO	36
IMAGEN 15: APOYO DE PANEL DE HORMIGÓN SOBRE CUARTONES DE MADERA	36
IMAGEN 16: UNA VEZ UBICADO EL PANEL, SE PROCEDE A ATORNILLAR LA TUERCA QUE APIERTA EL PERNO DE ANCLAJE	36
IMAGEN 17: SE PUEDE APRECIAR CÓMO SE VA CARGANDO LA GATA HIDRÁULICA, Y CON ELLO SE TRACCIONA EL PERNO, Y SE DEFORMA EL PANEL.....	37
IMAGEN 18: DISPOSICIÓN DE PANEL CON INSTRUMENTACIÓN NECESARIA PARA ENSAYO	37
IMAGEN 19: PANEL EN POSICIÓN DE ENSAYO, JUNTO CON ESTRUCTURA METÁLICA QUE PERMITE APOYAR LVDTs, PARA MEDIR DEFORMACIÓN EN EL PANEL.....	37
IMAGEN 20: APARICIÓN DE GRIETA EN FORMA DE X, GENERADA POR LOS VÉRTICES DE LA PLACA DE ACERO AL SER TRACCIONADA JUNTO CON EL PERNO DE ANCLAJE.....	38
IMAGEN 21: PANEL CON CLAROS SIGNOS DE PUNZONAMIENTO EN SU SUPERFICIE DEBIDO A LA TRACCIÓN DEL PERNO DE ANCLAJE	38
IMAGEN 22: GATA HIDRÁULICA YA PROBADA, INSTALADA Y SIN APLICAR CARGAS AÚN	39
IMAGEN 23: GATA HIDRÁULICA, QUE MUESTRA LA CLARA TRACCIÓN DEL PERNO DE ANCLAJE, UNA VEZ TERMINADO EL ENSAYO.....	39
IMAGEN 24: PATRÓN DE AGRIETAMIENTO MOSTRADO EN PANELES CON CUANTÍA DE FIBRAS SINTÉTICAS DE 4 KG /M³, CON EVIDENCIA MARCADA DE UNA CRUZ (X) CERRADA.....	64
IMAGEN 25: PATRÓN DE AGRIETAMIENTO MOSTRADO EN PANELES CON CUANTÍA DE FIBRAS SINTÉTICAS DE 6 KG /M³, CON EVIDENCIA MARCADA DE UNA CRUZ (X) ABIERTA.....	65
IMAGEN 26: PATRÓN DE AGRIETAMIENTO MOSTRADO EN PANELES CON CUANTÍA DE FIBRAS SINTÉTICAS DE 8 KG /M³, CON EVIDENCIA MARCADA DE UNA CRUZ (X) MÁS ABIERTA QUE LAS ANTERIORES	66

Índice de Gráficas

GRÁFICA 1: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 604X	41
GRÁFICA 2: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 604X.....	41
GRÁFICA 3: GRÁFICA PROMEDIOS (CARGA - DESPLAZAMIENTO) Y (ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO) DE PANELES SERIE 604X	42
GRÁFICA 4: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 606X.....	43
GRÁFICA 5: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 606X	43
GRÁFICA 6: GRÁFICA PROMEDIO (CARGA - DESPLAZAMIENTO) Y (ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO) DE PANELES SERIE 606X	44
GRÁFICA 7: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 608X	45
GRÁFICA 8: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 608X.....	45
GRÁFICA 9: GRÁFICA PROMEDIO (CARGA - DESPLAZAMIENTO) Y (ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO) DE PANELES SERIE 608X	46
GRÁFICA 10: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 1004X.....	47
GRÁFICA 11: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 1004X	47
GRÁFICA 12: GRÁFICA PROMEDIO (CARGA - DESPLAZAMIENTO) Y (ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO) DE PANELES SERIE 1004X.....	48
GRÁFICA 13: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 1006X.....	49
GRÁFICA 14: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 1006X	49
GRÁFICA 15: GRÁFICA PROMEDIO (CARGA - DESPLAZAMIENTO) Y (ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO) DE PANELES SERIE 1006X.....	50
GRÁFICA 16: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 1008X.....	51
GRÁFICA 17: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 1008X	51
GRÁFICA 18: GRÁFICA PROMEDIO (CARGA - DESPLAZAMIENTO) Y (ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO) DE PANELES SERIE 1008X.....	52
GRÁFICA 19: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 4XX.....	55
GRÁFICA 20: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 4XX	55
GRÁFICA 21: GRÁFICA PROMEDIO (CARGA - DESPLAZAMIENTO) Y (ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO) DE PANELES SERIE 4XX.....	56
GRÁFICA 22: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 6XX.....	57
GRÁFICA 23: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 6XX	57
GRÁFICA 24: GRÁFICA PROMEDIO (CARGA - DESPLAZAMIENTO) Y (ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO) DE PANELES SERIE 6XX.....	58
GRÁFICA 25: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO DE PANELES SERIE 8XX.....	59
GRÁFICA 26: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO DE PANELES 8XX.....	59
GRÁFICA 27: GRÁFICA PROMEDIO (CARGA - DESPLAZAMIENTO) Y (ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO) DE PANELES SERIE 8XX.....	60
GRÁFICA 28: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO PANEL 411.....	77
GRÁFICA 29: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO PANEL 411	77
GRÁFICA 30: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO PANEL 412.....	79
GRÁFICA 31: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO PANEL 412	79
GRÁFICA 32: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO PANEL 413.....	81
GRÁFICA 33: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO PANEL 413	81
GRÁFICA 34: GRÁFICA CARGA – DESPLAZAMIENTO PANEL 421.....	83
GRÁFICA 35: GRÁFICA ENERGÍA – DESPLAZAMIENTO PANEL 421	83

GRÁFICA 36: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 422	85
GRÁFICA 37: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 422	85
GRÁFICA 38: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 423	87
GRÁFICA 39: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 423	87
GRÁFICA 40: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 611	89
GRÁFICA 41: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 611	89
GRÁFICA 42: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 612	91
GRÁFICA 43: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 612	91
GRÁFICA 44: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 613	93
GRÁFICA 45: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 613	93
GRÁFICA 46: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO 621	95
GRÁFICA 47: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 621	95
GRÁFICA 48: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 622	97
GRÁFICA 49: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 622	97
GRÁFICA 50: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 623	99
GRÁFICA 51: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 623	99
GRÁFICA 52: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 641	101
GRÁFICA 53: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 641	101
GRÁFICA 54: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 642	103
GRÁFICA 55: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 642	103
GRÁFICA 56: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 651	105
GRÁFICA 57: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 651	105
GRÁFICA 58: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 811	107
GRÁFICA 59: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 811	107
GRÁFICA 60: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 812	109
GRÁFICA 61: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 812	109
GRÁFICA 62: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 813	111
GRÁFICA 63: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 813	111
GRÁFICA 64: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 821	113
GRÁFICA 65: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 821	113
GRÁFICA 66: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6041	115
GRÁFICA 67: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6041	115
GRÁFICA 68: LVDT 1, PANEL 6041	116
GRÁFICA 69: LVDT 2, PANEL 6041	116
GRÁFICA 70: LVDT 2, PANEL 6041	116
GRÁFICA 71: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6042	118
GRÁFICA 72: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6042	118
GRÁFICA 73: LVDT 1, PANEL 6042	119
GRÁFICA 74: LVDT 2, PANEL 6042	119
GRÁFICA 75: LVDT 3, PANEL 6042	119
GRÁFICA 76: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6043	121
GRÁFICA 77: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6043	121
GRÁFICA 78: LVDT 1, PANEL 6043	122
GRÁFICA 79: LVDT 2, PANEL 6043	122
GRÁFICA 80: LVDT 3, PANEL 6043	122
GRÁFICA 81: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6061	124
GRÁFICA 82: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6061	124
GRÁFICA 83: LVDT 1, PANEL 6061	125

GRÁFICA 84: LVDT 2, PANEL 6061	125
GRÁFICA 85: LVDT 3, PANEL 6061	125
GRÁFICA 86: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6062	127
GRÁFICA 87: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6062	127
GRÁFICA 88: LVDT 1, PANEL 6062	128
GRÁFICA 89: LVDT 2, PANEL 6062	128
GRÁFICA 90: LVDT 3, PANEL 6062	128
GRÁFICA 91: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6063	130
GRÁFICA 92: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6063	130
GRÁFICA 93: LVDT 1, PANEL 6063	131
GRÁFICA 94: LVDT 2, PANEL 6063	131
GRÁFICA 95: LVDT 3, PANEL 6063	131
GRÁFICA 96: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6081	133
GRÁFICA 97: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6081	133
GRÁFICA 98: LVDT 1, PANEL 6081	134
GRÁFICA 99: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6082	136
GRÁFICA 100: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6082	136
GRÁFICA 101: LVDT 1, PANEL 6082	137
GRÁFICA 102: LVDT 2, PANEL 6082	137
GRÁFICA 103: LVDT 3, PANEL 6082	137
GRÁFICA 104: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6083	139
GRÁFICA 105: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 6083	139
GRÁFICA 106: LVDT 1, PANEL 6083	140
GRÁFICA 107: LVDT 2, PANEL 6083	140
GRÁFICA 108: LVDT 3, PANEL 6083	140
GRÁFICA 109: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10041	142
GRÁFICA 110: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10041	142
GRÁFICA 111: LVDT 1, PANEL 10041	143
GRÁFICA 112: LVDT 2, PANEL 10041	143
GRÁFICA 113: LVDT 3, PANEL 10041	143
GRÁFICA 114: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10042	145
GRÁFICA 115: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10042	145
GRÁFICA 116: LVDT 1, PANEL 10042	146
GRÁFICA 117: LVDT 2, PANEL 10042	146
GRÁFICA 118: LVDT 3, PANEL 10042	146
GRÁFICA 119: GRÁFICO CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10043	148
GRÁFICA 120: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10043	148
GRÁFICA 121: LVDT 1, PANEL 10043	149
GRÁFICA 122: LVDT 2, PANEL 10043	149
GRÁFICA 123: LVDT 3, PANEL 10043	149
GRÁFICA 124: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10061	151
GRÁFICA 125: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10061	151
GRÁFICA 126: LVDT 1, PANEL 10061	152
GRÁFICA 127: LVDT 2, PANEL 10061	152
GRÁFICA 128: LVDT 3, PANEL 10061	152
GRÁFICA 129: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10062	154
GRÁFICA 130: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10062	154
GRÁFICA 131: LVDT 1, PANEL 10062	155

GRÁFICA 132: LVDT 2, PANEL 10062	155
GRÁFICA 133: LVDT 3, PANEL 10062	155
GRÁFICA 134: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10063	157
GRÁFICA 135: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10063	157
GRÁFICA 136: LVDT 1, PANEL 10063	158
GRÁFICA 137: LVDT 2, PANEL 10063	158
GRÁFICA 138: LVDT 3, PANEL 10063	158
GRÁFICA 139: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10081	160
GRÁFICA 140: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10081	160
GRÁFICA 141: LVDT 1, PANEL 10081	161
GRÁFICA 142: LVDT 2, PANEL 10081	161
GRÁFICA 143: LVDT 3, PANEL 10081	161
GRÁFICA 144: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10082	163
GRÁFICA 145: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10082	163
GRÁFICA 146: LVDT 1, PANEL 10082	164
GRÁFICA 147: LVDT 2, PANEL 10082	164
GRÁFICA 148: LVDT 3, PANEL 10082	164
GRÁFICA 149: GRÁFICA CARGA - DESPLAZAMIENTO PANEL 10083	166
GRÁFICA 150: GRÁFICA ENERGÍA - DESPLAZAMIENTO 10083	166
GRÁFICA 151: LVDT 1, PANEL 10083	167
GRÁFICA 152: LVDT 2, PANEL 10083	167
GRÁFICA 153: LVDT 3, PANEL 10083	167

Índice de Tablas

TABLA 1: PROPIEDADES DE LAS FIBRAS SINTÉTICAS BARCHIP 48 [FUENTE: HOJA TÉCNICA DE BARCHIP 48, ELASTO-PLASTIC CONCRETE, 2010]	18
TABLA 2: DOSIFICACIÓN “HPI”, ESCOGIDA PARA LA REALIZACIÓN DE PANELES, TANTO DE 600x600x100 MM, COMO DE 1000x1000x100 MM	29
TABLA 3: DOSIFICACIÓN “HPI”, ADAPTADA PARA 0,11 m³, CAPACIDAD COMPLETA DE LA BETONERA	29
TABLA 4: RESUMEN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE PANELES CON PERNO DE ANCLAJE EMBEBIDO	53
TABLA 5: RESUMEN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EXPRESADAS EN PROMEDIO DE PANELES CON PERNO DE ANCLAJE EMBEBIDO	53
TABLA 6 RESUMEN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE PANELES SIN PERNO DE ANCLAJE EMBEBIDO (PANELES DE 600x600x100 MM)	61
TABLA 7: RESUMEN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EXPRESADAS EN PROMEDIO DE PANELES SIN PERNO DE ANCLAJE EMBEBIDO	61
TABLA 8: RESUMEN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE PANELES CON PERNO DE ANCLAJE EMBEBIDO (PANELES DE 600x600x100 MM)	62
TABLA 9: RESUMEN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EXPRESADAS EN PROMEDIO DE PANELES CON PERNO DE ANCLAJE EMBEBIDO	62
TABLA 10: PRIMER PEAK DE GRÁFICO CARGA – DESPLAZAMIENTO, ASOCIADO A CARGA DE AGRIETAMIENTO, EN PANELES CON PERNO DE ANCLAJE (600x600x100 MM Y 1000x1000x100 MM)	68
TABLA 11: PRIMER PEAK DE GRÁFICO CARGA – DESPLAZAMIENTO, ASOCIADO A CARGA DE AGRIETAMIENTO, EN PANELES SIN PERNO DE ANCLAJE (600x600x100 MM)	69
TABLA 12: PROMEDIO DEL PRIMER PEAK, ASOCIADO A LA CARGA POR AGRIETAMIENTO	69

Capítulo 1: MOTIVACIÓN

1.1.- INTRODUCCIÓN

En el proyecto Chuquicamata Subterránea desarrollado por la División Norte de Codelco Chile, para el sostenimiento de túneles, se especificaba la aplicación de un hormigón proyectado o shotcrete reforzado con malla de acero electrosoldada tipo C – 295. Sin embargo, la proyección de hormigón sobre mallas no garantiza un soporte continuo, debido a la formación de las denominadas “sobras”, las que corresponde a oquedades que se producen debido a que parte del hormigón queda retenido en la malla y no logra llegar hasta la roca, a lo que se suma, que las faenas necesarias para la instalación de la malla son complejas y de alto riesgo para las personas que la ejecutan.

Por las razones antes expuestas, se propuso el uso de shotcrete reforzado con fibras sintéticas, el que presenta la ventaja de generar un sostenimiento continuo y reforzado. Después de una evaluación de ambas alternativas, finalmente, se optó por el uso de esta última solución, la que se ha aplicado exitosamente en la construcción de los túneles de servicio de dicha División de Codelco.

Entre las principales características del hormigón reforzado con fibras, está la mayor capacidad para absorber energía, la que aparece luego de iniciada la primera grieta, lo cual es conocido como el rango de post-agrietamiento, debido a que, mediante el agarre en el hormigón, se evita que las grietas se sigan expandiendo o aumentando su tamaño al ser aplicada la carga, lo que nos trae como resultado incrementar la dureza, como así también la capacidad de absorber energía o tenacidad. En general, las fibras como refuerzo para hormigón, son usadas principalmente en la industria de la construcción en el sostenimiento de obras subterráneas como lo son los túneles mineros; en la estabilización de taludes para obras civiles y/o la minería, y en cualquier obra que se requiera reemplazar la utilización del hormigón reforzado con mallas electrosoldadas, debido a su complicación y riesgo en su instalación.

De acuerdo a lo señalado por Barret y McCreath (1995), sobre el hormigón del sostenimiento actúan esfuerzos de compresión, flexión, corte y adherencia provocados por la presión de los bloques de roca, y de punzonamiento, por acción de las placas de fijación de los pernos de anclaje. El estudio desarrollado para el reemplazo de las mallas, se basó en valores de las resistencias del shotcrete obtenidos en diferentes publicaciones disponibles en la literatura especializada, no obstante, los resultados experimentales son escasos. Por esta razón, se ha propuesto investigar el efecto de la presencia del perno de anclaje sobre la resistencia de paneles de hormigón reforzado con fibras.

1.2.- OBJETIVOS

El objetivo principal de nuestra investigación es caracterizar y comparar el comportamiento estructural de paneles de hormigón reforzado con fibras sintéticas, en las cuales está embebido un perno de anclaje.

De la misma manera se pretende determinar la capacidad de absorción de energía, el patrón de agrietamiento, y comparar la injerencia de la presencia o ausencia del perno de anclaje embebido en los paneles de hormigón reforzado con fibras sintéticas, respecto a la resistencia de los mismos.

Las fibras utilizadas en este estudio corresponden a fibras sintéticas del tipo Barchip 48, las que, entre otros beneficios, presentan un 50% en la reducción de costos comparado con la malla electrosoldada convencional, una mayor durabilidad a largo plazo sin oxidación, y, ser más liviana y segura de maniobrar en las obras respecto a lo realizado con mallas de acero. Estas fibras sintéticas son utilizadas, en la investigación, en paneles con dosificaciones de 4, 6, y 8 kilogramos por metro cúbico, pudiendo así analizar y comparar la incidencia del uso de las distintas cantidades de fibras en los resultados de los ensayos.

1.3- METODOLOGÍA

Con el propósito de poder desarrollar esta investigación, se tendrán que realizar probetas o paneles de hormigón reforzados con fibras sintéticas con el fin de obtener, mediante los ensayos, la caracterización de sus propiedades.

De esta forma se deben construir 3 series de 3 paneles de $600 \times 600 \times 100$ mm y otras 3 series de 3 paneles de $1.000 \times 1.000 \times 100$ mm, todos ellos reforzados con 4, 6, y 8 kg/m³ de fibras sintéticas plásticas. Cada panel tendrá embebido un perno de anclaje de calidad A 630 – 420 H de 1,5 metros de longitud, el cual, previamente, ha sido cortado desde los 3 metros de largo original.

Una vez terminado lo anterior, y habiendo esperado por lo menos 28 días desde el término de la etapa de hormigonado, se prosigue a ensayar los paneles, siguiendo la siguiente metodología:

- Ensayar los paneles traccionando el perno mediante un actuador hidráulico de émbolo hueco, registrando la carga y deflexión del panel.
- Analizar los resultados obtenidos en los ensayos realizados y compararlos con resultados de paneles que no tienen pernos de anclaje.

Los paneles ensayados se rigen por la estandarización de los Ensayos de Paneles ERNARC (1996), en donde, se mide la resistencia a la flexotracción, dado por la aplicación de una carga puntual centrada en un panel de $600 \times 600 \times 100$ mm. Y de la misma forma como nos hemos ceñido a este tamaño de paneles, especificado por la norma, también lo hemos adaptado a nuestros paneles de $1.000 \times 1.000 \times 100$ mm, calculando de igual forma la resistencia a la flexotracción y otras variables.

Capítulo 2: MARCO TEÓRICO

2.1.- Hormigones Reforzados con Fibras (HRF)

En general, el hormigón se comporta de maneras diferentes cuando es solicitado por distintos esfuerzos. De esta forma, claro es que el hormigón presenta un mejor desempeño cuando es enfrentado a esfuerzo de compresión, sin embargo, cuando los esfuerzos soportados corresponden a tracción, las propiedades mecánicas del hormigón decaen considerablemente. Es por esta razón que es necesario cubrir esa deficiencia del material agregando algún tipo de refuerzo longitudinal y/o transversal.

El objetivo del refuerzo estructural es controlar y asumir las cargas externas, para las que fue diseñado, no obstante, si existen esfuerzos dados por cargas anexas producidos por retracción por secado, o por ciclos de humedad y secado, esos problemas deben ser resueltos agregando más cuantías de refuerzo y mallas electrosoldadas.

No obstante, lo anterior, sendas investigaciones sobre los HRF han entregado clara información sobre los beneficios que presentaría el agregar fibras en el hormigón a las propiedades mecánicas, en particular, al mejoramiento estructural del hormigón. Al agregar fibras al hormigón se elevan las propiedades de este, ya que éstas permiten unir todo como una macro-armadura, aportando mayores posibilidades para disminuir la fisuración por retracción. Así mismo, permite un aumento de la tenacidad (capacidad de un material para soportar cargas antes de colapsar) al incrementar la ductilidad del material, como así también otorgar mayores valores de resistencia a la fractura y/o impacto.

El Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) varía sus propiedades mecánicas dependiendo de las siguientes variables: el tipo de fibra a utilizar, la dosificación o cantidad de estas en el hormigón, la distribución en el hormigón, el tipo de matriz cementícea, como así también el tipo de agregados. Todas estas variables en su conjunto hacen que, el HRF, logre tener grandes estándares en las propiedades de resistencia cuando se le es solicitado.

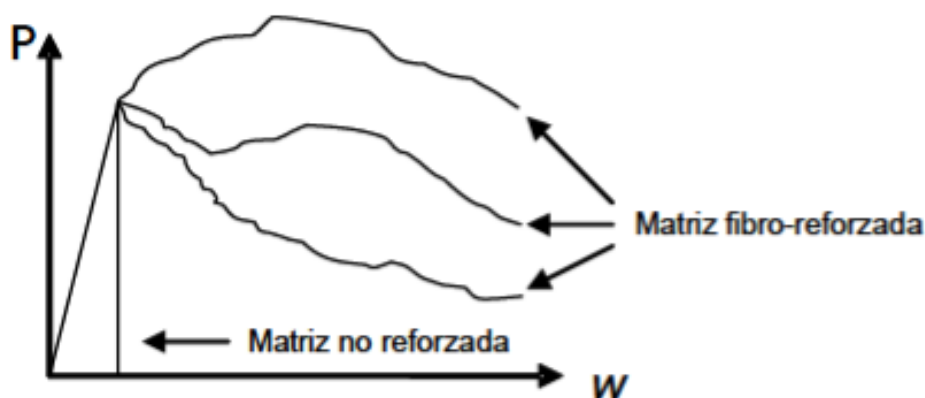


Imagen 1: Curvas Carga-Desplazamiento típico para hormigón en masa y hormigones reforzados con fibras [Fuente: Hormigones con Fibras de Acero Características Mecánicas, Máster en Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales, Universidad Politécnica de Madrid, 2010]

2.2.- Fibra sintética estructural Barchip 48

Las fibras sintéticas Barchip 48, en particular las fibras sintéticas, son las sucesoras contemporáneas de las fibras naturales y/o vegetales utilizadas en materiales estructurales antiguos como lo son: el adobe, o los morteros de cal. El uso de estas fibras, en épocas pasadas, era de vital importancia, debido a que permitían asumir esfuerzos de tensión y le otorgaban mayor monolitismo (no fisuración) a los elementos.

Estas fibras sintéticas Barchip 48, han sido creadas como parte de un programa que tenía por objetivo permitir el desarrollo de una variedad de fibras que pudiesen lograr el mayor rendimiento en distintas aplicaciones ingenieriles (Programa de investigación y desarrollo, Fibra Futura, de “Elasto Plastic Concrete”).

Los principales beneficios que presentan las fibras sintéticas Barchip 48 son:

- Reducción de costos de hasta un 50% comparado con la malla convencional.
- Durabilidad a largo plazo sin oxidación.
- Entregado en la obra como hormigón pre-reforzado (HPR).
- No existe necesidad de cortar e instalar malla, lo que aumenta la eficiencia y productividad.
- Es más liviana y segura para maniobrar comparado con el acero.
- Presenta reducción de exfoliación durante incendios.
- Existe menos desgaste de bombas, mangueras y boquillas.

Tabla 1: Propiedades de las Fibras sintéticas Barchip 48 [Fuente: Hoja Técnica de Barchip 48, Elasto-Plastic Concrete, 2010]

Resina	Olefina modificada
Largo	48 mm
Resistencia a la tracción	6400 kg/cm ²
Superficie	Relieve continuo
Cantidad de fibra	59.500 fibras/ Kg
Densidad Relativa	0,90 – 0,92
Módulo de Elasticidad	10 GPa
Punto de fusión	169°C
Punto de Ignición	320° C – 360° C

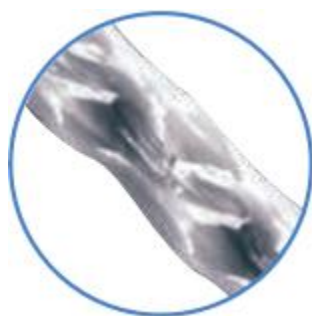


Imagen 2: Vista de cerca de la fibra sintética Barchip 48 [Fuente: Hoja Técnica de Barchip 48, Elasto-Plastic Concrete, 2010]

2.3.- Hormigón Proyectado (Shotcrete)

El Shotcrete, como es conocido por su nombre en inglés, u Hormigón Proyectado como también es llamado en Chile, tiene su origen en el año 1907, en donde se utilizó con fines arquitectónicos, los cuales fueron ejecutados por el escultor neoyorquino Carl Ethan Akeley, quien utilizó la técnica para crear animales prehistóricos, de ahí que se le conoce como uno de los padres de esta técnica de hormigonado.

El Hormigón proyectado, en la actualidad, se ha convertido en un gran referente a la hora de construir estructuras, debido principalmente a que dentro de sus características se encuentran la no utilización de moldaje, como también su rápida y sencilla forma de aplicarlo. De ahí la trascendencia de esta técnica de hormigonado en nuestra investigación, ya que su versatilidad permite estabilizar muros de contención, reforzar estructuralmente muros, o taludes, y lo más importante, atingente a nuestra investigación, es que permite realizar túneles mineros u otra obra civil análoga.

Los componentes principales del Shotcrete son el árido, el cemento y el agua, los cuales una vez mezclados salen proyectados por una manguera, que en la punta distal tiene una pistola que regula la salida de este material, y una vez eyectado choca y se adhiere bruscamente contra la roca limpia (en el caso de los túneles). Esta proyección del hormigón se mete por las fisuras y grietas de las paredes, generando una capa íntimamente unida con la pared. Y debido a esta forma de aplicación del hormigón es que se pueden llegar a espesores de 10 a 15 centímetros con bastante rapidez, eliminando así los típicos problemas de meteorización de la mezcla como así también eliminar los desprendimientos en zonas fracturadas.

En Chile, esta técnica se inició en la década de los 70', cuando se construyeron las primeras centrales hidroeléctricas, en particular, central El Toro, la cual presentó problemas por la inexperiencia con la técnica, ya que al aplicarla se presentó rebote del hormigón, que tenía como una de las principales causas la ausencia de equipos idóneos y la falta de mano de obra calificada en la ejecución de este hormigón proyectado.

Debido a lo anterior, es de vital importancia crear normas chilenas que rijan esta disciplina, ya que en la actualidad cada vez más se están realizando obras de gran envergadura con esta técnica de hormigón proyectado en el país y para ello se requieren criterios estandarizados para su correcta producción y aplicación, debido a que la construcción con hormigón proyectado en Chile, por ahora, sólo se rige por normas extranjeras.

2.4.- Ensayo de panel cuadrado, EFNARC

La normativa EFNARC, formada en 1989 para establecer el estado del arte sobre el hormigón proyectado, presenta un ensayo con panel cuadrado en donde el panel de hormigón tiene las dimensiones $600 \times 600 \times 100$ mm de espesor simplemente apoyado en los cuatro bordes, mientras se somete a una carga en su punto central. En la obtención de resultados, la curva Carga - Deformación se obtiene hasta llegar a una deflexión central de 25 mm, y el resultado del ensayo se calcula como la energía bajo la curva del gráfico Carga-Deformación, medida en Joules (Imagen 3, Resultados de ensayo, representados en gráfica Carga-Deformación/Energía-Deformación).

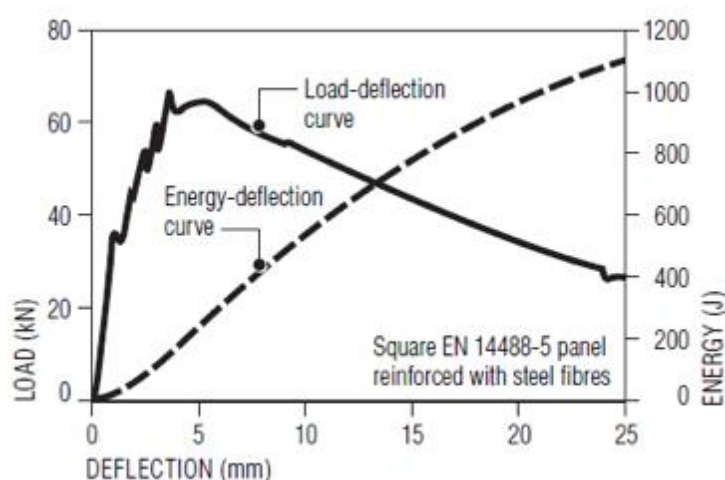


*Imagen 3: Ejemplo de curva Esfuerzo-Deformación (incluyendo la absorción de energía), obtenidas de ensayo en panel EN 14488-5 con fibras de acero
[Fuente: Guía Chilena del Hormigón Proyectado- Shotcrete, Capítulo 11: Métodos de Ensayo, 2015]*

En relación al muestreo, se deben preparar al menos tres muestras. Una muestra está compuesta por un mínimo de dos pruebas exitosas.

El panel debe ser muestreado en estado fresco en terreno, proyectado sobre dicho panel y enrasado con una regla con apoyo en las aristas del panel, inmediatamente una vez terminado. Estas probetas deben curarse por 3 días inmediatamente antes del ensayo y deben mantenerse húmedas hasta el ensayo. Esto quiere decir, que se deben mantener en molde al menos 16 horas y no más de 3 días, a una temperatura de 20°C. Después del retiro de los moldes curarlas en agua a 20°C o en cámara a 20°C y humedad del 95%.

Algunas investigaciones han mostrado que, para macro fibra usada como refuerzo en hormigón proyectado, la energía absorbida por una mezcla dada en el ensayo EN 14488-5 a 25 mm de deflexión central es aproximadamente 2,5 veces la magnitud de la energía absorbida por la misma mezcla en la norma ASTM C1550 en 40 mm de deflexión central.

En la siguiente imagen se puede observar una de las diferentes configuraciones (Imagen 4, parte izquierda de la imagen) que existen del ensayo de paneles en la que se constatan los dispositivos LVDTs de medida de la deflexión (Brite Euram Project, 1999-2002), mientras que en la figura derecha se observa la ejecución de un ensayo de paneles, basado en la normativa EFNARC (1996), ejecutado en los laboratorios de Bekaert S.A. (Lambrechts y Bekaert S.A., 2002-2003).



Imagen 4: Diferentes configuraciones del ensayo de panel cuadrado [Fuente: Ensayo de doble punzonamiento, aplicado al Hormigón Reforzado con Fibras, Capítulo 2: Estado del Conocimiento, 2006]

El ensayo de Panel Cuadrado EFNARC es posiblemente el procedimiento de evaluación basado en paneles más extendido. El comportamiento que presenta el panel EFNARC se evalúa de dos maneras: medida de la carga máxima mantenida y energía absorbida para una flecha central de 25 mm. El primer parámetro no es una característica particularmente útil de estos paneles porque está fuertemente influenciado por la distorsión en la base de la muestra producida por la forma durante el proyectado del hormigón. Esto además depende de la resistencia de la matriz y tiene poco que ver con el comportamiento de las fibras, al menos por lo que hace referencia para mezclas con niveles normales de absorción de energía. Este último parámetro se calcula integrando el área que encierra la curva Carga - Desplazamiento. Cuanto mayor sea la absorción de energía, más capaz será la mezcla de hormigón de soportar una carga en el estado de fisuración.

Una de las ventajas que presenta el panel EFNARC es la gran superficie de rotura que se obtiene al ensayar la muestra, este hecho hace que la dispersión de los resultados sea menor. Aunque este ensayo ha sido ampliamente aceptado, padece una serie de defectos. El más significativo es la dificultad que implica el intentar reproducir una muestra con la base plana. La base de la muestra está realmente simplemente apoyada si ésta es plana y se apoya uniformemente alrededor del perímetro del elemento fijo del ensayo. Una muestra que sea plana producirá generalmente un registro de Carga - Desplazamiento con un único pico y máximo comportamiento posible, cuantificado en términos de absorción de energía entre el inicio de la carga y 25 mm de deflexión central total. Una muestra que no sea plana se deformará de una manera impredecible, a menudo manifestará múltiples picos en la capacidad de carga, ya que la tensión es redistribuida de forma

desigual alrededor del panel que progresivamente va fisurando y manifestará un comportamiento global de dudosa validez. Esta característica del ensayo no es atractiva desde el punto de vista de ensayos de control de calidad.

Por lo tanto, y como se explicó anteriormente, el desempeño de las fibras se mide fundamentalmente según la capacidad de absorción de energía. En la metodología de trabajo, definida en el código EFNARC, European Specification for Sprayed, 1996, la probeta de ensayo (placa de 600 x 600 x 100 mm), debe estar apoyada en sus cuatro bordes, y de esta forma se le aplica una carga en el punto central según se indica en la imagen mostrada a continuación (Imagen 5) del referido código. La tasa de deformación en el punto medio debe ser de 1,5 mm por minuto.

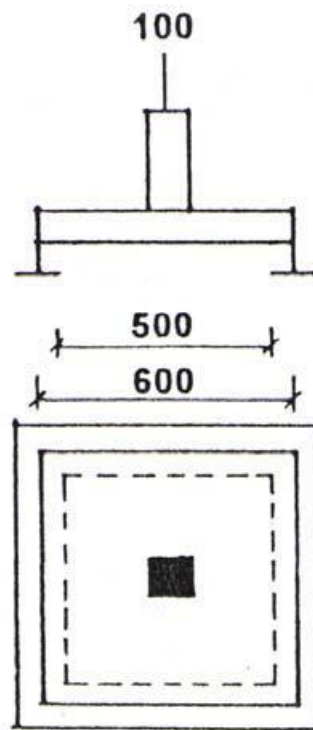


Imagen 5: Esquema de Ensayo de Placa cuadrada para medir Absorción de Energía [Fuente: Análisis comparativo de los códigos internacionales para Hormigón Proyectado, Chile, 2012]

Una vez obtenida la lógica del ensayo, registrando la curva Carga – Deformación hasta alcanzar la deformación de 25 mm en el punto central de la placa, y calculado la energía absorbida como el área bajo la curva, se derivan 3 clases de absorción de energía, conocidas como E500, E700 y E1000, donde el número denota que la absorción de energía es al menos dicho número expresado en Joules, para una deformación de 25 mm.

Capítulo 3: DESARROLLO EXPERIMENTAL:

- MATERIALES OCUPADOS EN ENSAYOS
- PROCEDIMIENTO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1.- Materiales ocupados en Ensayos:

Los materiales que fueron utilizados en esta investigación, hacen referencia principalmente a aquellos que permitieron desarrollar los ensayos, ajustándose a la normativa EN 14488-5, EFNARC, en donde se ensaya un panel con dimensiones de $600 \times 600 \times 100$ mm, que a su vez está apoyado sobre sus cuatro bordes, y es sometido a esfuerzos de flexión y punzonamiento, mientras es cargado en su punto central, por una placa cuya área abarca 10000 mm^2 (100×100 mm); de esta forma, una vez se llega a una deflexión de 25 mm, se obtiene el cálculo de absorción de energía requerido para concluir si se lo puede categorizar en alguna de las 3 clases de absorción de energía.

Un buen plan de aseguramiento y control de la calidad, en los procesos normativos, y por consecuencia en los materiales usados (señalados en la norma) es un gran indicio de que los resultados esperados en los ensayos estén respaldados por una certificación internacional, a este respecto. Toda esta preparación, respecto de los materiales utilizados, sólo nos dirá que lo que se está haciendo tiene una componente que nos garantiza la calidad del procedimiento utilizado, y con ello tener la posibilidad de concluir resultados con grandes niveles de certeza.

De esta forma se procederá a presentar los materiales que fueron parte de esta investigación, y que nos permitieron un desarrollo integral de la misma:

Abrazaderas, Agua, Arena Fina, Arena Gruesa, Bomba Hidráulica, Cemento Polpaico alta resistencia, Celda de Carga, Desmoldante, Estructura metálica para soportar LVDTs, Fibras sintéticas Barchip 48, Gata Hidráulica, Goma, Instrumentación, LVDTs, Marco para apoyo de paneles (Soporte), Paneles de ensayo, Pernos de Anclaje, Placas metálicas, Plastocrete, Sílice, Sujetador de LVDTs, Technyl, Viscocrete, entre otros.

3.1.1.- Agregados Pétreos

Para la realización de nuestra investigación con los paneles de hormigón, se utilizó arena gruesa y fina, las cuales corresponden a Arena Semi Industrial (PSB) y Arena Correctora José Catalán, respectivamente.

El lugar de procedencia de estos áridos corresponde a Arenas de ríos, la que luego es industrializada para su comercialización, y están a la venta en formato de sacos de 1 m^3 .

En general, es muy necesario realizar ensayos con los agregados pétreos, y con ello poder conocer cuáles son los más idóneos para estudio que se desea realizar, ya que estos agregados nos definirán cuál es el comportamiento que tendrá el hormigón. De esta forma, se toman en consideración ciertas normas chilenas, que permiten estudiar estos materiales:

- Extracción y preparación de las muestras, según NCh 164.
- Determinación de la Granulometría de las arenas y las gravas, según NCh165 Of.77.

- Determinación de las densidades aparentes, según NCh 1116 Of. 77.
- Determinación del contenido de materiales finos menores a 0,08 [mm], según NCh 1223 Of.77.
- Determinación de la densidad real y neta, y el agua de la arena, según NCh 1239 Of.77.

3.1.2.- Cemento

El Cemento que fue ocupado para la realización de nuestra investigación corresponde al Cemento melón Especial, en particular, el Portland Puzolánico, que se rige por la norma chilena NCh 148 Of. 68.

Su distribución, está dada por la empresa Melón, quien empieza a producir su producto desde comienzos del siglo XX. Su comercialización viene dada por sacos de 42,5 [kg].

Por otra parte, existen normas ASTM que clasifican a los cementos según su productor son las siguientes:

- Cemento Tipo HS (Alta resistencia a los sulfatos); según norma ASTM C1157
- Cemento Tipo P (Cemento Portland Puzolánico); según norma ASTM C5595

3.1.3.- Aditivos para Hormigón

Plastocrete MX-1390

El Plastocrete MX-1390, es un aditivo reductor de agua con efecto retardador para hormigón. No contiene cloruros, no es tóxico, cáustico ni inflamable.

Sus usos están dados principalmente para hormigón premezclado, hormigón bombeado, hormigón fluido, hormigón en tiempo caluroso, transporte a larga distancia. Las características y ventajas que presenta es que reduce el agua de amasado, aumentando las resistencias mecánicas del hormigón. Además, retarda el tiempo de fraguado permitiendo el transporte a larga distancia del hormigón y en tiempo caluroso.

Plastocrete MX-1390, se utiliza diluido en el agua de amasado del hormigón en dosis de 0,4% a 0,7% referido al peso de cemento. Se pueden usar otras dosis determinadas mediante ensayos previos con los materiales a usar en faena.

Viscocrete 5100

El Viscocrete 5100, es un aditivo de alta capacidad de reducción de agua, basado en polímeros sintéticos que permite máxima fluidez, alta cohesión y mantener la trabajabilidad de la mezcla en forma prolongada.

Sus principales usos, son en hormigón prefabricado y pretensado; hormigón Auto Compactante sin necesidad de vibración; hormigón con máxima reducción de agua; hormigón de alta resistencia; hormigón con mantención prolongada de la fluidez; hormigón impermeable y de alta durabilidad; hormigón bajo agua y hormigón bombeado; hormigón de elementos esbeltos y con alta cuantía de acero; hormigón a la vista sin defectos estéticos.

El aditivo Viscocrete 5100, como poderoso superplastificante, actúa por diferentes mecanismos, incluyendo adsorción superficial y efectos estéricos separando las partículas de cemento. Se obtienen las siguientes propiedades: Fuerte comportamiento autocompactante. Por lo mismo, es altamente apropiado para la producción de Hormigón Auto Compactante, sin necesidad de vibración (Self Compacting Concrete - SCC). Presenta una excelente mantención de la fluidez a través del tiempo. Extremadamente alta reducción de agua (30%), lo que resulta en hormigón de alta resistencia y densidad. Excelente fluidez, lo que resulta en el trabajo reducido al mínimo para la colocación y compactación. Por otra parte, presenta incremento del desarrollo de alta resistencia inicial y mejoramiento del comportamiento en fluencia y retracción. Tiene reducida velocidad de carbonatación del hormigón. Además, Viscocrete 5100, no contiene cloruros u otro ingrediente promotor de la corrosión, por lo que puede ser utilizado sin restricciones en hormigón armado y pretensado.

Sílice Coloidal

El objetivo de la inclusión de la Sílice Coloidal en el hormigón es que entregue beneficios como el de incrementar la resistencia a la compresión en hormigones, además permite obtener una reducción de la permeabilidad al pasar de una clasificación de alta a media.

Las características principales de la Sílice Coloidal, corresponden a que es un adhesivo, de sílice líquido; es inodoro, insípido y no tóxico; su fórmula molecular química es $\text{MSiO}_2 \cdot \text{NH}_2\text{O}$; los granos del coloide representan 10-20 nm, y tienen relativamente más grande superficie específica, los granos sí son incoloros y transparentes, de esta forma no afectan el color natural de los materiales con los que se mezcla; presenta baja viscosidad, por lo que muestra una excelente dispersión y permeabilidad cuando se mezcla con otras sustancias; por otra parte, cuando la humedad contenida en el sílice coloidal se evapora, los granos de coloide se adhieren firmemente a la superficie del material y la combinación de silicio y oxígeno, es un buen adherente.

3.1.4.- Fibras Sintéticas

Las fibras sintéticas Barchip 48, en particular las fibras sintéticas, son las sucesoras contemporáneas de las fibras naturales y/o vegetales utilizadas en materiales estructurales antiguos como lo son: el adobe, o los morteros de cal. El uso de estas fibras, en épocas pasadas, era de vital importancia, debido a que permitían asumir esfuerzos de tensión y le otorgaban mayor monolitismo (no fisuración) a los elementos.

Estas fibras sintéticas Barchip 48, han sido creadas como parte de un programa que tenía por objetivo permitir el desarrollo de una variedad de fibras que pudiesen lograr el mayor rendimiento en distintas aplicaciones ingenieriles (Programa de investigación y desarrollo, Fibra Futura, de “Elasto Plastic Concrete”).

Los principales beneficios que presentan las fibras sintéticas Barchip 48 son:

- Reducción de costos de hasta un 50% comparado con la malla convencional.
- Durabilidad a largo plazo sin oxidación.
- Entregado en la obra como hormigón pre-reforzado (HPR).
- No existe necesidad de cortar e instalar malla, lo que aumenta la eficiencia y productividad.
- Es más liviana y segura para maniobrar comparado con el acero.
- Presenta reducción de exfoliación durante incendios.
- Existe menos desgaste de bombas, mangueras y boquillas.

3.2.- Procedimiento y Metodología de Trabajo:

3.2.1.- Desarrollo del Ensayo:

El ensayo se ha separado en 3 etapas básicas como lo son: la obtención de todos los materiales y definición de la dosificación, el hormigonado de los paneles, y la descripción del ensayo de paneles, junto con la obtención de resultados. Todas estas etapas serán descritas, de forma empírica, ya que es la manera en que se ejecutó dicha investigación. A continuación, se describen las etapas, junto con algunas imágenes de alguna de las etapas, que harán más fácil la comprensión del Ensayo:

- **Obtención de materiales y definición de dosificación**
- **Hormigonado de paneles**
- **Descripción de Ensayo de paneles y obtención de resultados**

3.2.1.1.- Obtención de materiales y definición de dosificación

En referencia a la obtención de los materiales necesarios para realizar el ensayo estandarizado EFNARC, lo principal es contemplar todo lo que se considera en la normativa, con tal de obtener resultados objetivos, y reconocibles internacionalmente.

De esta forma, se adquirió un Perno Helicoidal de 22 mm de diámetro y 3000 mm de largo, con una calidad A630-420H (10 unidades), los que posteriormente se cortaron a la mitad para efecto de la realización del ensayo. Las Tuercas para el perno antes mencionado se adquirieron junto con estos últimos. De la misma forma se mandaron a construir las 2 Placas de acero (de 100x100x20mm, con una perforación central para el perno de anclaje) y otra placa con las perforaciones necesarias para sujetar la gata hidráulica a la base de la losa de ensayo.

Así mismo, se fabricaron caballetes de madera que nos permitieron mantener de forma vertical el perno de anclaje una vez ya hormigonado el panel. Como también unas bases, alojadas bajo los moldajes, que cumplían la misma función de los caballetes, es decir, guiar y enderezar el perno de anclaje una vez ya esté hormigonado.

A lo anterior, se suma todo lo primordial para la realización correcta del ensayo EFNARC – EN 14488-5, como lo son las Bombas y Gatas hidráulicas, los Marcos de apoyo de los paneles (Soportes para los paneles grandes como los chicos), las Estructuras de soporte de los LVDTs, los propios LVDTs, la Celda de Carga el Technyl y las Gomas que nos permitían mantener lisa la superficie de apoyo y con ello evitar errores de medición dados por la inestabilidad de la superficie de apoyo, entre otros materiales que ya han sido descritos anteriormente.

Respecto a la dosificación utilizada en los ensayos, esta fue definida por el profesor guía, y estaba referida a la experiencia que se había logrado con anteriores ensayo y parámetros de resultados entregados con fibras sintéticas. Por lo tanto, al existir resultados ya probados de esta dosificación

con 4, 6, y 8 kg de Fibras Sintéticas Barchip 48, estos nos servirían para poder comparar las variables mecánicas estudiadas en esta investigación, de paneles sin perno de anclaje embebido, con los paneles con perno de anclaje embebido que se realizarían en nuestro desarrollo empírico del estudio.

De esta forma se propuso ocupar la dosificación HP1, calculada para 1 m³ de hormigón, la cual, para dar cumplimiento con la capacidad de la betonera, se adaptó esa dosificación con las siguientes proporciones 0,110 m³, que corresponden a la capacidad de llenado completo de la betonera:

Tabla 2: Dosificación “HP1”, escogida para la realización de paneles, tanto de 600x600x100 mm, como de 1000x1000x100 mm

Dosificación HP1 [1 m ³]					
Material	Unidad	Hormigón sin Fibras	HRF 4[kg/m ³]	HRF 6[kg/m ³]	HRF 8[kg/m ³]
Cemento Melón Extra	[kg/m ³]	380	380	380	380
Arena Fina	[kg/m ³]	339	339	339	339
Arena Gruesa	[kg/m ³]	1354	1354	1354	1354
Agua	[L/m ³]	216	216	216	216
Plastocrete MX-1390	[L/m ³]	1.9	1.9	1.9	1.9
Viscocrete 5100	[L/m ³]	1.9	1.9	1.9	1.9
Sílice Coloidal	[L/m ³]	2.66	2.66	2.66	2.66
Fibra Plástica	[kg/m ³]	0	4	6	8

Tabla 3: Dosificación “HP1”, adaptada para 0,11 m³, capacidad completa de la betonera

Dosificación Amasada de 0.11 m ³					
Material	Unidad	Hormigón sin Fibras	HRF 4[kg/m ³]	HRF 6[kg/m ³]	HRF 8[kg/m ³]
Cemento Melón Extra	[kg/m ³]	41.8	41.8	41.8	41.8
Arena Fina	[kg/m ³]	37.3	37.3	37.3	37.3
Arena Gruesa	[kg/m ³]	148.94	148.94	148.94	148.94
Agua	[L/m ³]	23.76	23.76	23.76	23.76
Plastocrete MX-1390	[L/m ³]	0.209	0.209	0.209	0.209
Viscocrete 5100	[L/m ³]	0.209	0.209	0.209	0.209
Sílice Coloidal	[L/m ³]	0.2926	0.2926	0.2926	0.2926
Fibra Plástica	[kg/m ³]	0	0.44	0.66	0.88

3.2.1.2.- Hormigonado de paneles

En lo que respecta al hormigonado de paneles, estos fueron realizados en el galpón que tenía a su cargo el Laboratorio de Ensaye de Materiales y Control de Obras (LEMCO) de la Universidad Santa María, y para construir los mismos se requirió de la ayuda de, por lo menos un operador del mismo laboratorio.

El procedimiento para hormigonar los paneles debe considerar, en primer lugar, tener a disposición todos los materiales y herramientas necesarias para dicha labor, ya que, si faltase alguno, esto provocaría retraso en la construcción de los mismos. A su vez se debe tener la dosificación exacta para hormigonar, ya sea si se construirá paneles de 600x600x100mm ó 1000x1000x100mm, ya que estos se realizan con distintas cantidades de amasado en la betonera, debido a la capacidad de volumen que constituye cada uno de ellos. Una vez reunido todo lo anterior, se procede a mezclar los materiales en la betonera procurando una mixtura homogénea, de tal forma que el trasvasije del hormigón terminado, al moldaje, permita una distribución uniforme y sin oquedades de éste para que así se obtenga un producto de alta calidad.

En el proceso de colocación del hormigón en el moldaje, se debe tener una suma precaución en que el perno de anclaje helicoidal (de 22 mm de diámetro), ya esté puesto y asegurado en el orificio, para que así no se pierda el hormigón por esta abertura, y además pueda darse la verticalidad necesaria al perno de anclaje, la cual será de vital importancia a la hora de realizar el ensayo, ya que nos permitirá hacer calzar todos los elementos ocupados en el ensayo (Placas, gata hidráulica y tuercas) y también con ello simular de la forma más profesional y empírica posible, lo que sucede al instalar bulones o pernos de anclaje en túneles mineros reales.

No está demás decir que, la superficie del panel debe ser enrasada, y luego tapada con nylon para que así mantenga la lisura necesaria que nos permitirá evitar errores en la toma de datos instrumentales en el ensayo, como lo son la Carga máxima aplicada antes de la rotura, la Deflexión máxima, y la obtención de la Absorción de energía.

Importante también es el proceso de desmolde de los paneles, debido a que, si no se ejecuta correctamente, este podría sufrir imperfecciones que serían notadas y perceptibles para los instrumentos de medición, trayendo consigo sendos sesgos a la hora de tomar las mediciones, lo que provocaría, a la postre, resultados alejados de la realidad, esperados para dichos paneles estandarizados.

Se debe tener claridad que para identificar correctamente los paneles ensayados se debió clasificarlos por “Serie de Paneles”, es decir, había serie de paneles con y sin perno de anclaje. La serie 604X, 606X, y 608X alude a los paneles con perno de anclaje de tamaño 600x600x100mm; por otra parte, la serie 1004X, 1006X, y 1008X corresponde a los paneles con perno de anclaje de tamaño 1000x1000x100mm; además se incluyó la serie de paneles 4XX, 6XX, y 8XX que pertenecía a los paneles sin perno de anclaje embebido, de medidas 600x600x100mm. Todas las series nombradas anteriormente contemplan cuantías de 4, 6, y 8 kg de fibra sintética respectivamente.

A continuación, se muestran imágenes muestran parte del proceso de hormigonado de paneles:



Imagen 6: Colocación de Fibras sintéticas en "betonera", último paso de la preparación del hormigón



Imagen 7: Proceso de mezcla de materiales dentro de la "betonera"



Imagen 8: Moldaje preparado para recibir el hormigón dosificado según "HP1"



Imagen 9: Terminación de panel



Imagen 10: Panel hormigonado, junto con estructura que mantiene verticalidad de perno de anclaje

3.2.1.3.- Descripción de Ensayo de paneles y obtención de resultados

La lógica que se sigue para la ejecución de los ensayos de paneles, es la referente a la normativa EFNARC- EN 14488-5, la cual fue descrita y detallada en capítulos anteriores. Para ello se requirió tener todos los materiales listos a utilizar, y así tener las condiciones necesarias para ensayar.

El procedimiento que se llevó a cabo fue: cargar la bomba hidráulica con aceite, y probarla, moviendo el émbolo hueco que presenta la gata hidráulica, el cual cumplía la función de traccionar el perno de anclaje. Posteriormente, y habiendo comprobado el sistema hidráulico de tracción, se coloca el panel en posición de ensayo (Primero se ensayaron los paneles de 600x600x100mm y luego los paneles de 1000x1000x100mm); para ello se debió elaborar y probar maniobras con el fin de poder dar vuelta el panel de forma segura, ya que los paneles chicos y grandes tenían pesos aproximados de 87 kg y 240 kg respectivamente. Los paneles pudieron darse vuelta, mediante la utilización de la grúa horquilla y las maniobras de los operarios del laboratorio, y luego de tener el panel en posición de descenso, éste pudo guiarse mediante un tubo de pvc que permitía conectar la parte superior de la losa con la parte inferior de ella, lugar donde se ubicaba la gata hidráulica y la celda de carga, y una vez dejada en su posición final, el perno de anclaje era apernado por tuercas en ambos extremos. Luego de tener el panel en su posición de ensayo, se procedía a ajustar, mediante abrazaderas, la estructura metálica que soportaba los LVDTs, junto con los propios LVDTs, y a partir de ahí se podía calibrar el sistema de instrumentación de medición, el cual es un procedimiento bastante útil para así obtener resultados robustos y teóricamente esperados.

Finalmente, y una vez ejecutadas todas las etapas anteriores, es momento de comenzar el ensayo, partiendo por bombear manualmente la Bomba hidráulica, que es la que permitirá la tracción del Perno de anclaje, la deflexión del Panel, y además provocará el efecto de punzonamiento en el mismo. Todo esto, ha de ser graficado en un software computacional, con el cual se obtienen resultados de Carga máxima, Deflexión máxima, Absorción de energía y gráficos de Carga – Desplazamiento de cada uno de los paneles ensayados.

Esquema del ensayo realizado, respetando la Norma EN 14488, adaptado a las medidas de nuestros materiales de laboratorio, y teniendo como medida base la del Perno de Anclaje de 1500 mm, lo que permitía que todos los elementos del ensayo propiamente tal, debieran caber en esa medida máxima.

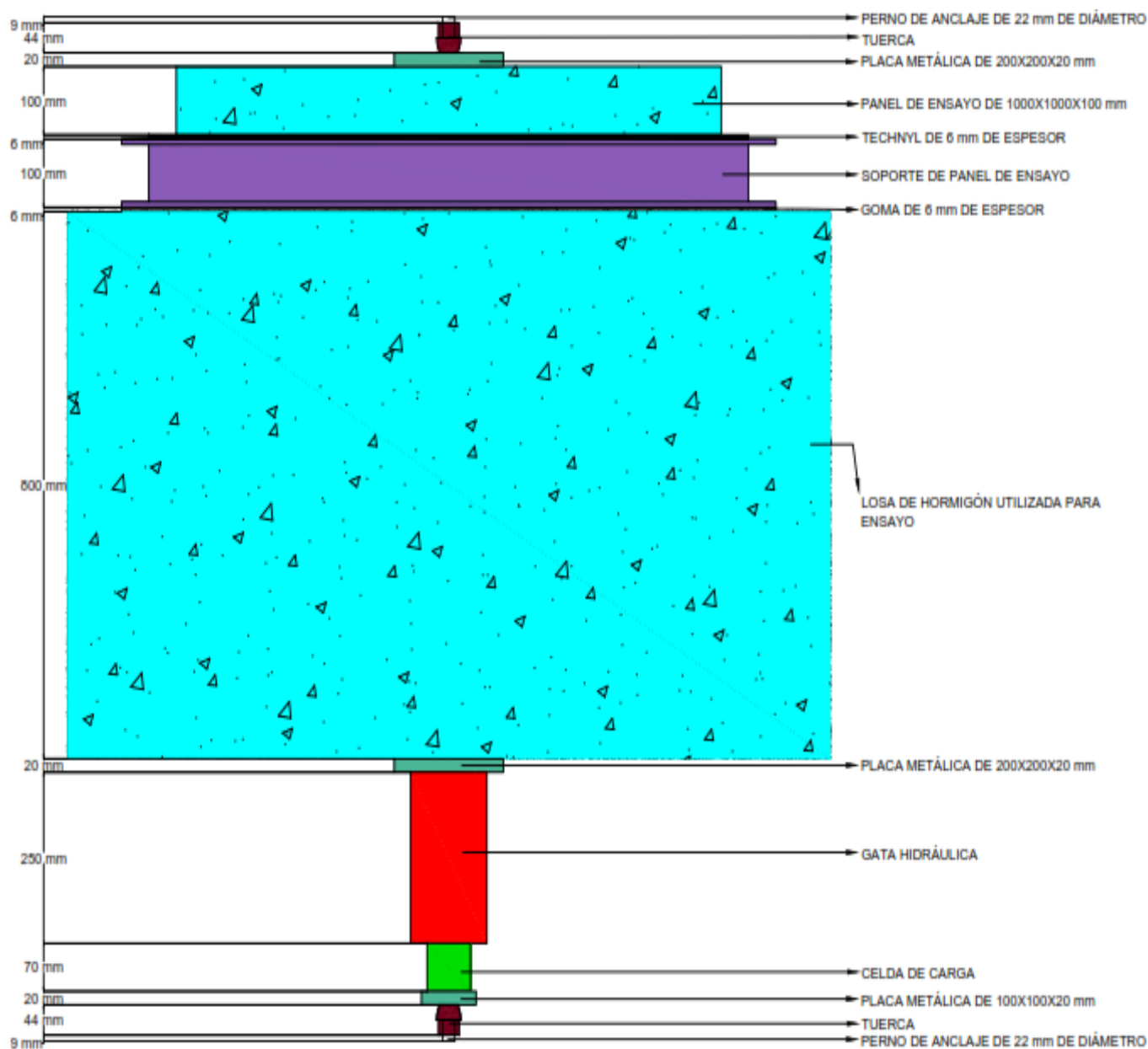


Imagen 11: Esquema del ensayo realizado en laboratorio, en nuestra investigación, con detalle de materiales usados, y medidas respectivas

A continuación, se presentan imágenes que ejemplifican de manera visual todo el proceso de ejecución del ensayo, propiamente tal, hasta llegar a los resultados que entrega el software (Gráficos Carga - Deflexión y variables como Carga y Deformación Máximas) manejado por el ingeniero a cargo de la instrumentación.



Imagen 12: Sostenimiento de panel para posicionarlo sobre grúa horquilla



Imagen 13: Acomodo de panel, y preparación para voltearlo



Imagen 14: Traslado de panel hacia losa de ensayo



Imagen 15: Apoyo de panel de hormigón sobre cuartones de madera



Imagen 16: Una vez ubicado el panel, se procede a atornillar la tuerca que aprieta el perno de anclaje

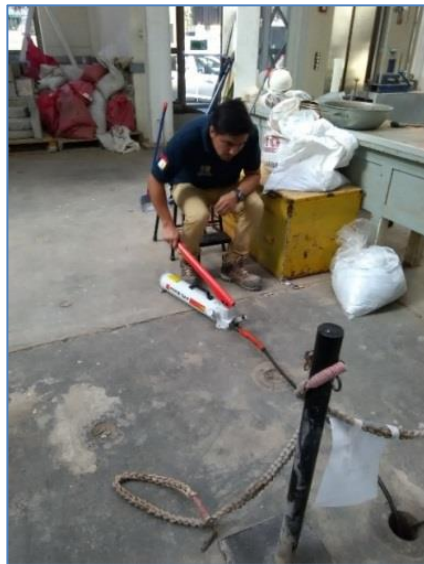


Imagen 17: Se puede apreciar cómo se va cargando la Gata hidráulica, y con ello se tracciona el perno, y se deforma el panel



Imagen 18: Disposición de Panel con instrumentación necesaria para ensayo



Imagen 19: Panel en posición de ensayo, junto con estructura metálica que permite apoyar LVDTs, para medir deformación en el panel



Imagen 20: Aparición de grieta en forma de X, generada por los vértices de la placa de acero al ser traccionada junto con el perno de anclaje



Imagen 21: Panel con claros signos de punzonamiento en su superficie debido a la tracción del perno de anclaje



Imagen 22: Gata hidráulica ya probada, instalada y sin aplicar cargas aún



Imagen 23: Gata hidráulica, que muestra la clara tracción del perno de anclaje, una vez terminado el ensayo

Capítulo 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS:

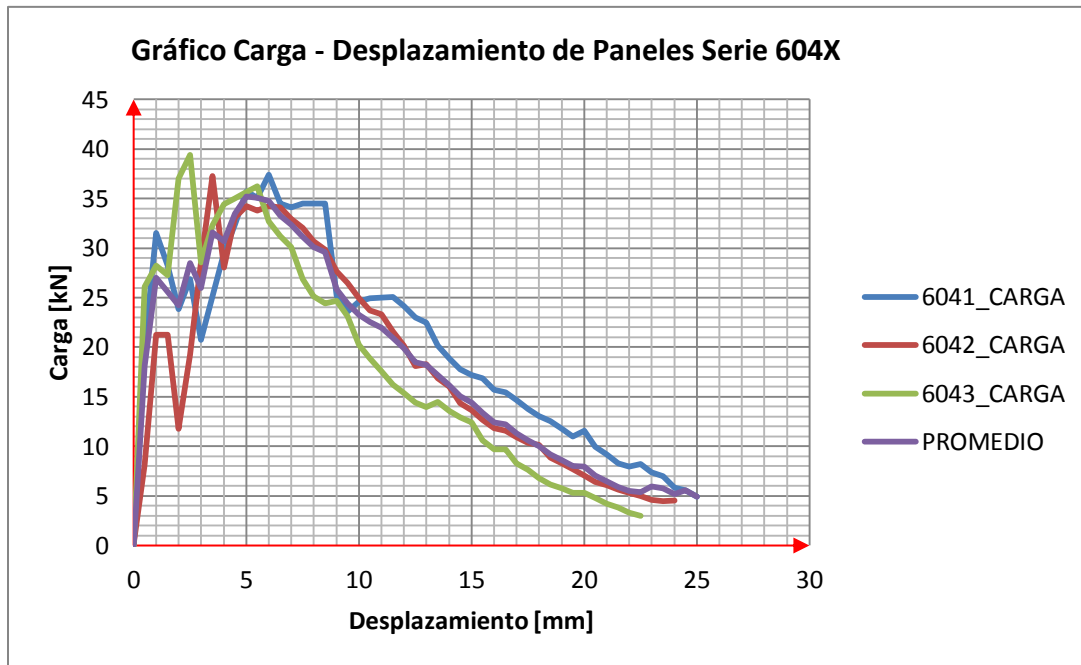
-RESULTADOS DE ENSAYOS DE PANELES CON Y SIN PERNO DE
ANCLAJE EMBEBIDO

-ANÁLISIS DE RESULTADOS

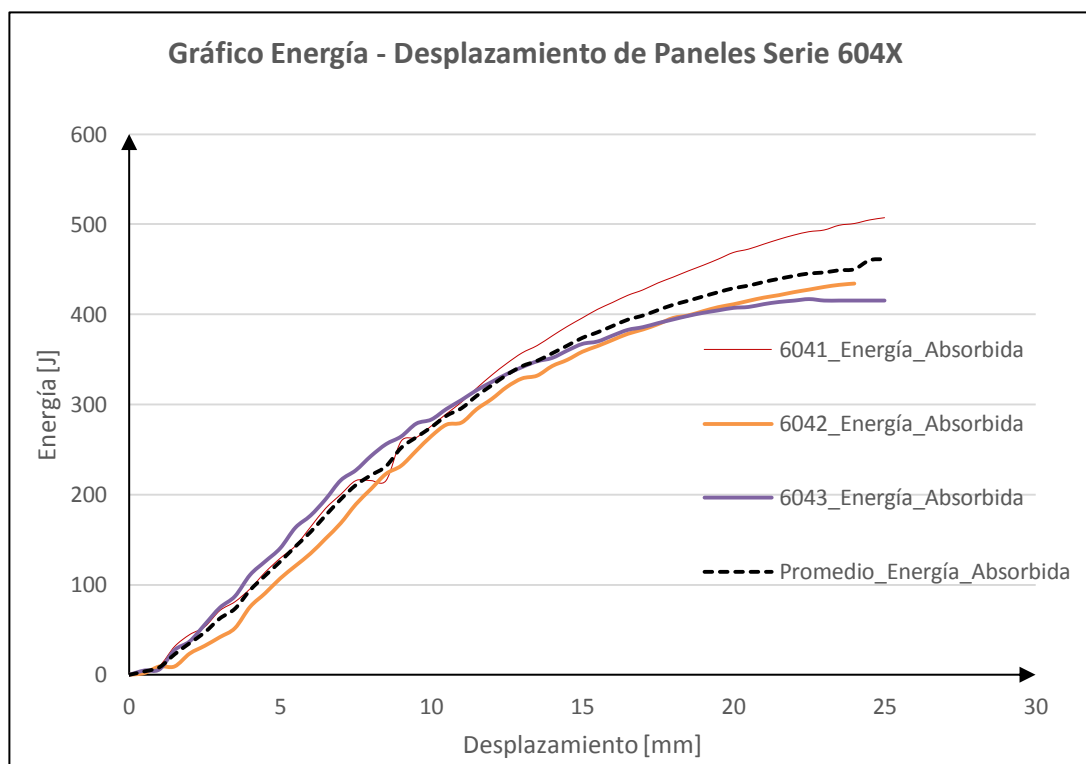
4.1.- Resultados de ensayos de paneles, Con perno de anclaje embebido

4.1.1.- Gráficas de Paneles Serie 604X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:

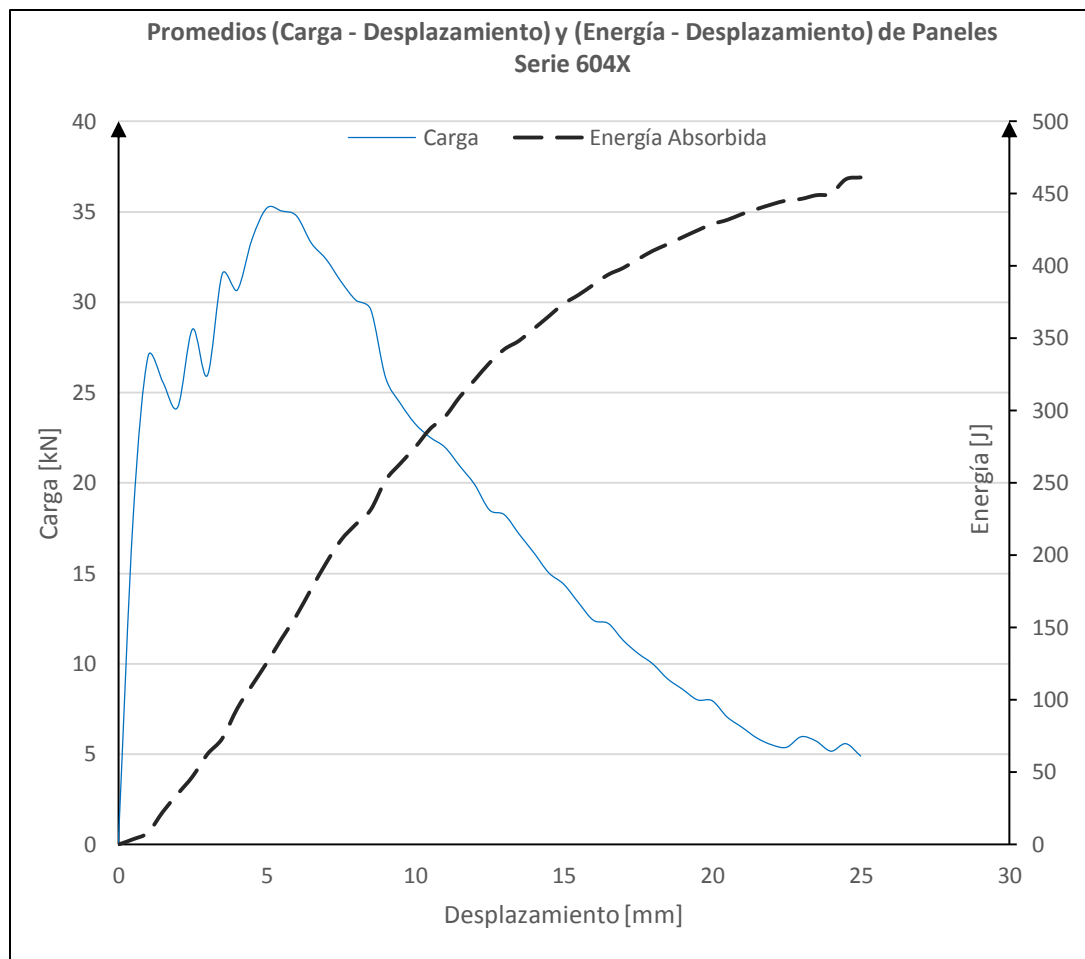
Gráfica 1: Gráfica Carga – Desplazamiento de Paneles Serie 604X



Gráfica 2: Gráfica Energía – Desplazamiento de Paneles Serie 604X

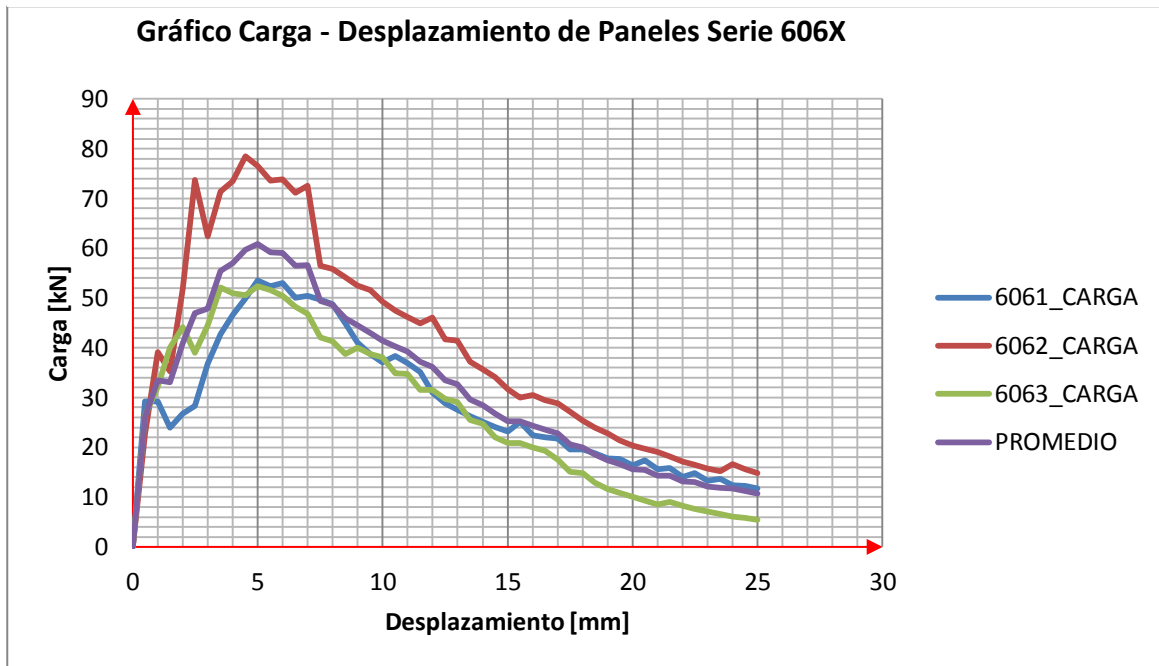


Gráfica 3: Gráfica Promedios (Carga - Desplazamiento) y (Energía - Desplazamiento) de Paneles Serie 604X

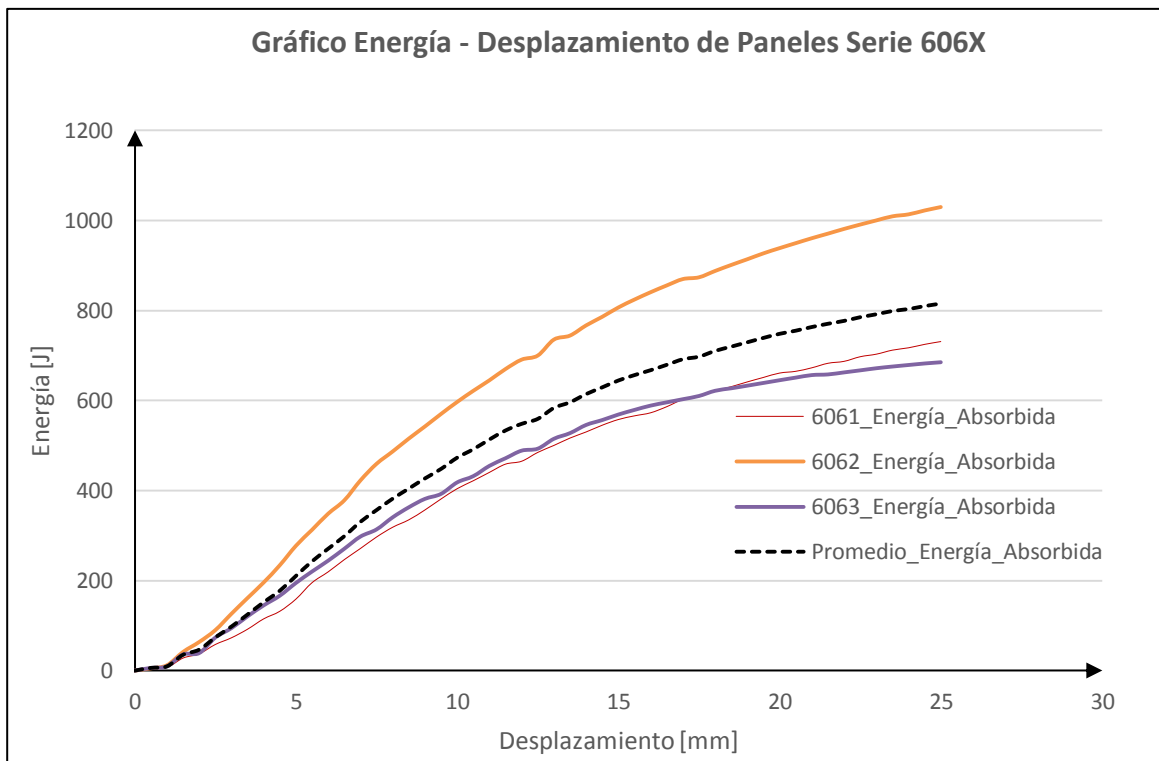


4.1.2.- Gráficas de Paneles Serie 606X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:

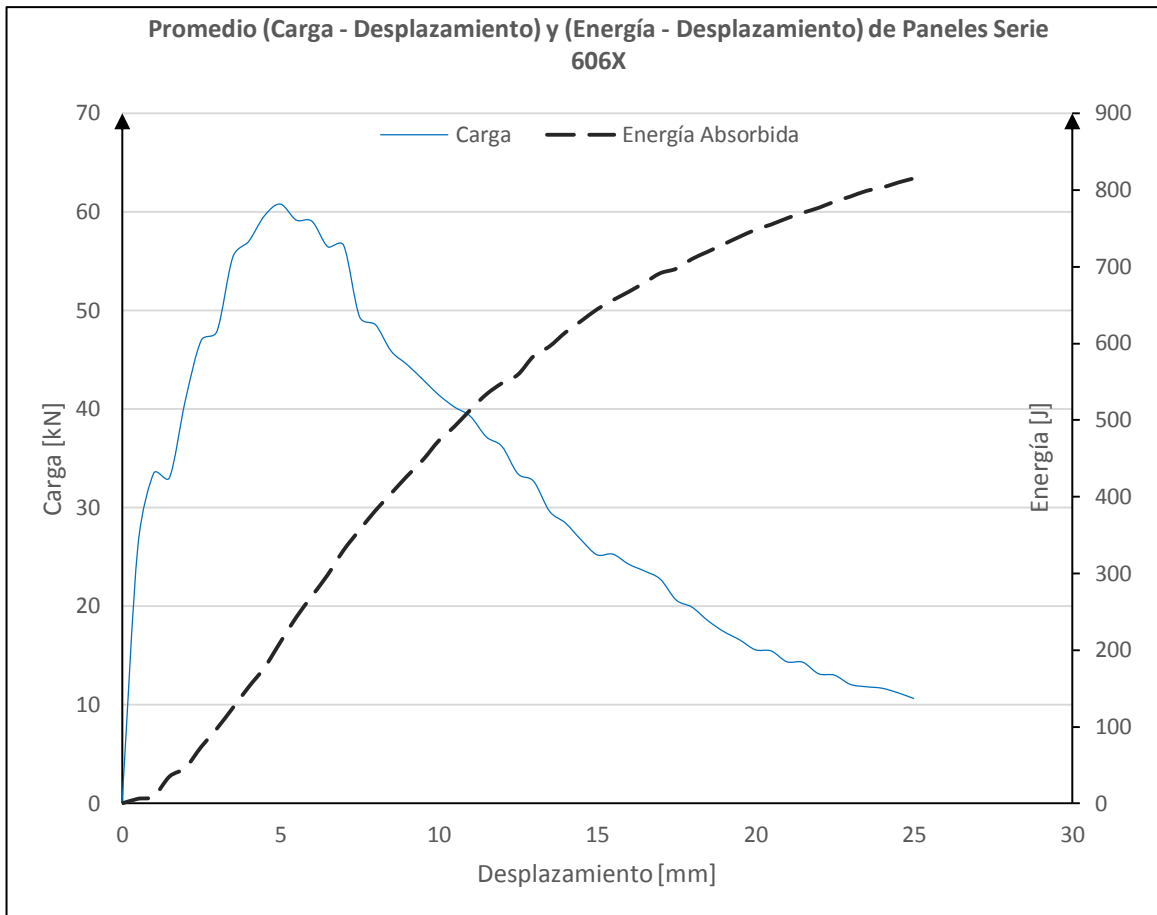
Gráfica 5: Gráfica Carga – Desplazamiento de Paneles Serie 606X



Gráfica 4: Gráfica Energía – Desplazamiento de Paneles Serie 606X

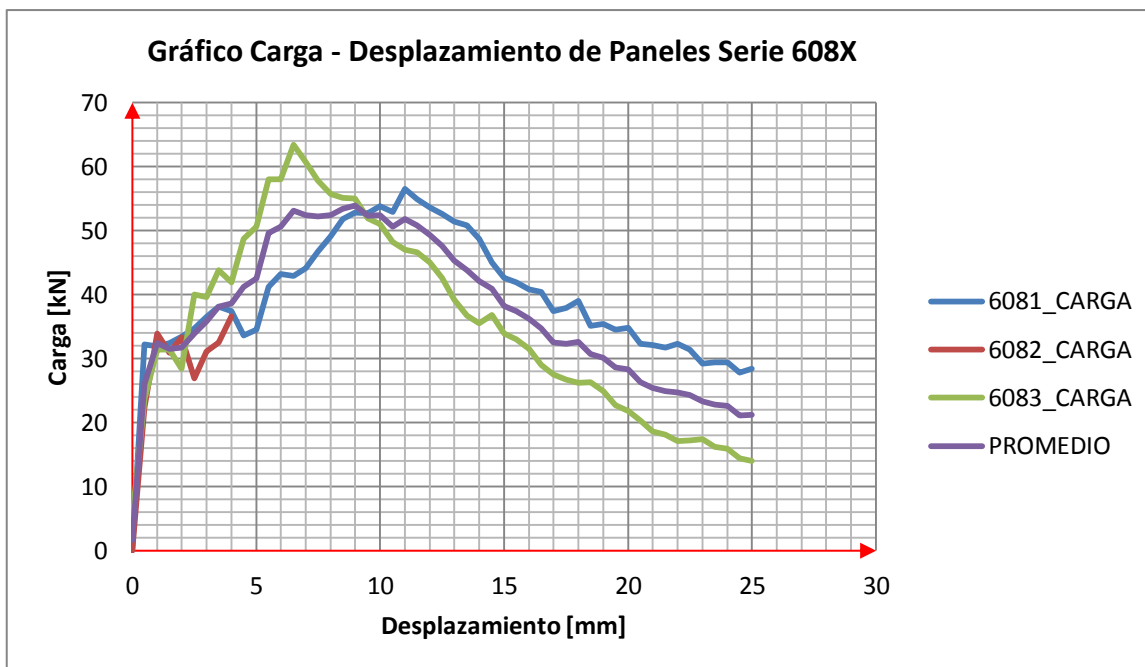


Gráfica 6: Gráfica Promedio (Carga - Desplazamiento) y (Energía - Desplazamiento) de Paneles Serie 606X

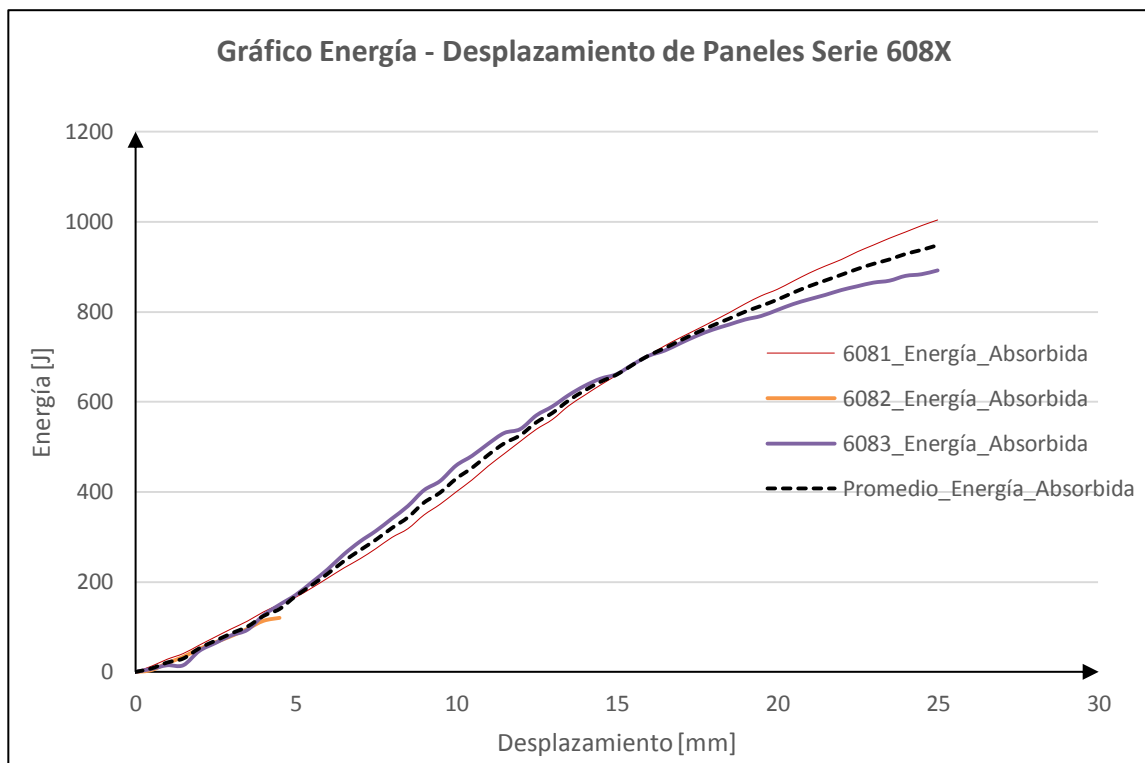


4.1.3.- Gráficas de Paneles Serie 608X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:

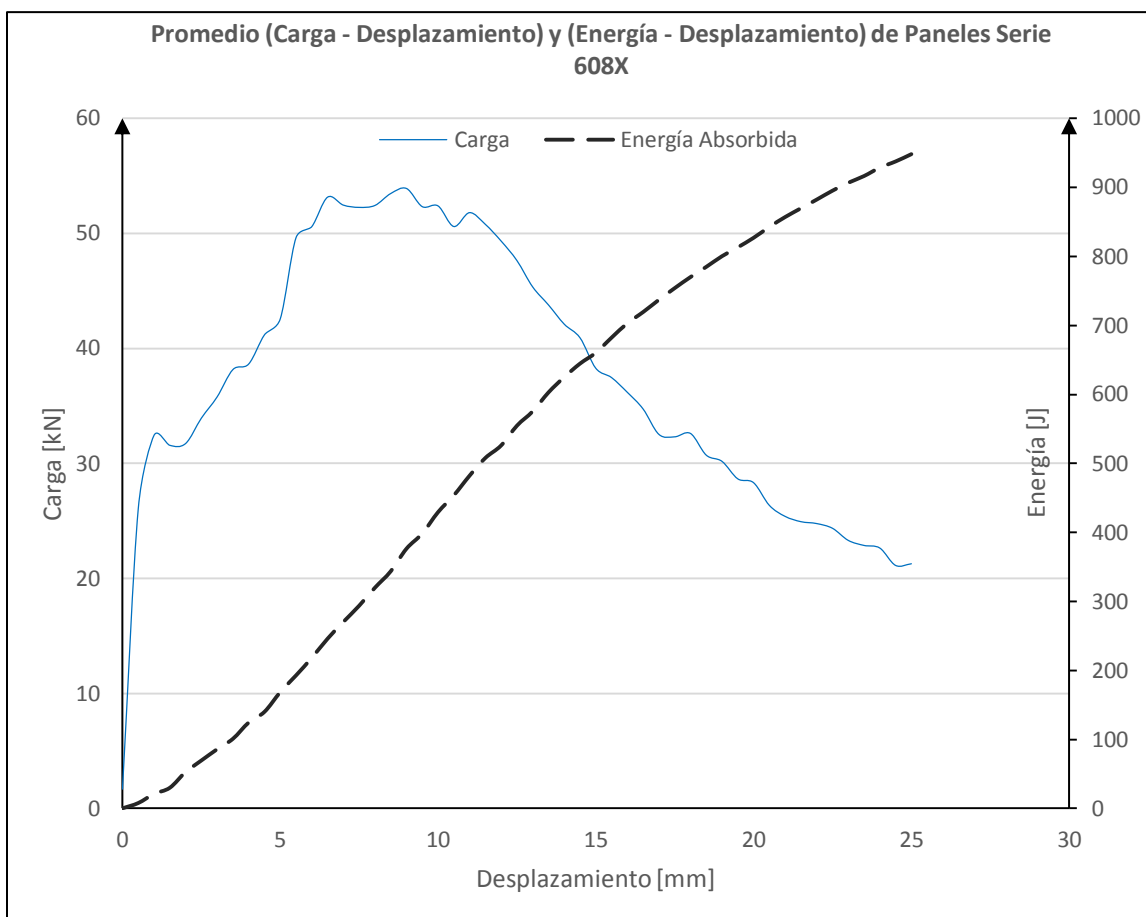
Gráfica 7: Gráfica Carga – Desplazamiento de Paneles Serie 608X



Gráfica 8: Gráfica Energía – Desplazamiento de Paneles Serie 608X

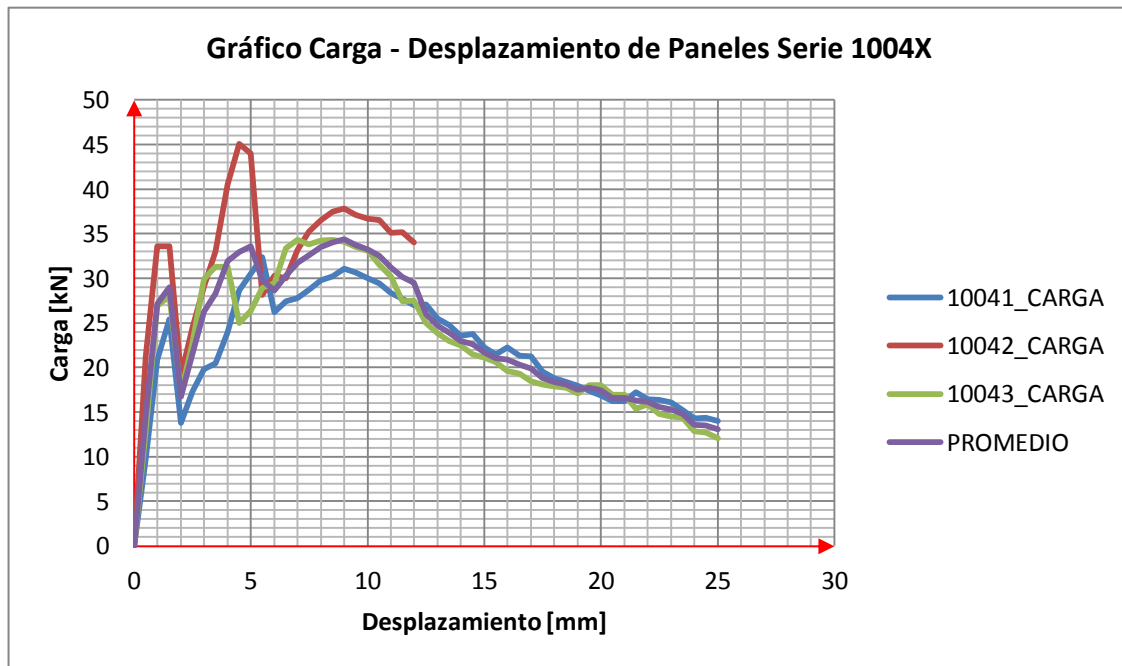


Gráfica 9: Gráfica Promedio (Carga - Desplazamiento) y (Energía - Desplazamiento) de Paneles Serie 608X

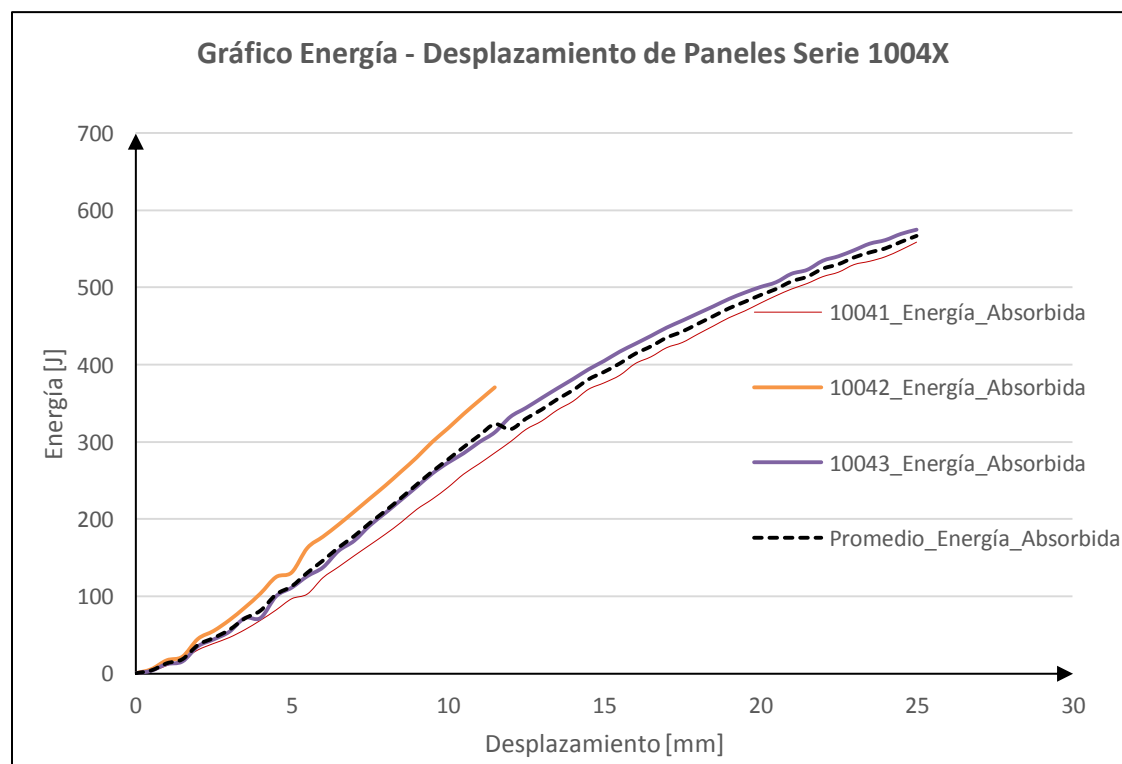


4.1.4.- Gráficas de Paneles Serie 1004X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:

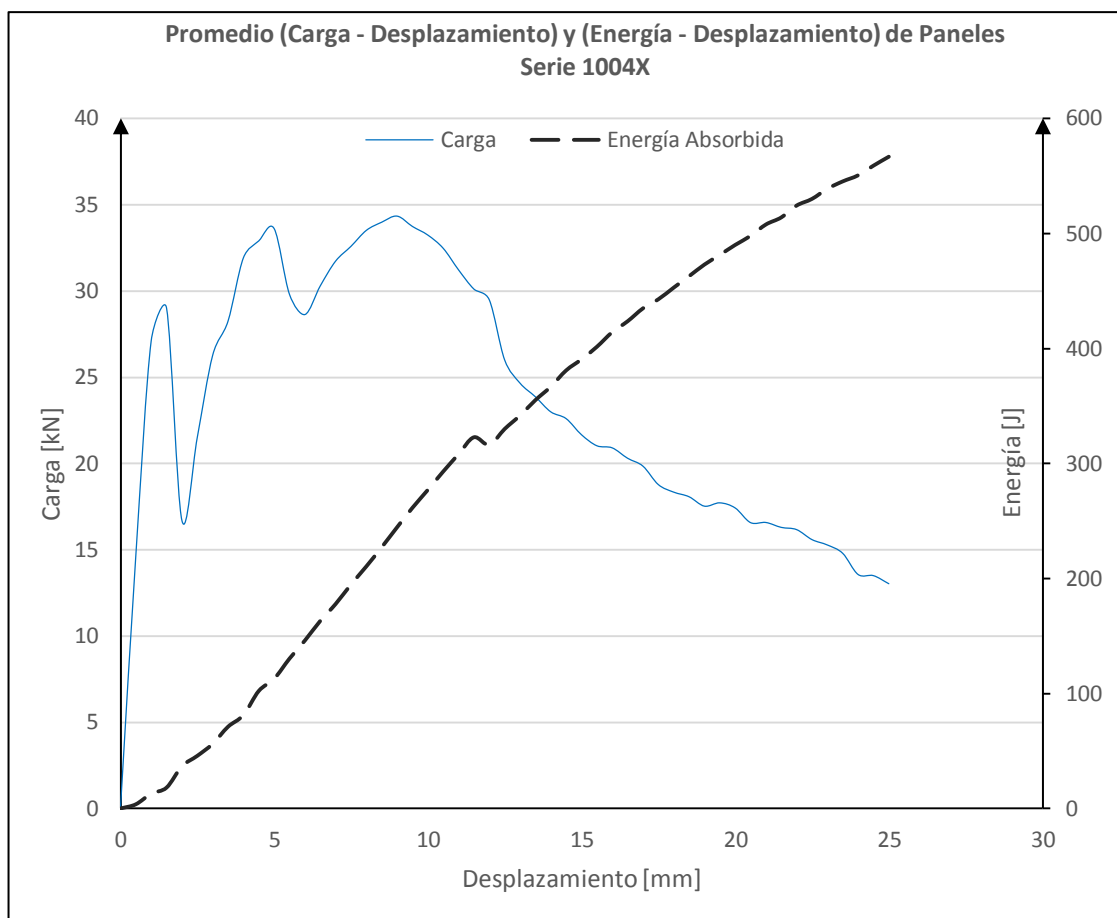
Gráfica 10: Gráfica Carga – Desplazamiento de Paneles Serie 1004X



Gráfica 11: Gráfica Energía – Desplazamiento de Paneles Serie 1004X

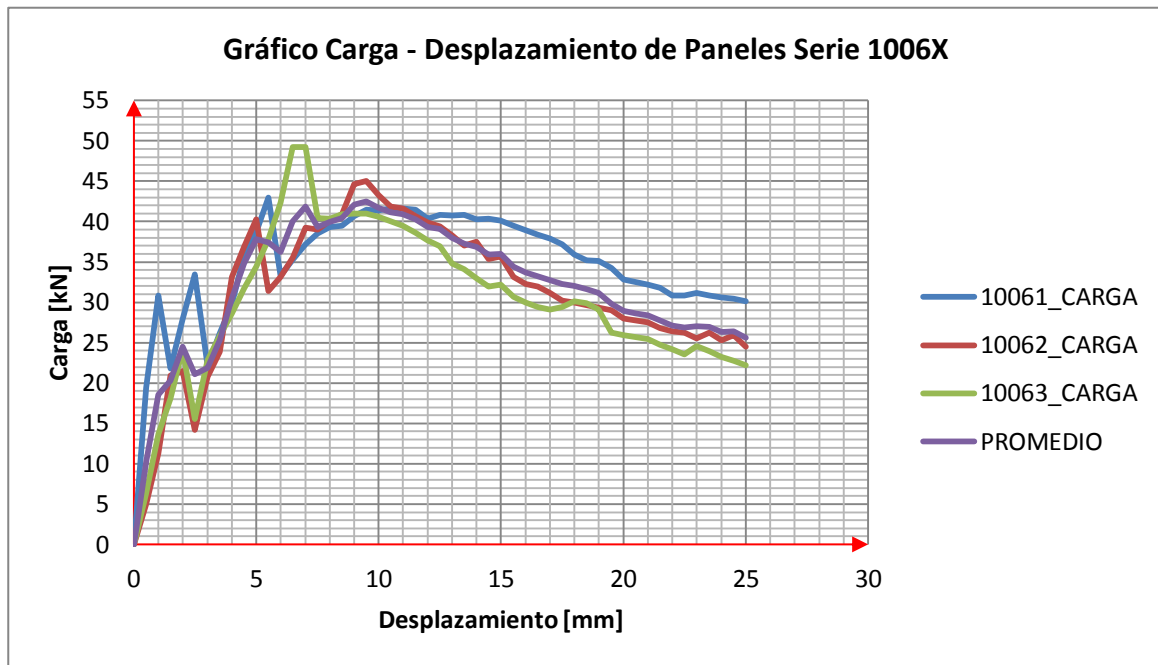


Gráfica 12: Gráfica Promedio (Carga - Desplazamiento) y (Energía - Desplazamiento) de Paneles Serie 1004X

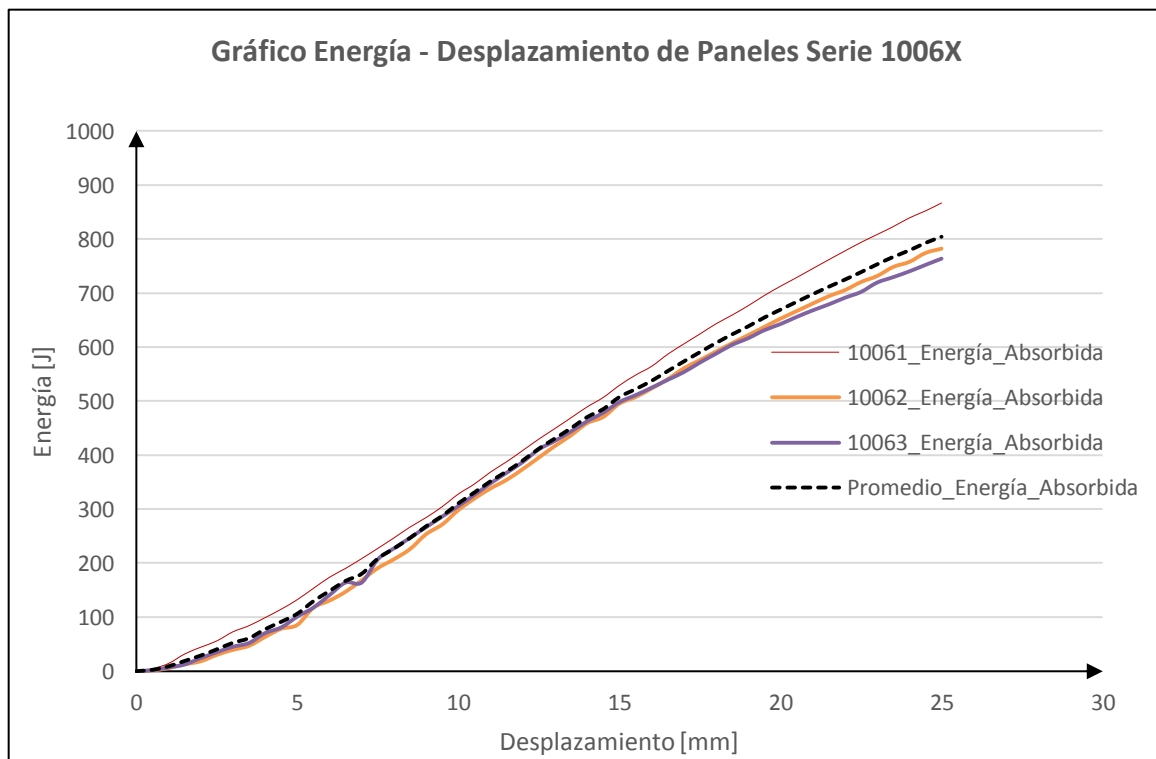


4.1.5.- Gráficas de Paneles Serie 1006X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:

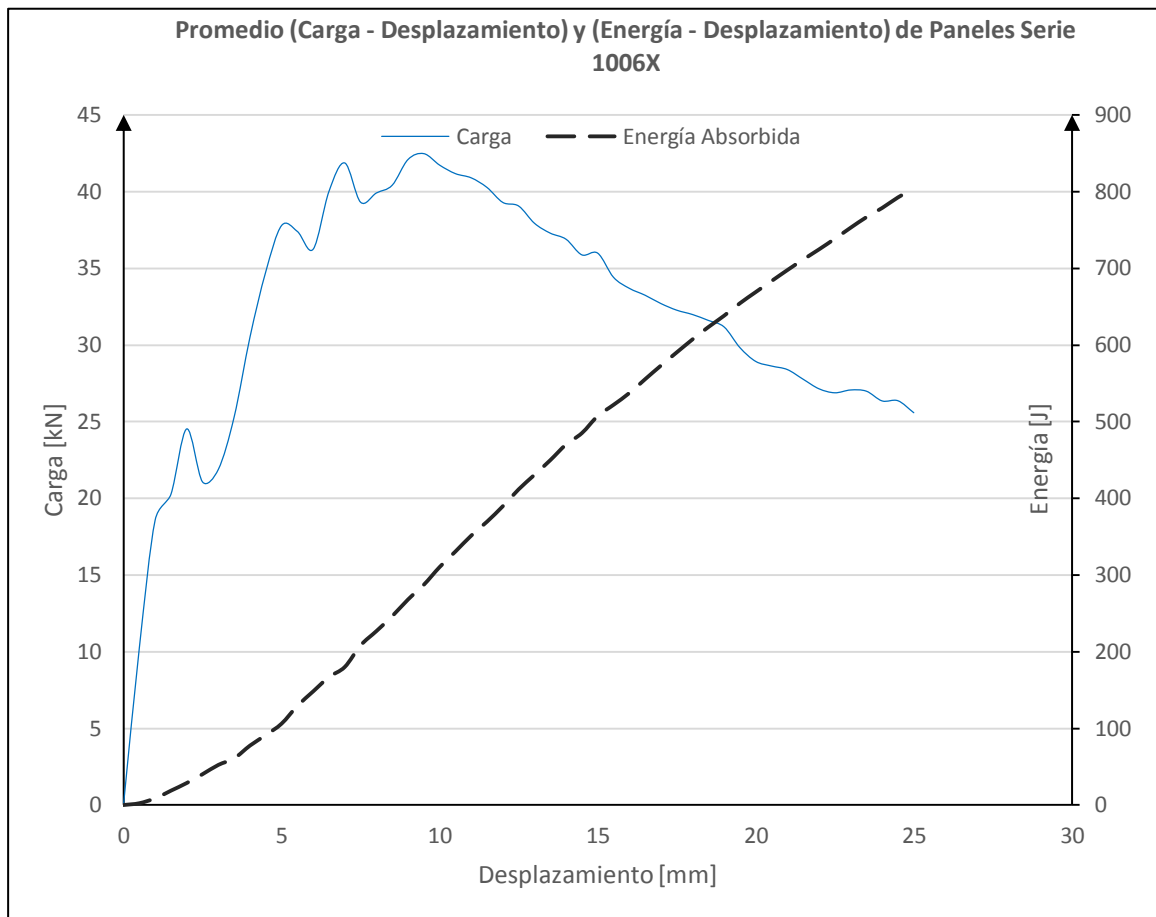
Gráfica 13: Gráfica Carga – Desplazamiento de Paneles Serie 1006X



Gráfica 14: Gráfica Energía – Desplazamiento de Paneles Serie 1006X

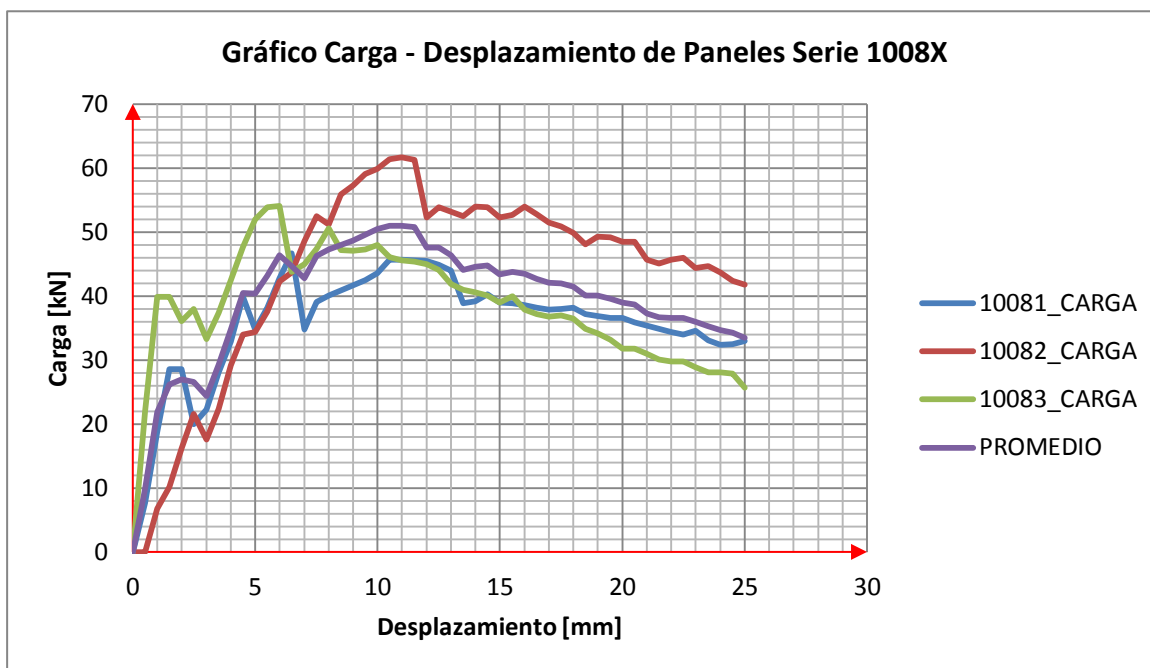


Gráfica 15: Gráfica Promedio (Carga - Desplazamiento) y (Energía - Desplazamiento) de Paneles Serie 1006X

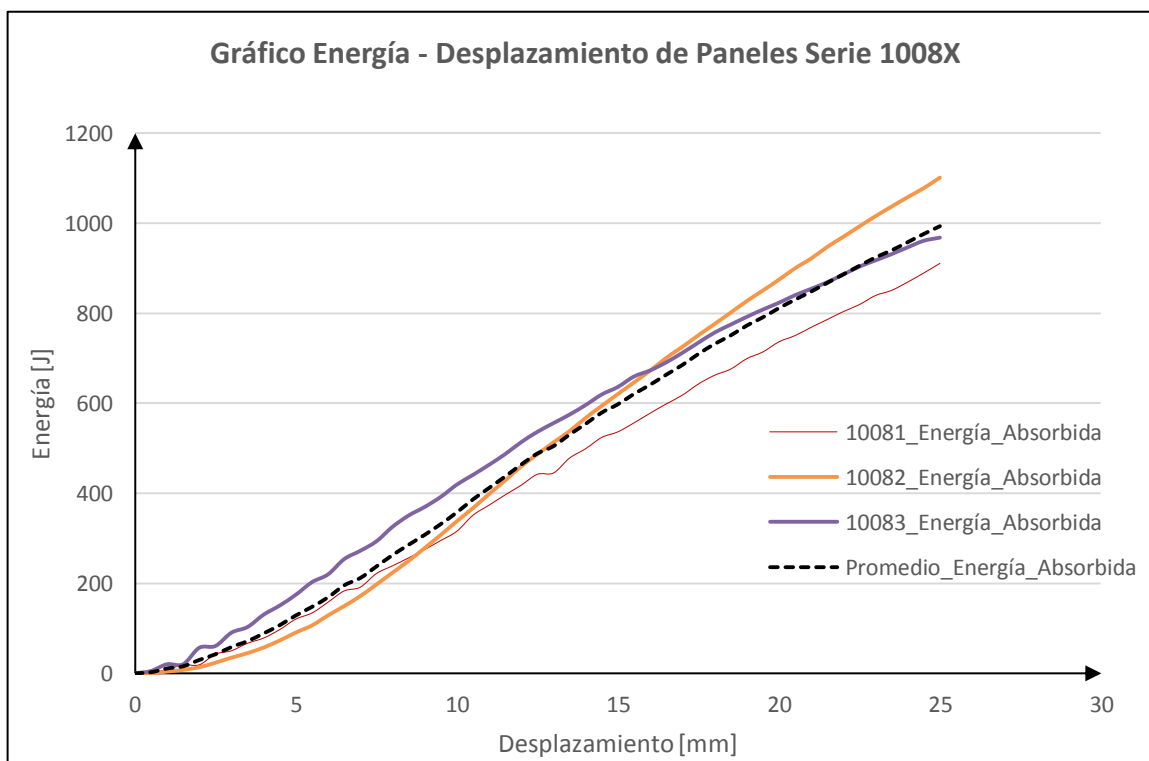


4.1.6.- Gráficas de Paneles Serie 1008X (con Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:

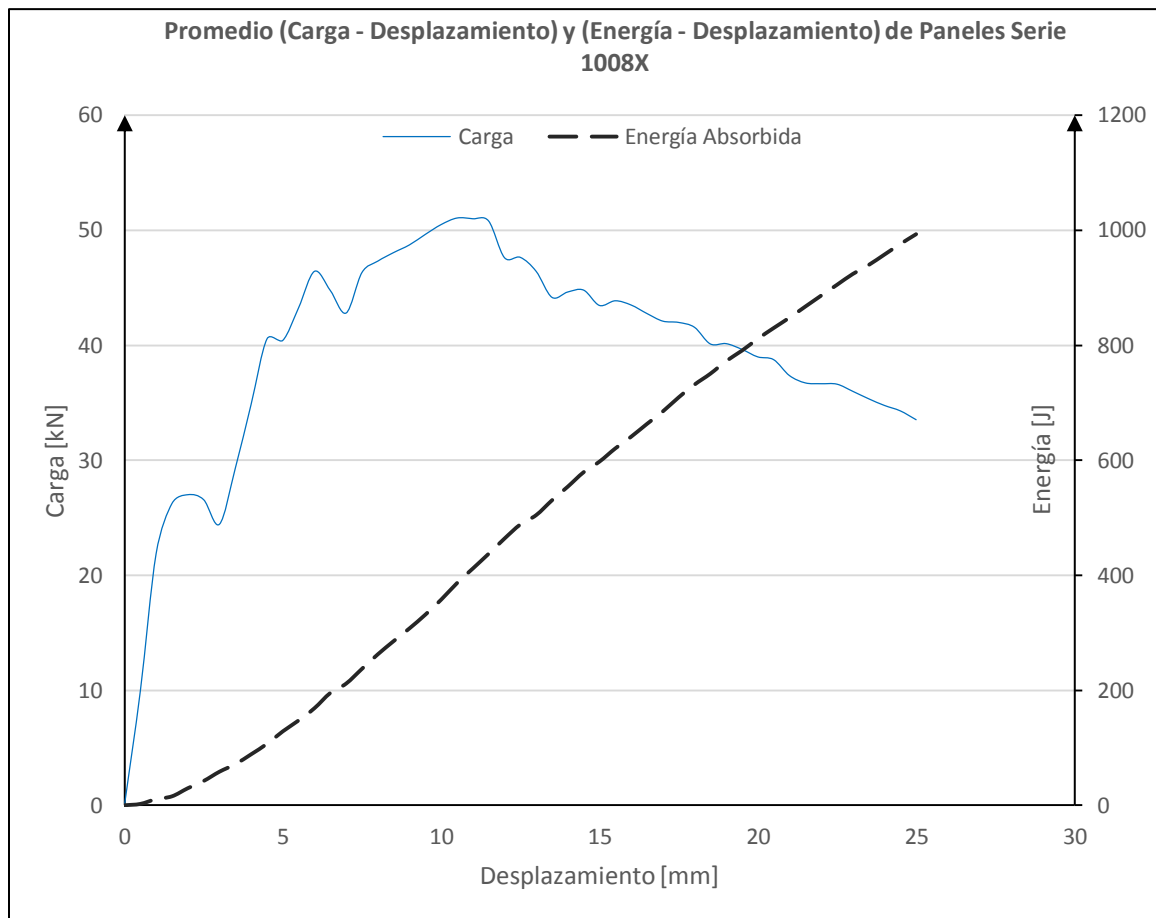
Gráfica 16: Gráfica Carga – Desplazamiento de Paneles Serie 1008X



Gráfica 17: Gráfica Energía – Desplazamiento de Paneles Serie 1008X



Gráfica 18: Gráfica Promedio (Carga - Desplazamiento) y (Energía - Desplazamiento) de Paneles Serie 1008X



4.2.- Análisis de Resultados Paneles Con perno de anclaje embebido

4.2.1.- Comparación del efecto de la luz de ensayo, en paneles CON perno de anclaje, respecto de los valores obtenidos de Carga Máxima, Deflexión Máxima y Absorción de Energía a los 25 mm.

Tabla 4: Resumen de propiedades mecánicas de paneles CON perno de anclaje embebido

PROPIEDADES PANELES	CARGA MÁXIMA [kN]	DEFLEXIÓN A MÁXIMA CARGA [mm]	CÁLCULO DE ENERGÍA ABSORBIDA [J] HASTA LOS 25 [mm]
PANEL 6041	37.8582	6.2828	502.8011
PANEL 6042	36.9713	3.2125	432.0326
PANEL 6043	39.0709	2.2639	420.5587
PANEL 6061	54.0135	5.3958	724.8337
PANEL 6062	79.3354	4.9129	1020.9869
PANEL 6063	53.6540	3.8541	679.1691
PANEL 6081	56.2367	6.1807	887.0386
PANEL 6082	38.8602	4.2310	119.1467
PANEL 6083	62.8506	6.5736	884.7460
PANEL 10041	32.4762	9.3012	551.1199
PANEL 10042	45.3048	4.9034	702.2622
PANEL 10043	34.4330	7.7198	569.9620
PANEL 10061	42.6181	5.7651	852.3336
PANEL 10062	44.6645	9.4071	775.3949
PANEL 10063	48.8359	6.4654	757.0827
PANEL 10081	47.4498	11.4095	893.6981
PANEL 10082	62.8316	10.3631	1098.2248
PANEL 10083	55.8523	5.7800	960.3473

Tabla 5: Resumen de las propiedades mecánicas expresadas en promedio de paneles CON perno de anclaje embebido

PROPIEDADES PROMEDIO PANELES	CARGA MÁXIMA [kN]	DEFLEXIÓN A MÁXIMA CARGA [mm]	CÁLCULO DE ENERGÍA ABSORBIDA [J] HASTA LOS 25 [mm]
PANELES SERIE 604X	37.9668	3.9197	451.7975
PANELES SERIE 1004X	37.4047	7.3081	607.7814
PANELES SERIE 606X	62.3343	4.7209	808.3299
PANELES SERIE 1006X	45.3728	7.2125	794.9371
PANELES SERIE 608X	52.6492	5.6618	630.3104
PANELES SERIE 1008X	55.3779	9.1842	984.0901

En virtud de los resultados obtenidos, al ensayar los paneles con perno de anclaje embebido, y el posterior análisis de los datos, se puede llegar a desprender que la absorción de energía está claramente relacionada con la cantidad de fibras sintéticas incluidas en el hormigón. Es decir, a medida que la cuantía de fibras sintéticas aumenta, también aumenta la absorción proporcionalmente, con ello se puede concretar la correlación lineal entre estas dos variables.

Yendo más al detalle, los valores promedio de absorción de energía de los paneles de 600x600x100 mm son:

- Paneles serie 604X, 451.7975 [J]
- Paneles serie 606X, 808.3299 [J]
- Paneles serie 608X, 630.3104 [J]

En estos resultados se aprecia una tendencia a aumentar la absorción, a pesar, de que los Paneles serie 608X, presentan un valor menor, que no seguiría la tendencia al alza, esta discordancia se explicaría por la anomalía de los datos entregados por el panel 6082, entregando un valor de 119.1467 [J] de absorción de energía, lejano a sus paneles pares 6081 y 6083, con valores de absorción de energía de 887.0386 [J] y 884.7460 [J], respectivamente. Esta diferencia sólo puede ser explicada debido a que ese panel particular (6082), o tuvo problemas en su construcción y/o en la ejecución del ensayo, lo cual haría disminuir ostensiblemente sus propiedades mecánicas comparado con sus pares. No obstante, lo anterior, queda en evidencia que existe una relación directa entre el aumento de fibras sintéticas y la cantidad de absorción de energía.

Por otro lado, los valores promedio de absorción de energía de los paneles de 1000x1000x100 mm son:

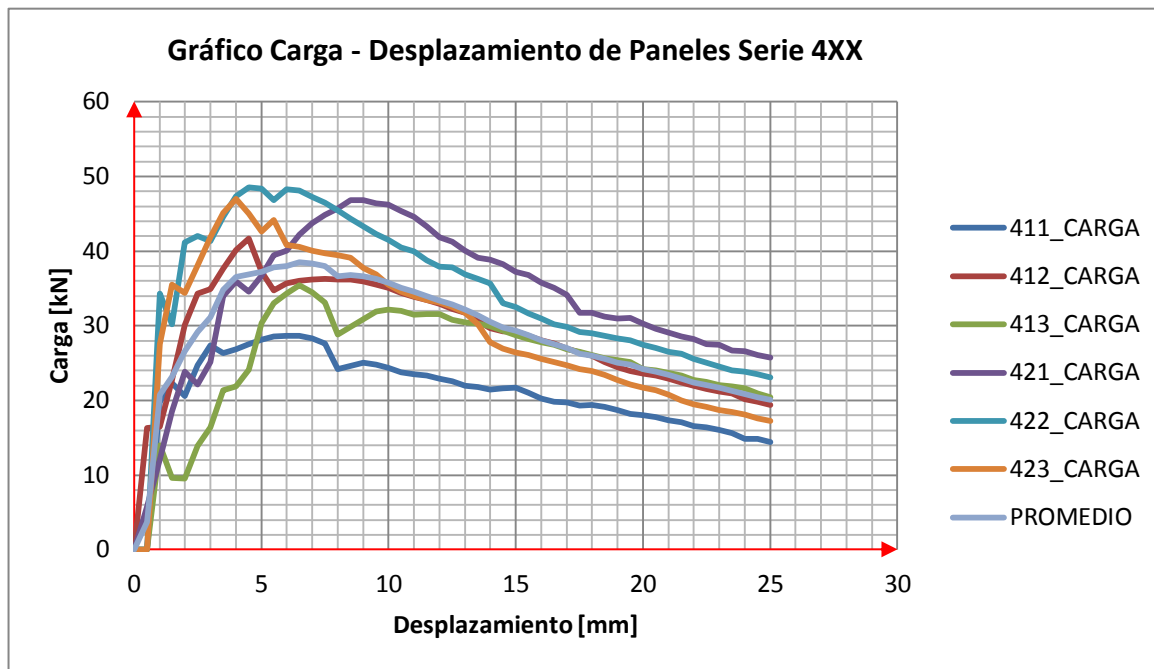
- Paneles serie 1004X, 607.7814 [J]
- Paneles serie 1006X, 794.9371 [J]
- Paneles serie 1008X, 984.0901 [J]

Con estos resultados, de la absorción de energía es bastante evidente que se relaciona con el aumento de la incorporación de fibras sintéticas, ya que a medida que la cuantía de fibras aumenta, la absorción de energía también aumenta, correlacionándose directamente estas variables como se había corroborado en el caso anterior.

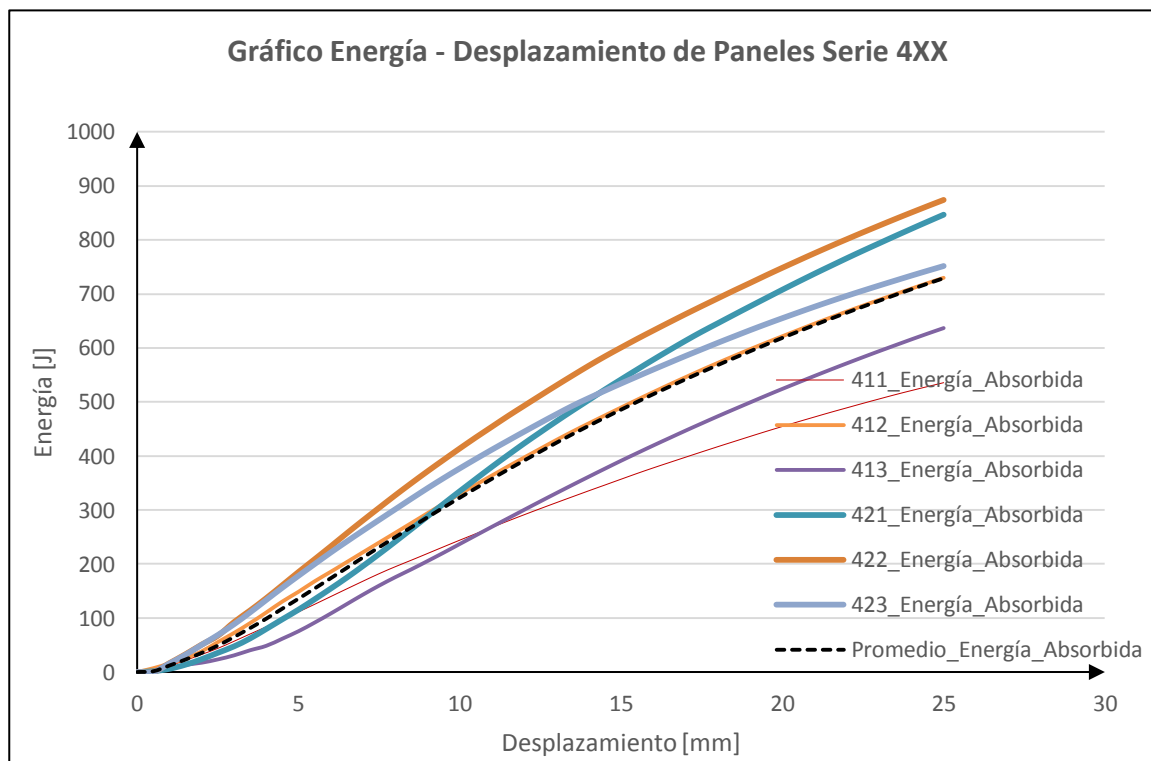
4.3.- Resultados de ensayos de paneles, Con y Sin perno de anclaje embebido

4.3.1.- Gráficas de Paneles Serie 4XX (sin Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio

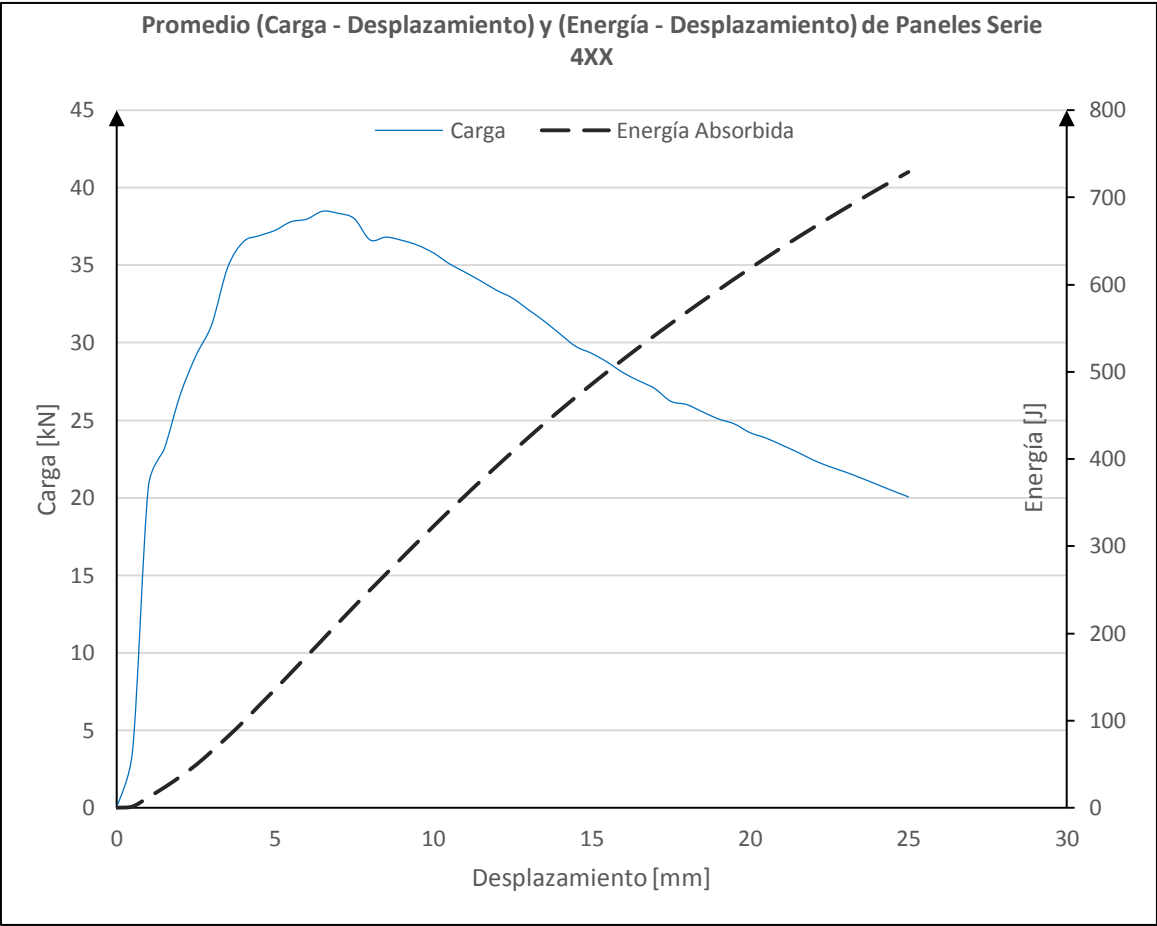
Gráfica 20: Gráfica Carga – Desplazamiento de Paneles Serie 4XX



Gráfica 19: Gráfica Energía – Desplazamiento de Paneles Serie 4XX

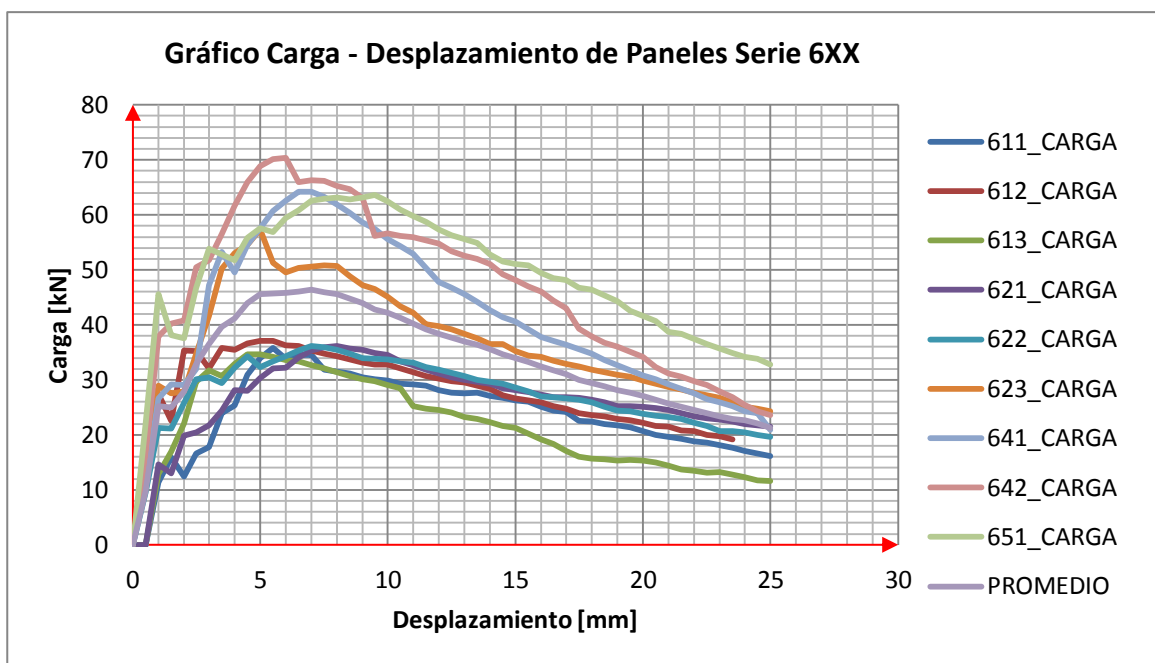


Gráfica 21: Gráfica Promedio (Carga - Desplazamiento) y (Energía - Desplazamiento) de Paneles Serie 4XX

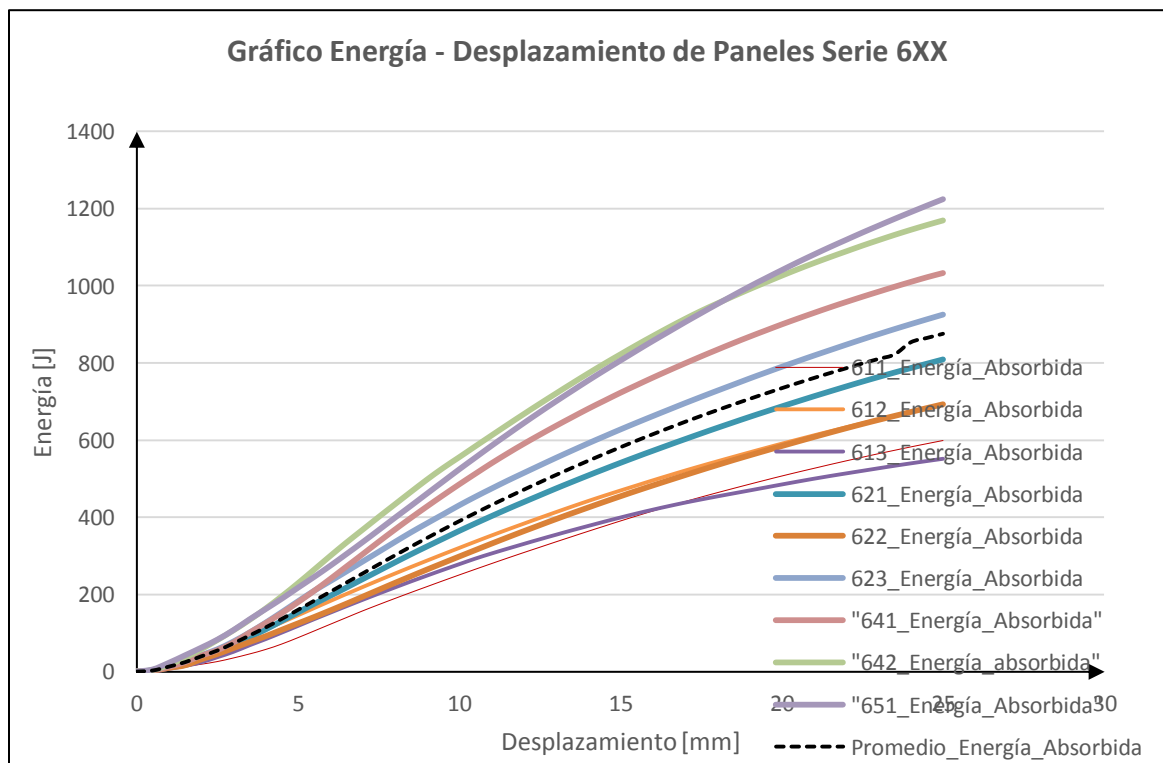


4.3.2.- Gráficas de Paneles Serie 6XX (sin Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:

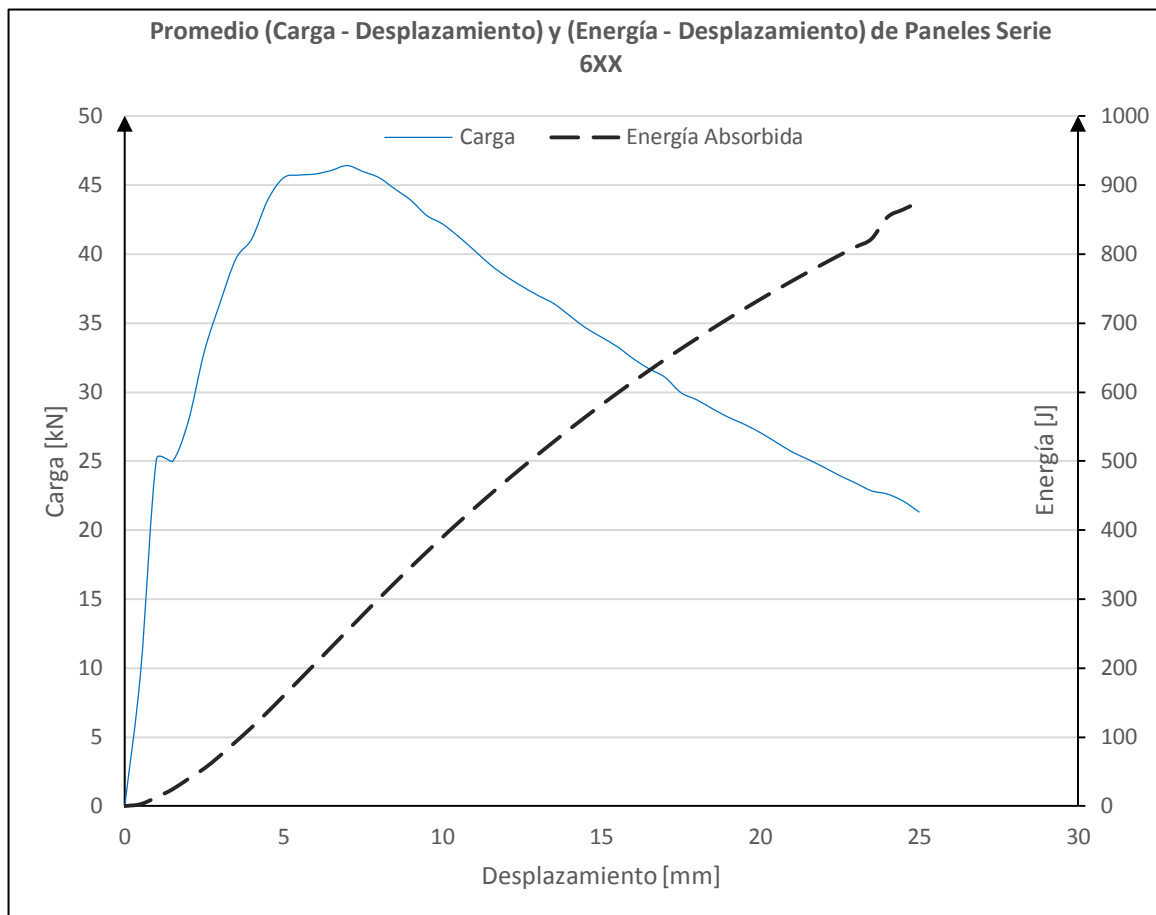
Gráfica 23: Gráfica Carga – Desplazamiento de Paneles Serie 6XX



Gráfica 22: Gráfica Energía – Desplazamiento de Paneles Serie 6XX

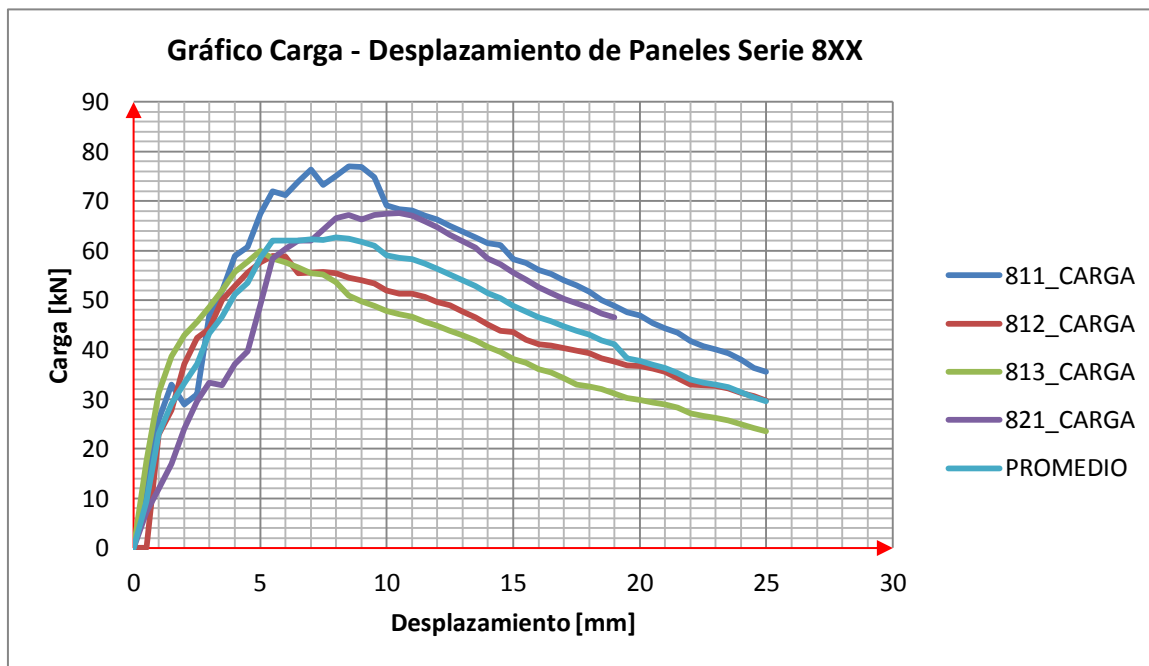


Gráfica 24: Gráfica Promedio (Carga - Desplazamiento) y (Energía - Desplazamiento) de Paneles Serie 6XX

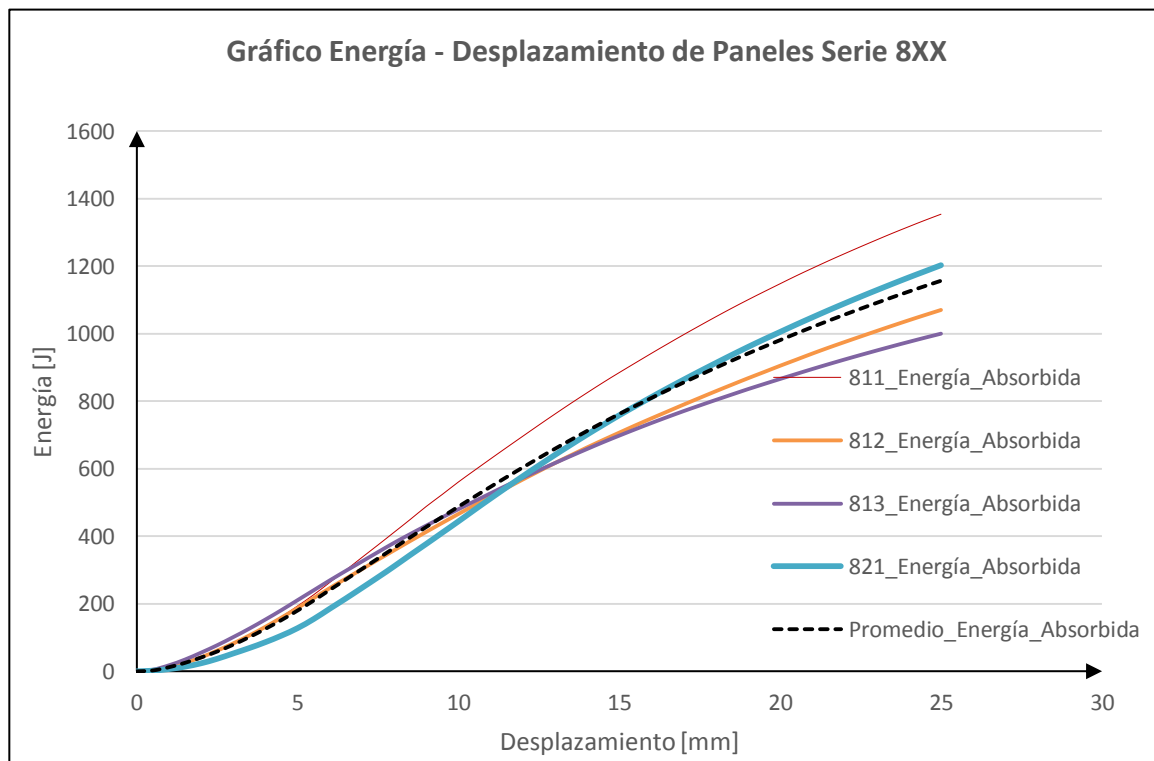


4.3.3.- Gráficas de Paneles Serie 8XX (sin Perno de Anclaje), junto con las gráficas promedio:

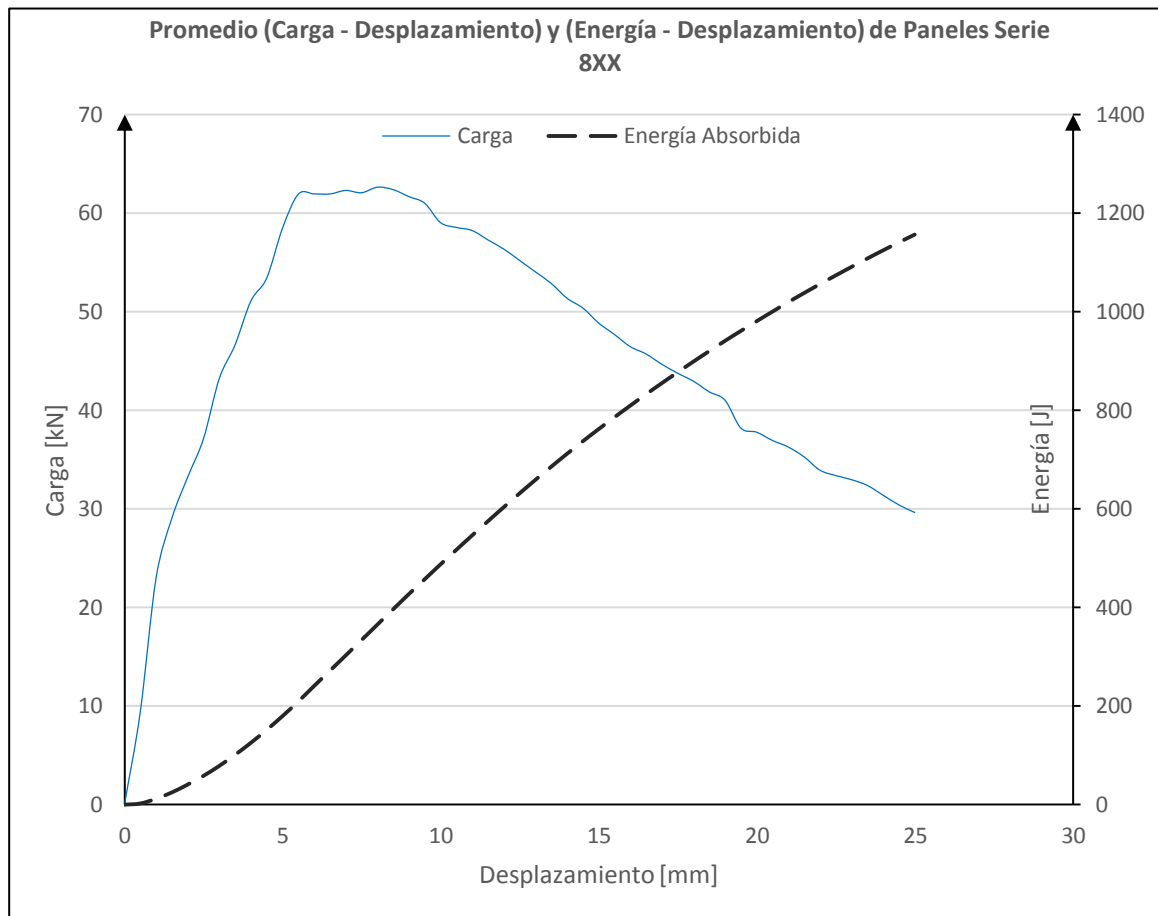
Gráfica 25: Gráfica Carga - Desplazamiento de Paneles Serie 8XX



Gráfica 26: Gráfica Energía – Desplazamiento de Paneles 8XX



Gráfica 27: Gráfica Promedio (Carga - Desplazamiento) y (Energía - Desplazamiento) de Paneles Serie 8XX



4.4.- Análisis de Resultados Paneles Con y Sin perno de anclaje embebido:

4.4.1.- Comparación de ensayos de paneles CON y SIN perno de anclaje embebido (600x600x100mm), y sus efectos en la cantidad de Energía Absorbida, Carga Máxima y Deflexión Máxima.

Tabla 6 Resumen de propiedades mecánicas de paneles SIN perno de anclaje embebido (Paneles de 600x600x100 mm)

PROPIEDADES PANELES	CARGA MÁXIMA [kN]	DEFLEXIÓN A MÁXIMA CARGA [mm]	CÁLCULO DE ENERGÍA ABSORBIDA [J] HASTA LOS 25 [mm]
PANEL 411	29.3230	6.4275	540.5738
PANEL 412	42.2020	5.0610	484.2584
PANEL 413	35.8650	6.6478	387.8216
PANEL 421	47.7230	9.4887	536.8983
PANEL 422	49.7010	4.7379	588.7089
PANEL 423	48.5170	4.2703	554.6356
PANEL 611	36.8830	5.5852	605.7329
PANEL 612	38.9360	2.4370	467.7505
PANEL 613	35.2520	4.6929	434.6632
PANEL 621	36.7770	7.5713	676.8481
PANEL 622	36.6980	7.2215	454.9347
PANEL 623	58.9810	5.3733	597.6162
PANEL 641	65.3530	7.4126	749.6028
PANEL 642	72.0040	6.0640	927.2042
PANEL 651	64.5030	9.5844	816.1796
PANEL 811	79.2210	8.9120	921.5098
PANEL 812	60.4630	5.9174	685.5307
PANEL 813	60.8030	5.3712	725.8956
PANEL 821	68.9950	10.3526	773.0104

Tabla 7: Resumen de las propiedades mecánicas expresadas en promedio de paneles SIN perno de anclaje embebido

PROPIEDADES PROMEDIO PANELES	CARGA MÁXIMA [kN]	DEFLEXIÓN A MÁXIMA CARGA [mm]	CÁLCULO DE ENERGÍA ABSORBIDA [J] HASTA LOS 25 [mm]
SERIE DE PANELES 4XX	42.2218	6.1055	515.4828
SERIE DE PANELES 6XX	49.4986	6.2158	636.7258
SERIE DE PANELES 8XX	67.3705	7.6383	776.4866

**Tabla 8: Resumen de propiedades mecánicas de paneles CON perno de anclaje embebido
(Paneles de 600x600x100 mm)**

PROPIEDADES PANELES	CARGA MÁXIMA [kN]	DEFLEXIÓN A MÁXIMA CARGA [mm]	CÁLCULO DE ENERGÍA ABSORBIDA [J] HASTA LOS 25 [mm]
PANEL 6041	37.8582	6.2828	502.8011
PANEL 6042	36.9713	3.2125	432.0326
PANEL 6043	39.0709	2.2639	420.5587
PANEL 6061	54.0135	5.3958	724.8337
PANEL 6062	79.3354	4.9129	1020.9869
PANEL 6063	53.6540	3.8541	679.1691
PANEL 6081	56.2367	6.1807	887.0386
PANEL 6082	38.8602	4.2310	119.1467
PANEL 6083	62.8506	6.5736	884.7460

**Tabla 9: Resumen de las propiedades mecánicas expresadas en promedio de paneles CON perno
de anclaje embebido**

PROPIEDADES PROMEDIO PANELES	CARGA MÁXIMA [kN]	DEFLEXIÓN A MÁXIMA CARGA [mm]	CÁLCULO DE ENERGÍA ABSORBIDA [J] HASTA LOS 25 [mm]
PANELES SERIE 604X	37.9668	3.9197	451.7975
PANELES SERIE 606X	62.3343	4.7209	808.3299
PANELES SERIE 608X	52.6492	5.6618	630.3104

Al momento de analizar los resultados de los paneles de 600x600x100mm, con y sin perno de anclaje, se pueden sacar algunas conclusiones respecto a sus valores.

Los resultados de cálculo de energía absorbida, para paneles sin perno de anclaje son los siguientes:

- Paneles serie 4XX, 515.4828 [J]
- Paneles serie 6XX, 636.7258 [J]
- Paneles serie 8XX, 776.4866 [J]

Por otra parte, los resultados de cálculo de energía absorbida, para paneles con perno de anclaje son los siguientes:

- Paneles serie 604X, 451.7975 [J]
- Paneles serie 606X, 808.3299 [J]
- Paneles serie 608X, 630.3104 [J]

A la vista de estos resultados, se puede decir que para los paneles con y sin perno de anclaje de cuantía de 4 kg, no existe una gran diferencia en lo que respecta a la absorción de energía, ya que sus valores son muy cercanos. En otra parte, y respecto a las cuantías mayores, de 6 y 8 kg de fibras sintéticas por m³, existen mayores valores de absorción de energía, cuando hay presencia del perno de anclaje embebido (descartando el panel 6082, anómalo, que evidentemente altera este análisis), evidenciando claramente que la presencia del perno de anclaje embebido en paneles de hormigón, sí aumenta los valores de absorción de energía.

4.5.- Patrón de Agrietamiento de paneles para cuantías de 4, 6, y 8 kg de Fibras Sintéticas

4.5.1.- Patrón de Agrietamiento para dosificación de 4 kg/m³ de Fibras Sintéticas



Imagen 24: Patrón de agrietamiento mostrado en paneles con cuantía de fibras sintéticas de 4 kg /m³, con evidencia marcada de una cruz (X) cerrada

4.5.2.- Patrón de Agrietamiento para dosificación de 6 kg/m³ de Fibras Sintéticas



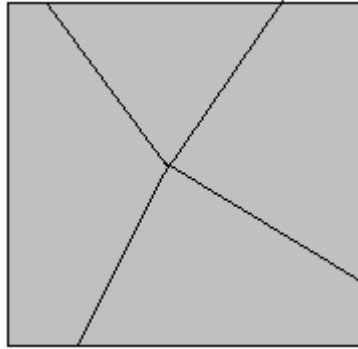
Imagen 25: Patrón de agrietamiento mostrado en paneles con cuantía de fibras sintéticas de 6 kg /m³, con evidencia marcada de una cruz (X) abierta

4.5.3.- Patrón de Agrietamiento para dosificación de 8 kg/m³ de Fibras Sintéticas

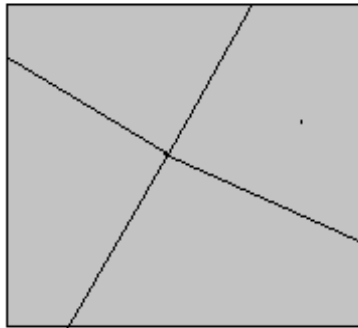


Imagen 26: Patrón de agrietamiento mostrado en paneles con cuantía de fibras sintéticas de 8 kg /m³, con evidencia marcada de una cruz (X) más abierta que las anteriores

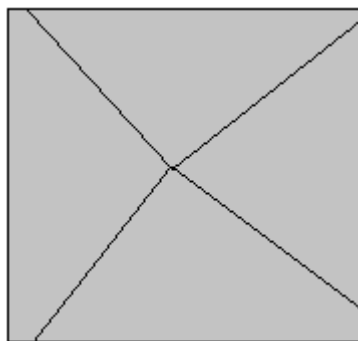
Patrón de Agrietamiento para Cuantía de 4 kg/m³ de Fibra Sintética:



Patrón de Agrietamiento para Cuantía de 6 kg/m³ de Fibra Sintética:



Patrón de Agrietamiento para Cuantía de 8 kg/m³ de Fibra Sintética:



Con estos resultados de patrones de agrietamiento, para cuantías de 4, 6, y 8 kg/m³, sólo se puede decir que las grietas más claras que se generan por efectos de la tracción del perno de anclaje, tienen forma de una X, la cual puede presentarse más cercana o apretada para cuantías menores (4 kg/m³), pero esta X presenta tendencia a abrirse o separar sus “brazos”, a medida que las cuantías de fibras sintéticas comienza a aumentar (casos 6, y 8 kg/m³).

Tabla 10: Primer Peak de gráfico Carga – Desplazamiento, asociado a carga de Agrietamiento, en Paneles CON Perno de Anclaje (600x600x100 mm y 1000x1000x100 mm)

Tipos de Paneles	Carga de Agrietamiento [kN]	Deflexión de Agrietamiento [mm]
Panel 6041	31.679	0.6784
Panel 6042	21.069	0.9855
Panel 6043	28.103	0.5292
Panel 6061	28.974	0.4827
Panel 6062	45.081	1.0945
Panel 6063	31.916	0.6470
Panel 6081	40.154	0.3332
Panel 6082	34.530	0.7780
Panel 6083	32.496	2.2847
Panel 10041	25.979	1.3251
Panel 10042	34.359	1.2034
Panel 10043	29.180	0.9280
Panel 10061	31.161	2.5164
Panel 10062	24.156	1.6230
Panel 10063	26.330	3.2519
Panel 10081	28.490	3.4686
Panel 10082	24.784	2.2462
Panel 10083	40.701	0.9726

En relación a los resultados obtenidos, se analizar que los paneles con perno de anclaje embebido de medidas 600x600x100 mm, asociados al primer peak, dado por la carga de agrietamiento, tienen valores más altos que los paneles con perno de anclaje de medidas 1000x1000x100 mm. El hecho de esta diferencia podría explicarse principalmente debido a la menor distancia entre pernos de anclaje, es decir, 0,6 metros, en contraparte con la distancia de 1 metro que presentan los paneles más grandes, con esta diferencia se puede apreciar que se está generando una mayor capacidad para absorber energía, en la carga por agrietamiento, cuando los pernos de anclaje están a menor distancia uno del otro.

Tabla 11: Primer Peak de gráfico Carga – Desplazamiento, asociado a carga de Agrietamiento, en Paneles SIN Perno de Anclaje (600x600x100 mm)

Tipos de Paneles	Carga de Agrietamiento [kN]	Deflexión de Agrietamiento [mm]
Panel 411	20.550	1.0426
Panel 412	18.247	0.4984
Panel 413	14.235	1.0197
Panel 421	19.205	1.8762
Panel 422	33.541	1.1034
Panel 423	27.515	0.8815
Panel 611	16.436	1.3894
Panel 612	27.374	1.2841
Panel 613	33.707	2.8684
Panel 621	15.829	1.1754
Panel 622	23.579	1.2995
Panel 623	29.966	1.2820
Panel 641	32.869	1.4094
Panel 642	43.481	1.4510
Panel 651	44.796	1.1821
Panel 811	35.634	1.4827
Panel 812	31.095	1.5518
Panel 813	30.508	1.1762
Panel 821	33.514	3.3189

Tabla 12: Promedio del primer peak, asociado a la carga por agrietamiento

Tipo de Paneles	Promedio primer peak por carga de agrietamiento [kN]
Serie Paneles 4XX	22.2155
Serie Paneles 6XX	29.7819
Serie Paneles 8XX	32.6878
Serie Paneles 604X	29.9503
Serie Paneles 606X	35.3237
Serie Paneles 608X	35.7267
Serie Paneles 1004X	29.8393
Serie Paneles 1006X	27.2157
Serie Paneles 1008X	31.3250

Capítulo 5: CONCLUSIONES

5.- Conclusiones

Al concluir con los ensayos, y posteriormente, el análisis de datos desprendidos de ellos, se puede afirmar lo siguiente: se comprueba que el incorporar fibras sintéticas (tipo Barchip 48), para reforzar el hormigón, tiene una notoria influencia en las propiedades mecánicas del mismo. Por lo tanto, con esta adaptación del ensayo de la norma EFNARC, que presenta un ensayo con panel cuadrado de dimensiones 600x600x100 mm de espesor (y su adaptación a paneles de dimensiones 1000x1000x100 mm en la investigación realizada), que está apoyado en sus cuatro bordes mientras es sometido a una carga en su punto central, se comprueba que el hormigón reforzado con fibras sintéticas (HRFS), presenta una mayor disipación de energía, luego de la aparición de la primera grieta a medida que se van aumentando las cuantías de fibras sintéticas por m^3 de la mezcla de hormigón.

Es claro que, y gracias a estudios anteriores en la materia, la incorporación de fibras sintéticas en el hormigón mejora varias propiedades mecánicas de éste, como por ejemplo, se obtiene un mayor control de las fisuras, y con ello se aumenta la resistencia a la tracción, la flexotracción, al corte, y también aumentando la resistencia residual del hormigón, al absorber el deterioro progresivo del hormigón cuando es sometido a esfuerzos de tracción y /o compresión, mediante la presencia de las fibras sintéticas.

Con los ensayos realizados, y los resultados obtenidos, se puede llegar a las primeras conclusiones respecto a la capacidad de absorción de energía. Los Paneles con perno de anclaje embebido, en el cálculo de la energía absorbida hasta los 25 mm, presentan mayor energía absorbida a medida que se va aumentando la cuantía de fibras sintéticas, tanto para los paneles de dimensiones 600x600x100 mm, como los paneles de 1000x1000x100 mm. Por lo tanto, la inclusión de fibras sintéticas a hormigones permite incrementar los valores de resistencia máxima de las probetas ensayadas en laboratorio.

Así, los valores promedio de absorción de energía de los paneles de 600x600x100 mm son: paneles serie 604X, 451.7975 [J]; paneles serie 606X, 808.3299 [J]; mientras que los paneles serie 608X, presentaron un valor de 630.3104 [J], lo cual desestimaría la tendencia al alza, y la relación que existe entre el aumento de fibras sintéticas con el aumento de absorción de energía, sin embargo, esta disminución puede ser explicada claramente, debido a que el segundo panel, 6082, de esa serie (608X), presenta valores ostensiblemente menores que sus pares, y esto se debe a que su medición de deflexión llegó solamente hasta los 4 mm y no a los 25 mm como dice la norma EFNARC, en que se ha basado esta investigación, y con ello la absorción de energía con esa baja deflexión sólo puede ser baja (119.1467 [J]), por lo tanto, es un dato que se escapa de la normalidad de los resultados, ya que los paneles 6081 y 6083, presentan valores de 887.0386 [J] y 884.7460 [J], respectivamente, siendo valores muy cercanos, y esperables para dicha cuantía de fibras sintéticas, lo cual hace suponer que este panel 6082, pudo haber presentado problemas al momento de su fabricación o en el momento de realizar el ensayo propiamente tal, alterando, en parte, la tendencia ascendente de absorción de energía que debiesen presentar, teóricamente, las series sucesivas de los paneles 604X, 606X, 608X, a medidas que se aumentan las cantidades de fibras sintéticas (4, 6, 8 kg).

De la misma manera, los paneles de 1000x1000x100 mm con perno de anclaje embebido, presentan los siguientes valores promedio de absorción de energía: paneles serie 1004X, 607.7814 [J]; paneles serie 1006X, 794.9371 [J]; y los paneles serie 1008X, 984.0901 [J]. Con estos resultados a la vista se logra evidenciar la clara relación que se genera entre el aumento de las cuantías de fibras sintéticas en hormigones, y el consecuente aumento de la absorción de energía por parte de las fibras sintéticas, soportando los esfuerzos de tracción que se van generando a medida que aumenta la carga de la placa central, como consecuencia de la tracción cada vez mayor generada en el perno de anclaje. A su vez, se puede concluir que la distancia de 1 metro, respecto a la posición de los pernos de anclaje, resultó ser más beneficioso, que, al utilizar una distancia de 0,6 metros entre colocación de pernos de anclaje, paneles de 1000x1000x100 mm, y paneles de 600x600x100 mm, respectivamente. Esto, debido a que, a la vista de los resultados, la mayor absorción de energía se presenta en los paneles que tienen separación de 1 metro entre pernos de anclaje, llegando a valores cercanos a 1000 [J], en promedio, para cuantías de 8 kg de fibras sintéticas por m³. De la misma forma, se puede concluir que la separación de los pernos de anclaje, o en este caso la relación entre la distancia de instalación de los pernos de anclaje y su correlación con el aumento de la resistencia de los paneles, y más específicamente, con el aumento de la carga máxima, a la deflexión máxima de 25 mm, es claramente, directamente proporcional, ya que esta es mayor, cuando la distancia era 1 metro y menor cuando era 0,6 metros. Sólo se pueden afirmar criterios de relación de distancias, y propiedades mecánicas para estas medidas, ya que son las que estaban en estudio, pero por otra parte si pueden existir distintas relaciones para más rangos de distancia de separación de pernos de anclaje.

Ahora, al comparar los valores obtenidos de los paneles con y sin perno de anclaje, en paneles de 600x600x100mm, se obtiene lo presentado a continuación. Los resultados de cálculo de energía absorbida, para paneles sin perno de anclaje son los siguientes: paneles serie 4XX, 515.4828 [J]; paneles serie 6XX, 636.7258 [J]; mientras que los paneles de la serie 8XX, es 776.4866 [J]. A la vista de estos resultados se puede apreciar la clara tendencia que tiene el aumentar la cuantía de fibras sintéticas, con el aumento de la absorción de energía. Y, recordando los valores de los paneles con perno de anclaje embebido: paneles serie 604X, 451.7975 [J]; paneles serie 606X, 808.3299 [J]; y paneles serie 608X, 630.3104 [J] (este valor está alterado por una muestra errónea que hace bajar la media, su promedio debiese estar sobre los 800 [J]). Con todo esto, primero se puede concluir que en la cuantía de 4 kg para paneles con y sin perno de anclaje, no hay gran diferencia en lo que a la absorción de energía respecta. Por otro lado, se puede afirmar que, en las cuantías mayores, de 6 y 8 kg de fibras sintéticas por m³, existen mayores valores de absorción de energía, cuando hay presencia del perno de anclaje embebido (descartando el panel 6082, anómalo, que altera la tendencia). Así, se puede asegurar que evidentemente la presencia del perno de anclaje embebido en paneles de hormigón, sí aumenta los valores de absorción de energía. Respecto a los paneles sin perno de anclaje embebido, esto puede deberse a que la tensión absorbida por el perno de anclaje ante esfuerzos de tracción, no es traspasada inmediatamente al hormigón circundante, y con ello al momento de recibir el esfuerzo, éste es absorbido en parte por el perno de anclaje, y luego se ve representado en la deformación que sufre el panel de hormigón, haciéndolo más resistente a las sollicitaciones mecánicas propias de la naturaleza, al estar sosteniendo el macizo rocoso en un túnel, con su estructura de hormigón con fibras sintéticas, de forma solidaria al perno de anclaje. Y con ello también se comprueba que el uso de shotcrete reforzado con fibras sintéticas,

presenta la ventaja de generar un sostenimiento continuo y reforzado en los túneles, y además es más fácil y seguro de colocar, que la tradicional malla electrosoldada.

El primer peak de agrietamiento, que corresponde a cuando el hormigón reforzado con fibras, presenta la mayor capacidad para absorber energía, la cual ocurre cuando ya se ha iniciado la primera grieta, en el llamado rango de post-agrietamiento, ya que aquí las fibras se agarran al hormigón, evitando así que las grietas sigan aumentando su tamaño, toda vez que sigue siendo aplicada la carga de tracción, lo cual nos permite aumentar la dureza, como así también incrementar la capacidad de absorber energía o tenacidad. Es en este sentido que, los paneles con perno de anclaje embebido de medidas 600x600x100 mm, asociados al primer peak, dado por la carga de agrietamiento, tienen valores más altos que los paneles con perno de anclaje de medidas 1000x1000x100 mm, pudiendo deberse esta diferencia a la menor distancia entre pernos de anclaje, 0,6 metros, en desmedro del 1 metro de distancia para los paneles más grandes, generando mayor capacidad para absorber energía, en la carga por agrietamiento, cuando los pernos de anclaje están a menor distancia uno de otro.

En general, se cree que se da cumplimiento a cabalidad, respecto a los objetivos trazados al comienzo de la investigación, ya que sí se pudo caracterizar y comparar el comportamiento estructural de paneles de hormigón reforzado con fibras sintéticas, en las cuales está embebido un perno de anclaje. Así mismo, se pudo determinar la capacidad de absorción de energía, el patrón de agrietamiento, y además comparar la injerencia de la presencia o ausencia del perno de anclaje embebido en los paneles de hormigón reforzado con fibras de sintéticas, respecto a la resistencia de los mismos, resultando que la presencia de las fibras sintéticas sí mejoran las características mecánicas de los paneles de hormigón estudiados.

Las fibras sintéticas en estudio hacen referencia a las del tipo Barchip 48, las cuales al ser instaladas en hormigones reducen hasta un 50% los costos de mano de obra y materiales, comparado a lo que sucede con la malla electrosoldada convencional, además de entregar una mayor durabilidad a largo plazo, ya que no se oxidan, y añadido a que es más segura y liviana de maniobrar en las obras, en desmedro de lo que sucede en la instalación de hormigón con mallas de acero. Por lo tanto, ante todas estas evidencias, no es extraño que la industria, y particularmente, las empresas encargadas de realizar obras civiles o mineras, que tengan a cargo la elaboración de túneles, sigan esta línea de la construcción de túneles mediante la unión simbiótica entre el hormigón proyectado y las fibras sintéticas, ya que este material conjunto de hormigón con fibras sintéticas, ha generado grandes beneficios en terreno, adaptándose a las condiciones, muchas veces inhóspitas del terreno, como así también disminuyendo tiempos de construcción de las obras, y con ello reducción de costos en toda la cadena de valor de la construcción propiamente tal.

BIBLIOGRAFÍA

1. B. Barr y M.K. Lee. Modelling the strain-softening behaviour of plain concrete using a double-exponential model. Magazine of Concrete Research, 2003, Vol. 55. N° 4, pp. 343 – 353.
2. Concrete Hormigón Reforzado con Fibras [en línea] <<https://chl.sika.com/dms/...get/.../Hormigón%20reforzado%20con%20Fibras.pdf>> [consulta: 31 de Mayo de 2017]
3. DSI Minería y Construcción de Túneles [en línea] <<https://www.dsi-chile.com/uploads/media/DSI-MINERIA-Y-CONSTRUCCION-DE-TUNELES-LA.pdf>> [consulta: 7 de Abril de 2017]
4. Guía Chilena del Hormigón Proyectado [en línea] <<http://ich.cl/descargas/?p=1465>> [consulta: 31 de mayo 2017]
5. Hoja Técnica Barchip 48 [en línea] < <https://es.scribd.com/document/189118072/Barchip-48>> [consulta: 13 de Junio 2017]
6. “Hormigón, colección escuelas. Colegio de Ingenieros, caminos, canales y puertos, 1999. (F. Canovas M.)
7. MÁRMOL Salazar, Patricia Cristina. Hormigones con fibras de acero características mecánicas. Máster en Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Civil: Construcción, 2010, 81 pp.
8. Norma NCh 2182 Of 95 “Hormigones y morteros. Aditivos, clasificación y requisitos”.
9. PACHECO Ortega, Luis Gonzalo. Análisis comparativo de los códigos internacionales para hormigón proyectado. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Santiago. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, 2012, 158 pp.
10. PUJADOS Álvarez, Pablo. Caracterización y diseño del hormigón reforzado con fibras plásticas. Tesis Doctoral, Ingeniería de la Construcción. Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Ingeniería de la Construcción, 2013, 264 pp.
11. Requisitos Generales, según NCh 163.
12. SOTO Saavedra, Pedro Roberto. Construcción de Túneles. Tesis para optar al título de Construcción Civil. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Escuela de Construcción Civil, 2004, 144 pp.
13. S.V.L. Barrett y D.R. Mc Creath. Shotcrete support design in blocky ground: Towards a deterministic approach. Tunnels and Deep Spaces. Vol. 10, N° 1, 1995, pp. 79 – 89.

ANEXOS

Resultados de Ensayos de Paneles, SIN PERNO DE ANCLAJE EMBEBIDO:

PANEL 411:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	411
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	23/06/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	29.32
Momento unitario	4.107
Energía [J] a los 25 [mm]	540.574
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	21.28	21,277	30.7
5.0	27.92	27,923	109.1
10.0	24.65	24,645	244.2
15.0	27.92	27,923	358.9
20.0	27.92	27,923	457.9
25.0	27.92	27,923	540.6
30.0	27.92	27,923	607.5
35.0	27.92	27,923	653.7

2. OBSERVACIONES

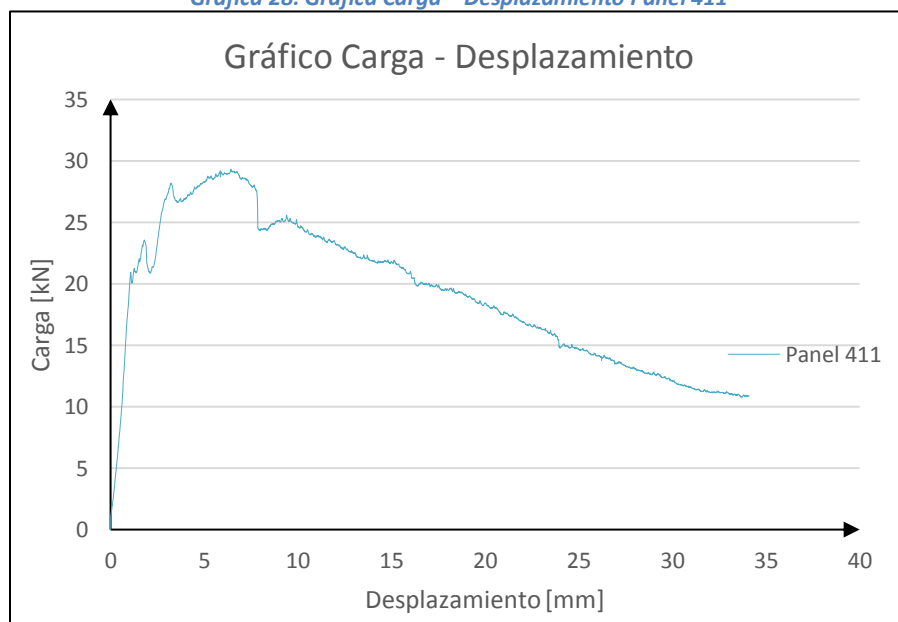
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
540.5738 [J]	

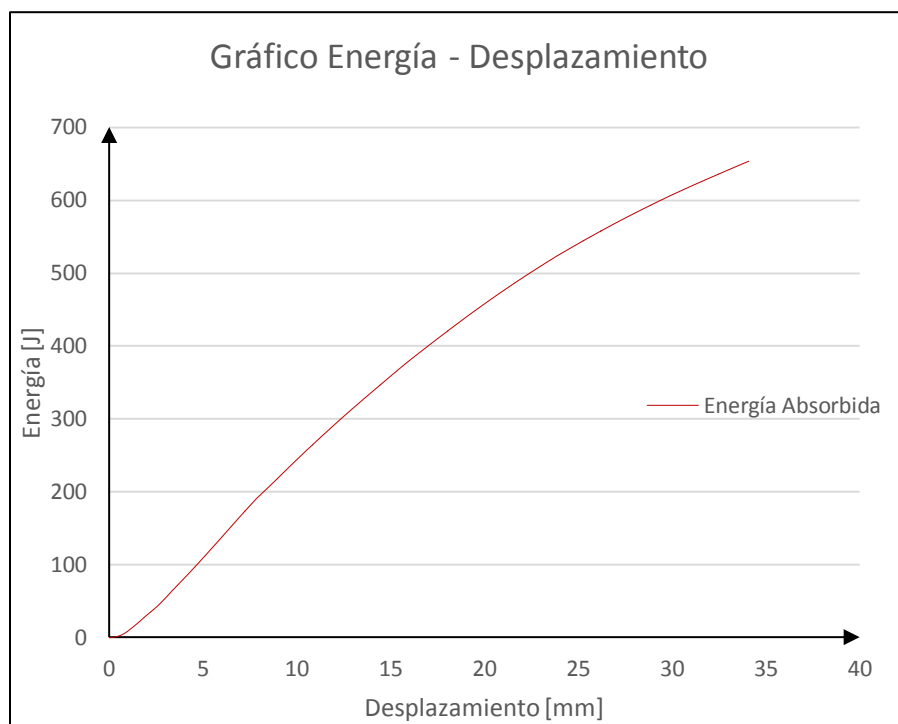
Carga Máxima
29.3230 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
6.4275

Gráfica 28: Gráfica Carga – Desplazamiento Panel 411



Gráfica 29: Gráfica Energía – Desplazamiento Panel 411



PANEL 412:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	412
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	23/06/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	42.20
Momento unitario	5.910
Energía [J] a los 25 [mm]	484.258
Clasificación	No Califica

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	23.61	23,607	-218.1
5.0	37.86	37,856	-110.7
10.0	35.94	35,939	72.5
15.0	37.86	37,856	237.2
20.0	37.86	37,856	373.1
25.0	37.86	37,856	484.3
30.0	37.86	37,856	576.1
35.0	37.86	37,856	583.3

2. OBSERVACIONES

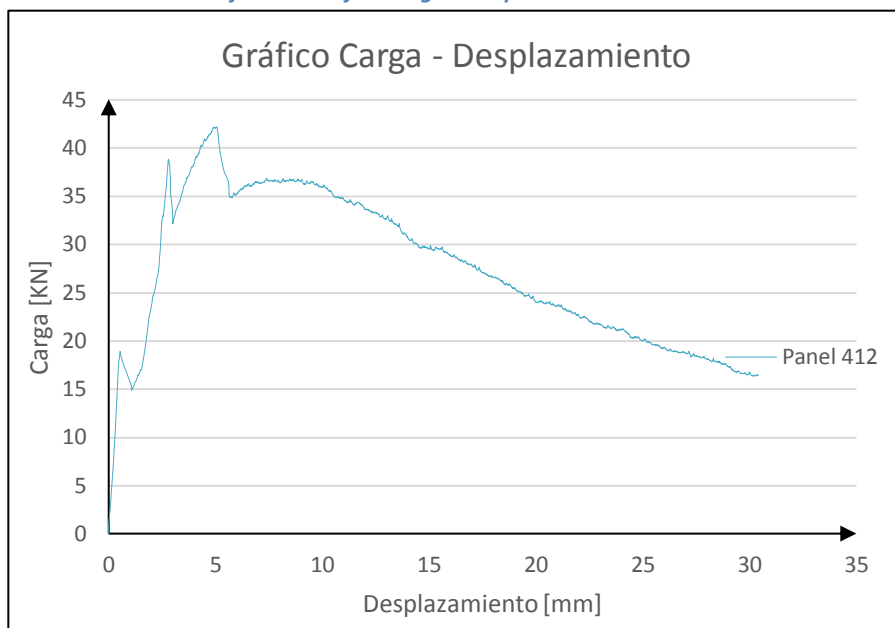
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
484.2584 [J]	

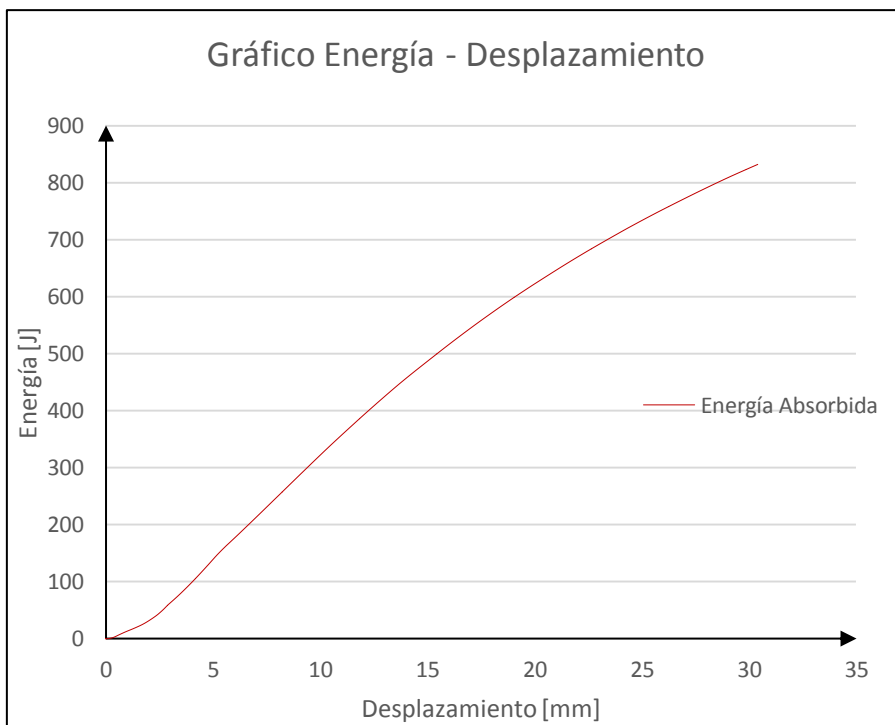
Carga Máxima
42.2020 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
5.0610

Gráfica 30: Gráfica Carga – Desplazamiento Panel 412



Gráfica 31: Gráfica Energía – Desplazamiento Panel 412



PANEL 413:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	413
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	1/07/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	35.87
Momento unitario	5.023
Energía [J] a los 25 [mm]	387.822
Clasificación	No Califica

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	9.63	9,626	-238.7
5.0	21.88	21,883	-180.1
10.0	32.56	32,561	-16.7
15.0	21.88	21,883	139.1
20.0	21.88	21,883	273.8
25.0	21.88	21,883	387.8
30.0	21.88	21,883	481.1
35.0	21.88	21,883	485.4

2. OBSERVACIONES

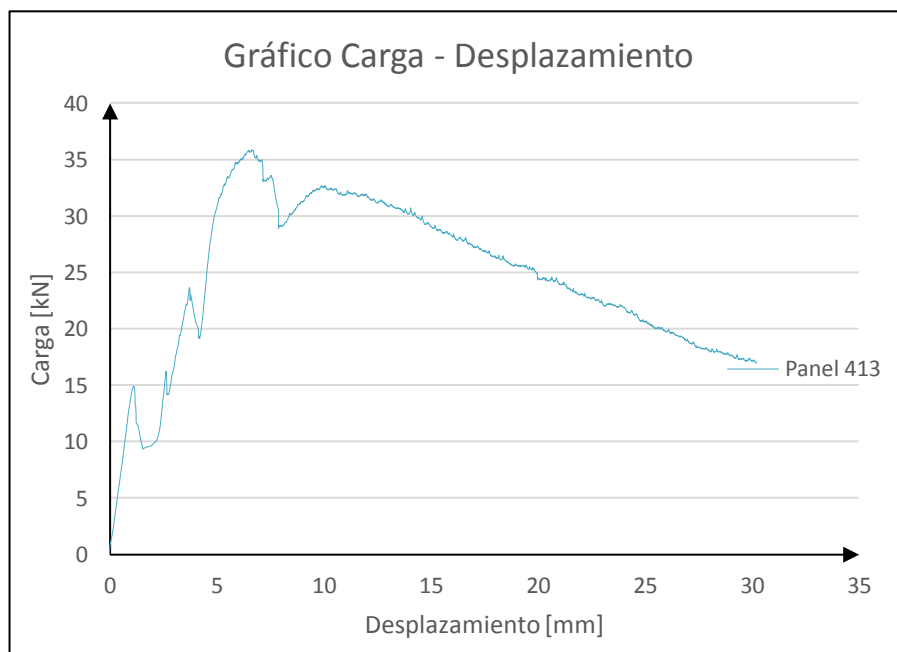
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
387.8216 [J]	

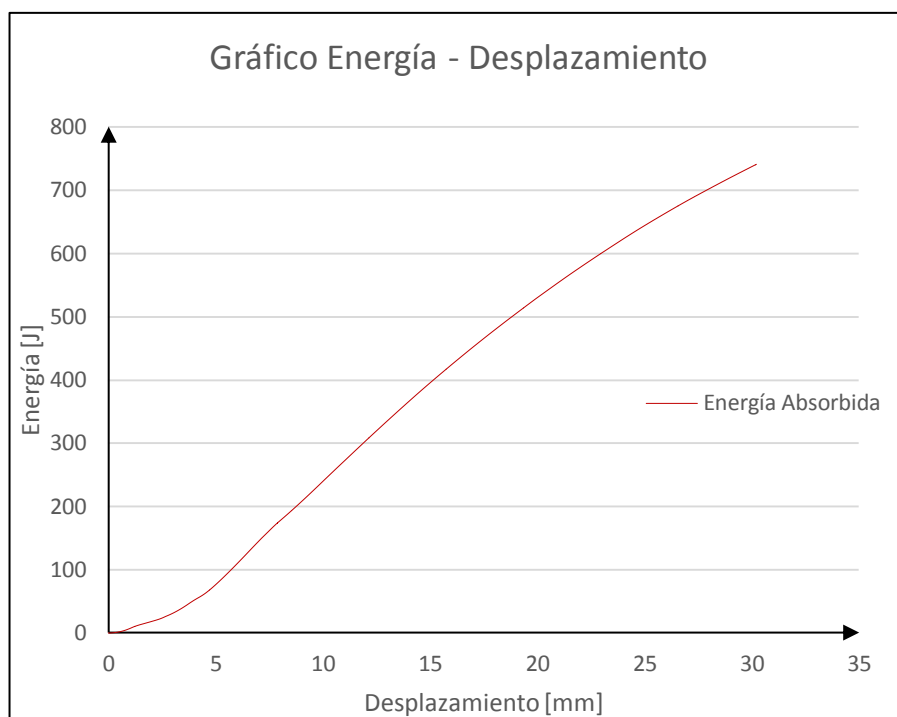
Carga Máxima
35.8650 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
6.6478

Gráfica 32: Gráfica Carga – Desplazamiento Panel 413



Gráfica 33: Gráfica Energía – Desplazamiento Panel 413



PANEL 421:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	421
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	23/06/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	47.72
Momento unitario	6.683
Energía [J] a los 25 [mm]	536.898
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	21.00	21,001	-294.8
5.0	34.17	34,166	-204.9
10.0	46.63	46,625	14.6
15.0	34.17	34,166	226.0
20.0	34.17	34,166	395.5
25.0	34.17	34,166	536.9
30.0	34.17	34,166	653.5
35.0	34.17	34,166	660.7

2. OBSERVACIONES

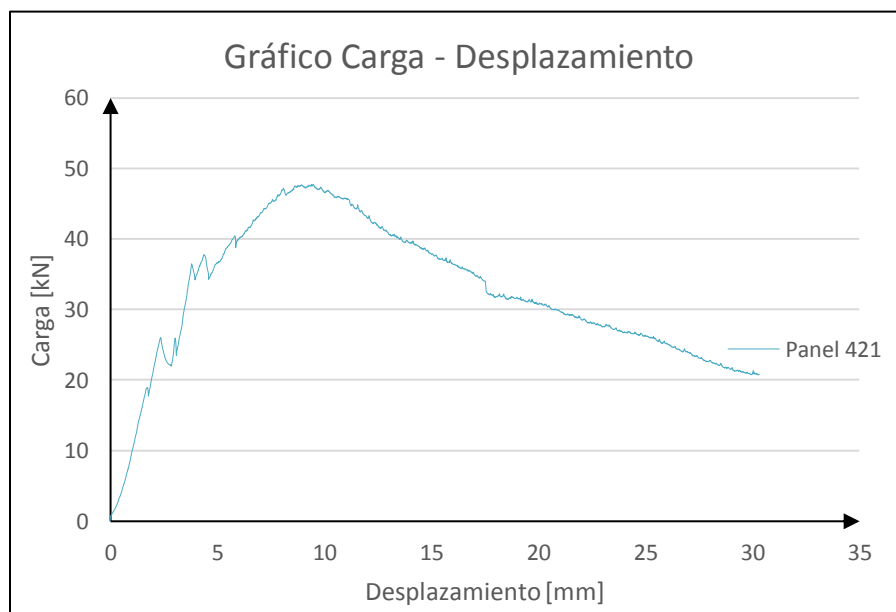
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
536.8983 [J]	

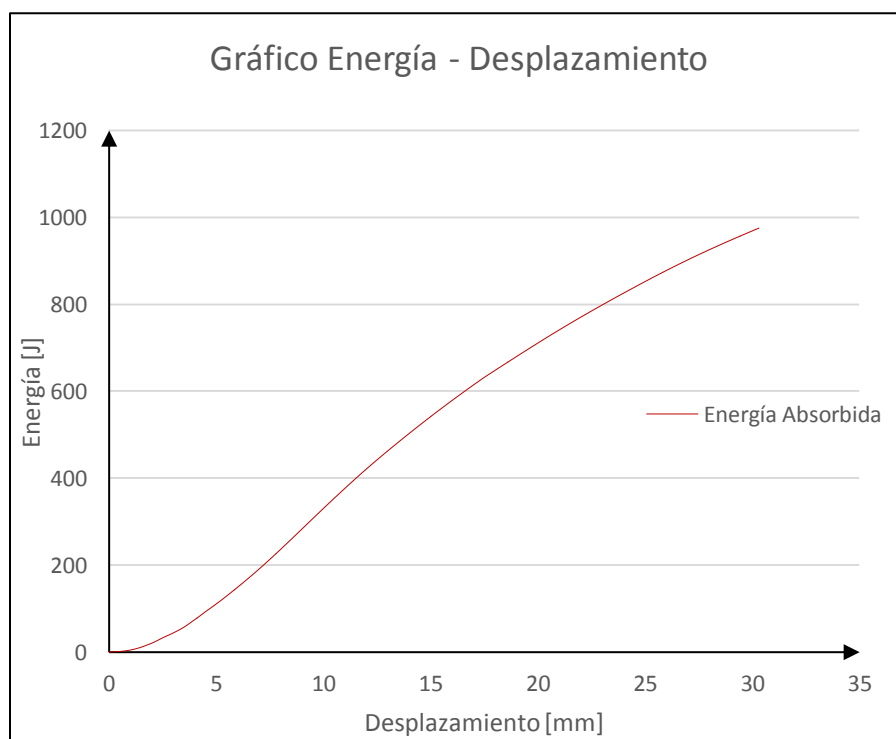
Carga Máxima
47.7230 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
9.4887

Gráfica 34: Gráfica Carga – Desplazamiento Panel 421



Gráfica 35: Gráfica Energía – Desplazamiento Panel 421



PANEL 422:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	422
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	30/06/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	49.70
Momento unitario	6.960
Energía [J] a los 25 [mm]	588.709
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	38.10	38,104	-247.0
5.0	46.87	46,872	-112.7
10.0	42.42	42,420	120.0
15.0	46.87	46,872	310.5
20.0	46.87	46,872	460.7
25.0	46.87	46,872	588.7
30.0	46.87	46,872	697.8
35.0	46.87	46,872	698.4

2. OBSERVACIONES

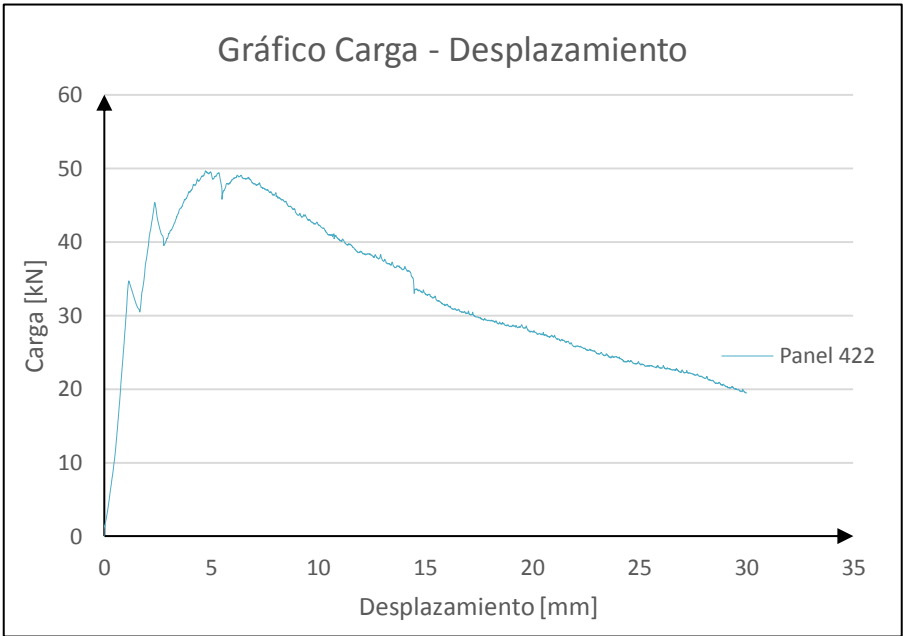
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
588.7089 [J]	

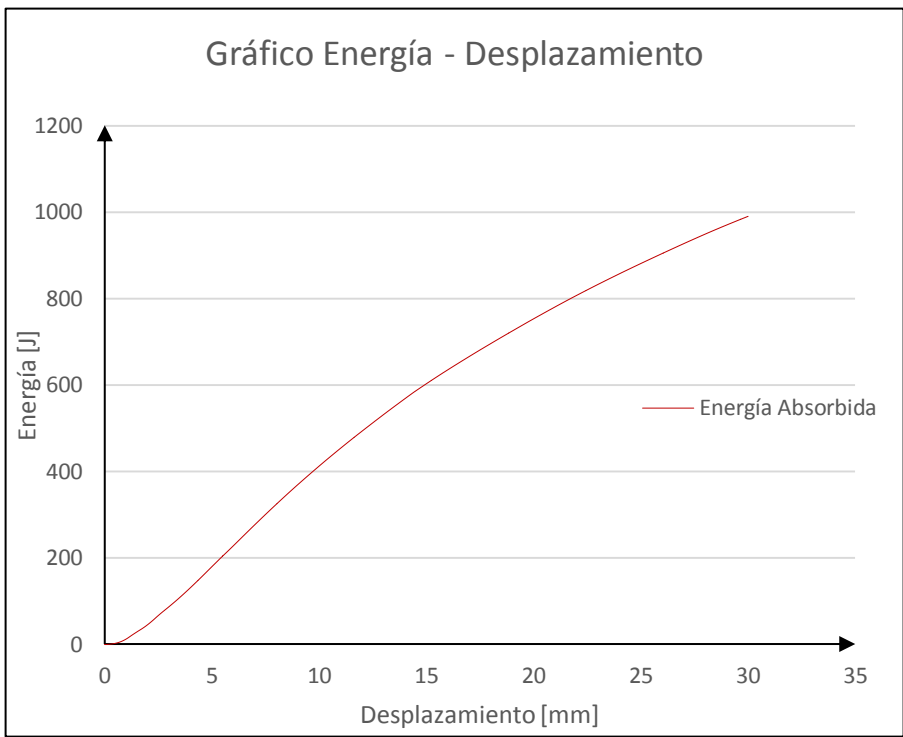
Carga Máxima
49.7010 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
4.7379

Gráfica 36: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 422



Gráfica 37: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 422



PANEL 423:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	423
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	4/07/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	48.52
Momento unitario	6.795
Energía [J] a los 25 [mm]	554.636
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	34.52	34,518	-155.3
5.0	43.93	43,929	-26.5
10.0	36.09	36,091	174.9
15.0	43.93	43,929	334.3
20.0	43.93	43,929	456.8
25.0	43.93	43,929	554.6
30.0	43.93	43,929	620.9
35.0	43.93	43,929	620.9

2. OBSERVACIONES

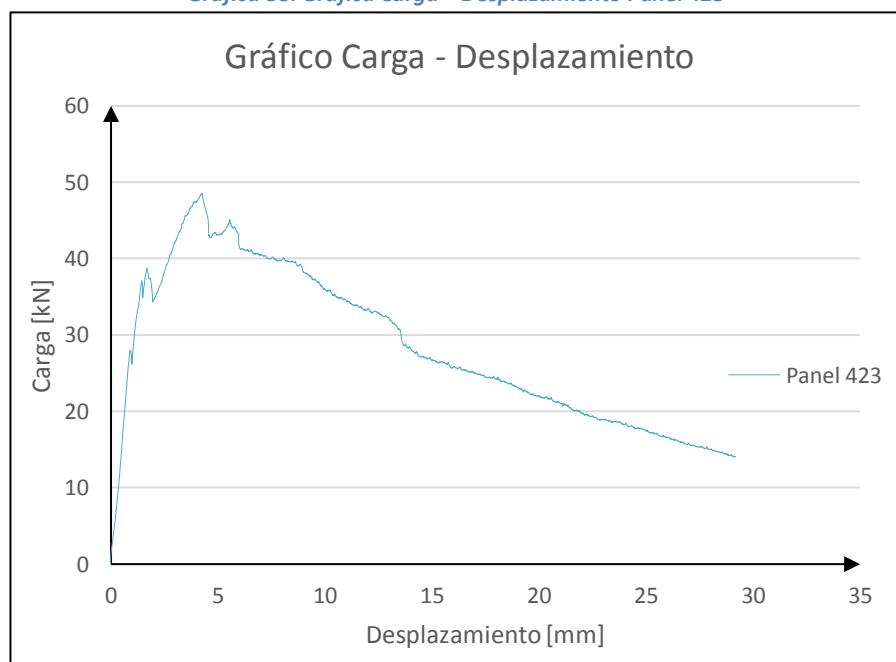
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
554.6356 [J]	

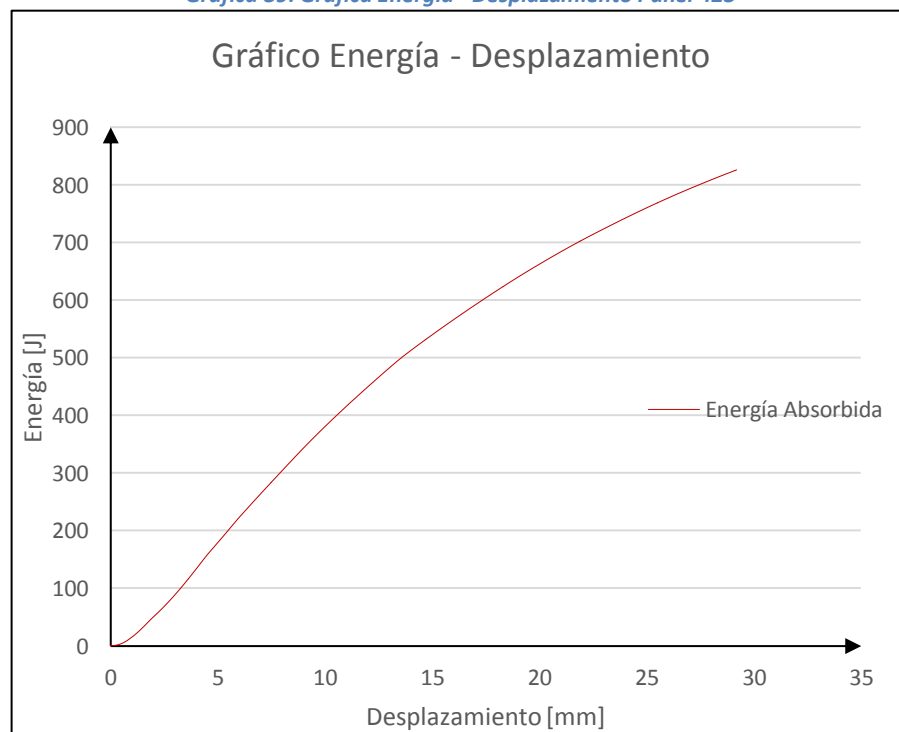
Carga Máxima
48.5170 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
4.2703

Gráfica 38: Gráfica Carga – Desplazamiento Panel 423



Gráfica 39: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 423



PANEL 611:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	611
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	24/06/2016
Edad de ensayo [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	36.88
Momento unitario	5.165
Energía [J] a los 25 [mm]	605.733
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	12.49	12,486	19.2
5.0	22.71	22,707	88.4
10.0	30.33	30,326	252.8
15.0	22.71	22,707	394.7
20.0	22.71	22,707	512.5
25.0	22.71	22,707	605.7
30.0	22.71	22,707	679.3
35.0	22.71	22,707	729.3

2. OBSERVACIONES

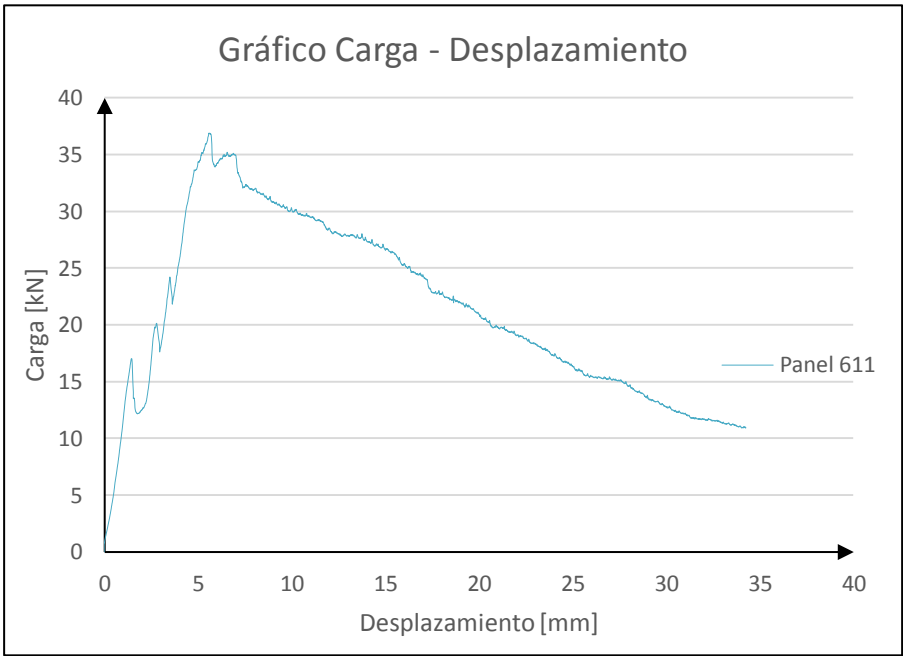
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
605.7329 [J]	

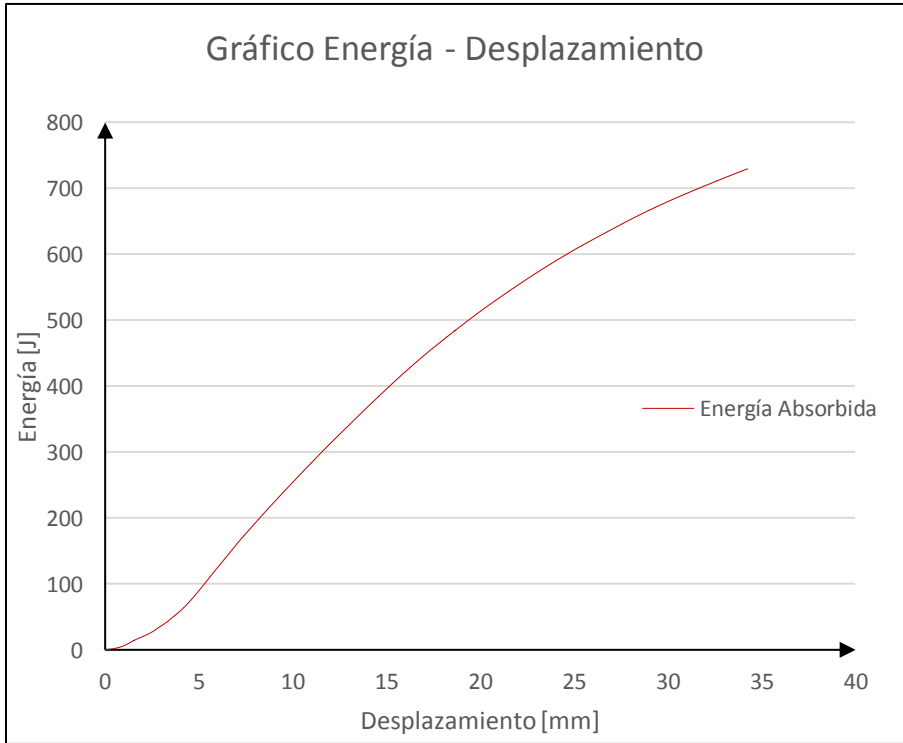
Carga Máxima
36.8830 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
5.5852

Gráfica 40: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 611



Gráfica 41: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 611



PANEL 612:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	612
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	4/07/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	38.94
Momento unitario	5.453
Energía [J] a los 25 [mm]	467.751
Clasificación	No Califica

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	27.45	27,446	-195.1
5.0	36.26	36,256	-89.6
10.0	33.23	33,231	88.2
15.0	36.26	36,256	240.7
20.0	36.26	36,256	365.0
25.0	36.26	36,256	467.8
30.0	36.26	36,256	489.5
35.0	36.26	36,256	489.5

2. OBSERVACIONES

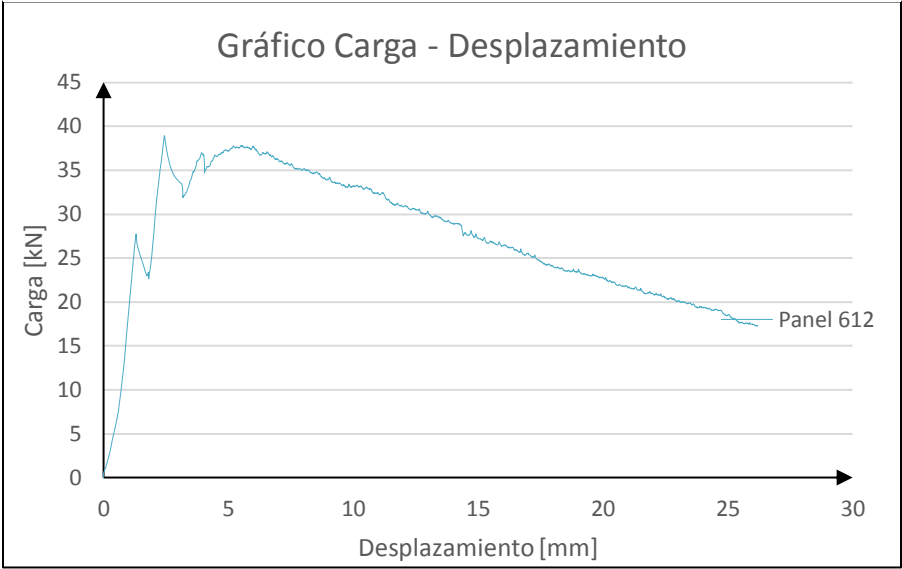
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
467.7505 [J]	

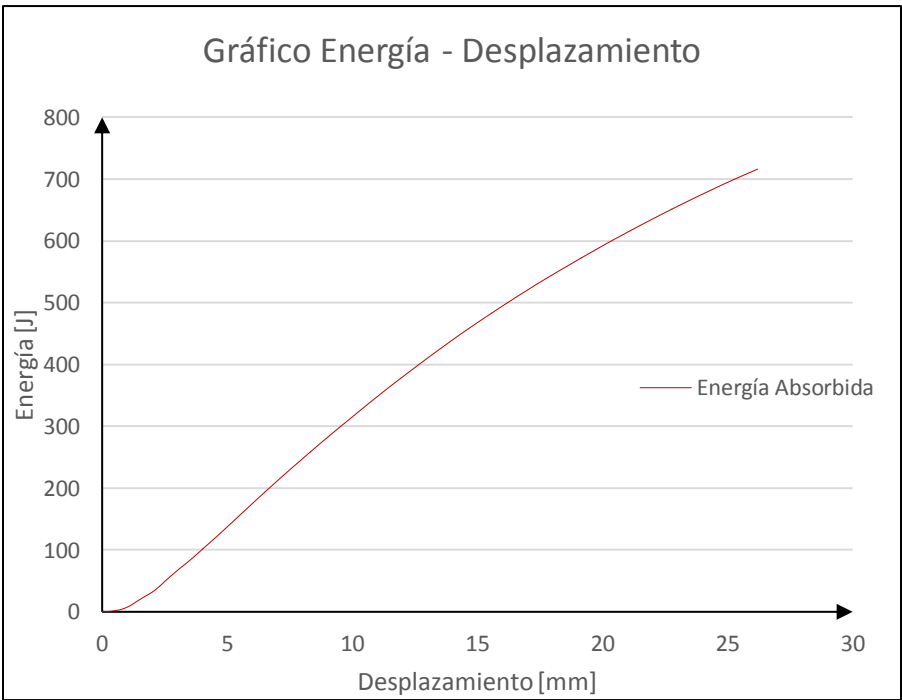
Carga Máxima
38.9360 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
2.437

Gráfica 42: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 612



Gráfica 43: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 612



PANEL 613:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	613
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	4/07/2016
Edad de ensayo [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	35.35
Momento unitario	4.951
Energía [J] a los 25 [mm]	434.663
Clasificación	No Califica

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	20.42	20,420	-100.3
5.0	30.54	30,537	-6.6
10.0	29.57	29,568	156.0
15.0	30.54	30,537	279.3
20.0	30.54	30,537	366.7
25.0	30.54	30,537	434.7
30.0	30.54	30,537	484.3
35.0	30.54	30,537	484.9

2. OBSERVACIONES

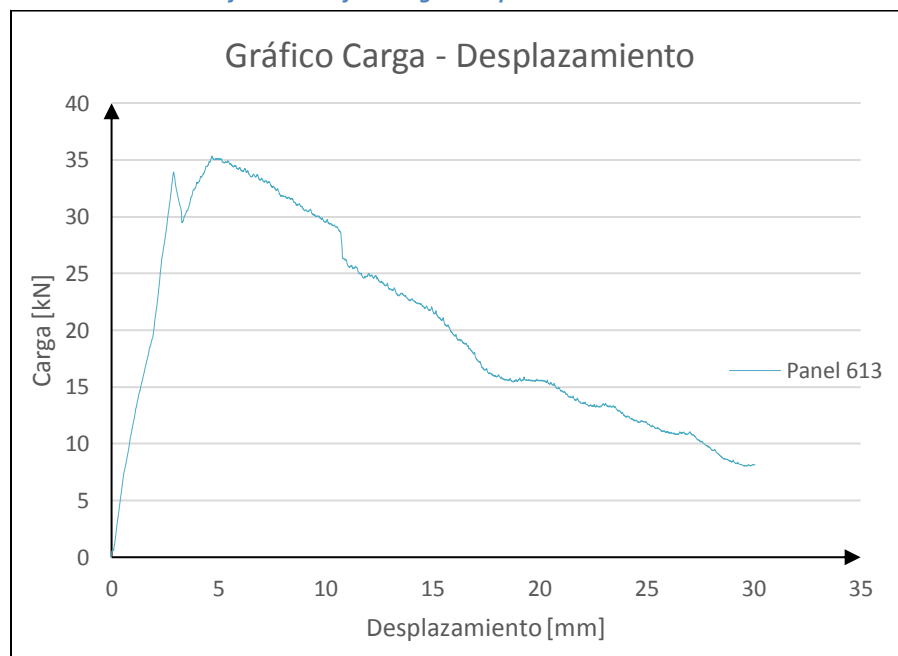
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
434.6632 [J]	

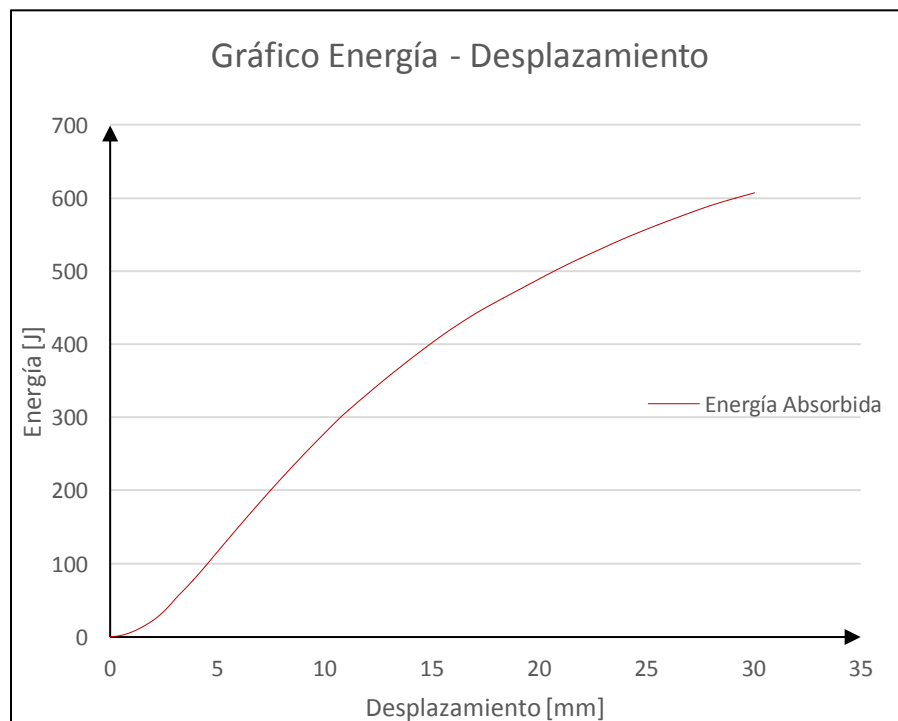
Carga Máxima
35.3520 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
4.6929

Gráfica 44: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 613



Gráfica 45: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 613



PANEL 621:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	621
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	24/06/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	36.78
Momento unitario	5.150
Energía [J] a los 25 [mm]	676.848
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	18.77	18,765	20.9
5.0	22.46	22,460	94.9
10.0	34.76	34,763	268.1
15.0	22.46	22,460	425.0
20.0	22.46	22,460	559.2
25.0	22.46	22,460	676.8
30.0	22.46	22,460	780.2
35.0	22.46	22,460	857.4

2. OBSERVACIONES

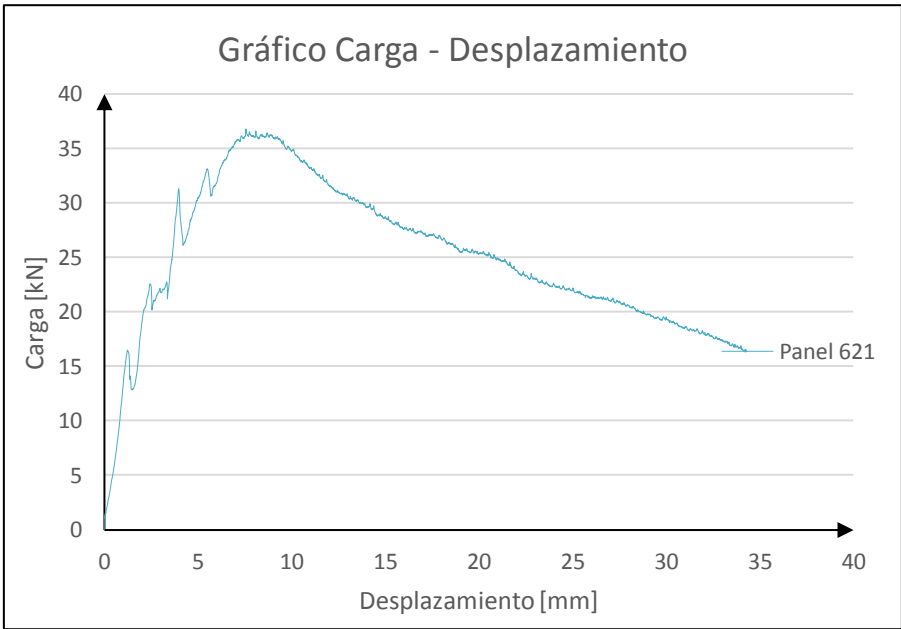
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
676.8481 [J]	

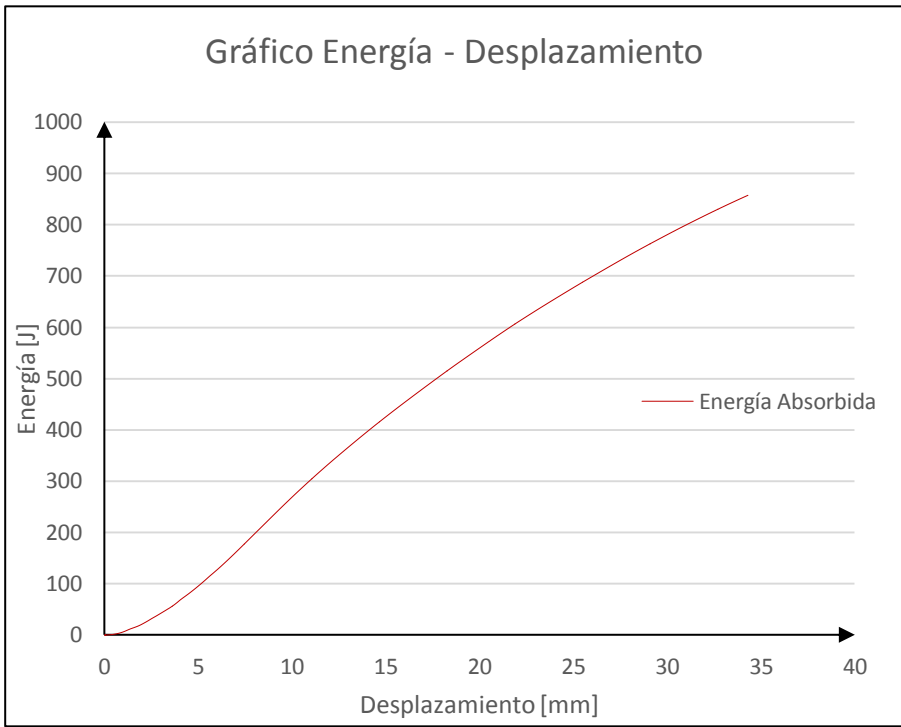
Carga Máxima
36.7770 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
7.5713

Gráfica 46: Gráfica Carga - Desplazamiento 621



Gráfica 47: Gráfica Energía – Desplazamiento Panel 621



PANEL 622:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	622
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	24/06/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	36.70
Momento unitario	5.139
Energía [J] a los 25 [mm]	454.935
Clasificación	No Califica

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	21.27	21,274	-215.1
5.0	30.03	30,034	-124.0
10.0	34.09	34,089	52.0
15.0	30.03	30,034	211.5
20.0	30.03	30,034	344.3
25.0	30.03	30,034	454.9
30.0	30.03	30,034	544.6
35.0	30.03	30,034	553.5

2. OBSERVACIONES

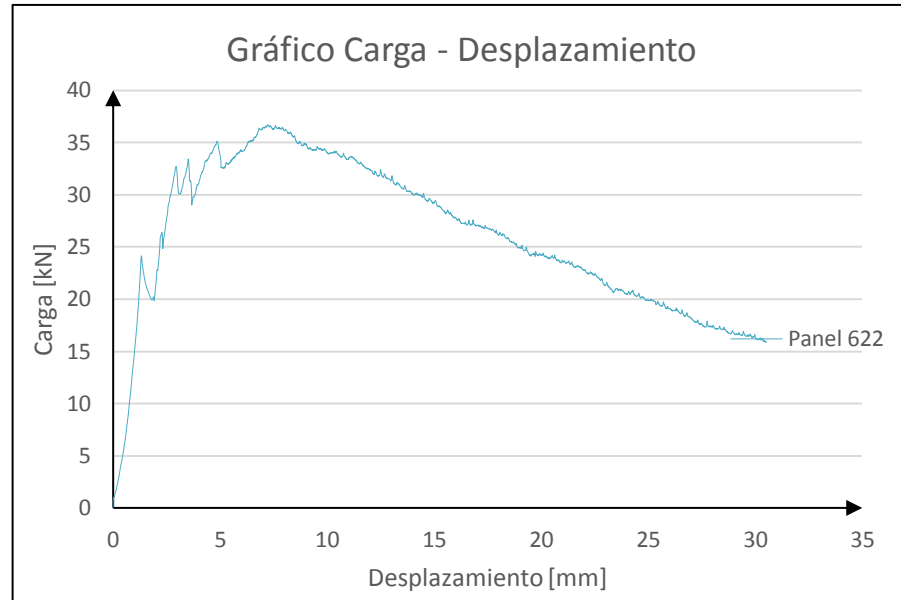
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
454.9347 [J]	

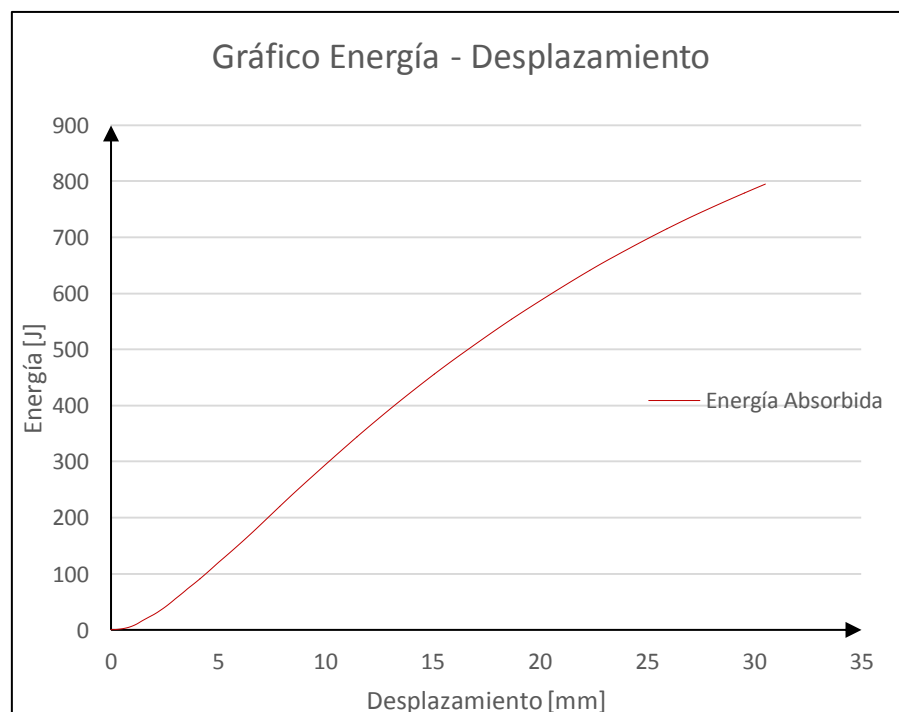
Carga Máxima
36.6980 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
7.2215

Gráfica 48: Gráfica Carga – Desplazamiento Panel 622



Gráfica 49: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 622



PANEL 623:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	623
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	4/07/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	58.98
Momento unitario	8.260
Energía [J] a los 25 [mm]	597.616
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	26.71	26,712	-296.3
5.0	51.38	51,379	-163.1
10.0	46.97	46,974	91.6
15.0	51.38	51,379	293.4
20.0	51.38	51,379	459.1
25.0	51.38	51,379	597.6
30.0	51.38	51,379	714.7
35.0	51.38	51,379	716.3

2. OBSERVACIONES

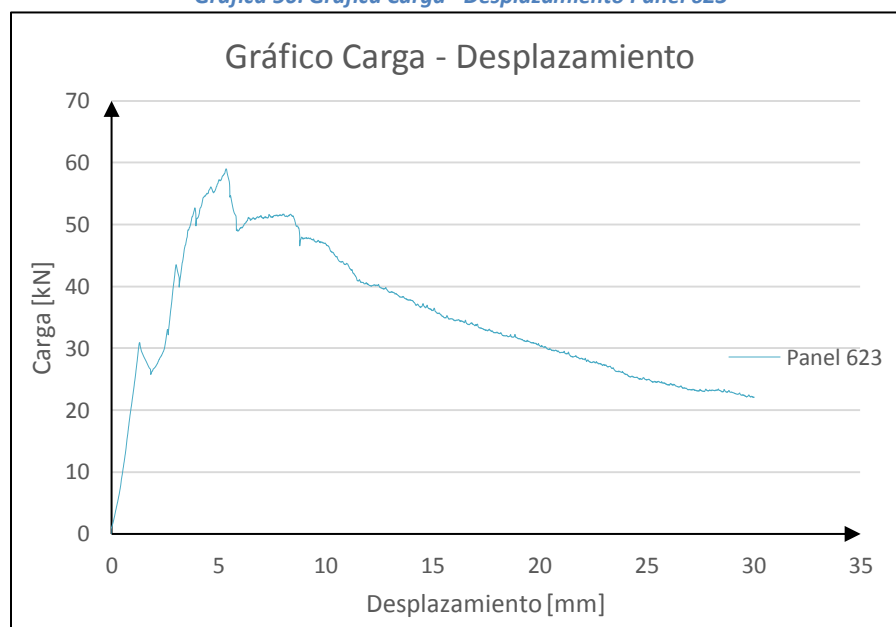
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
597.6162[J]	

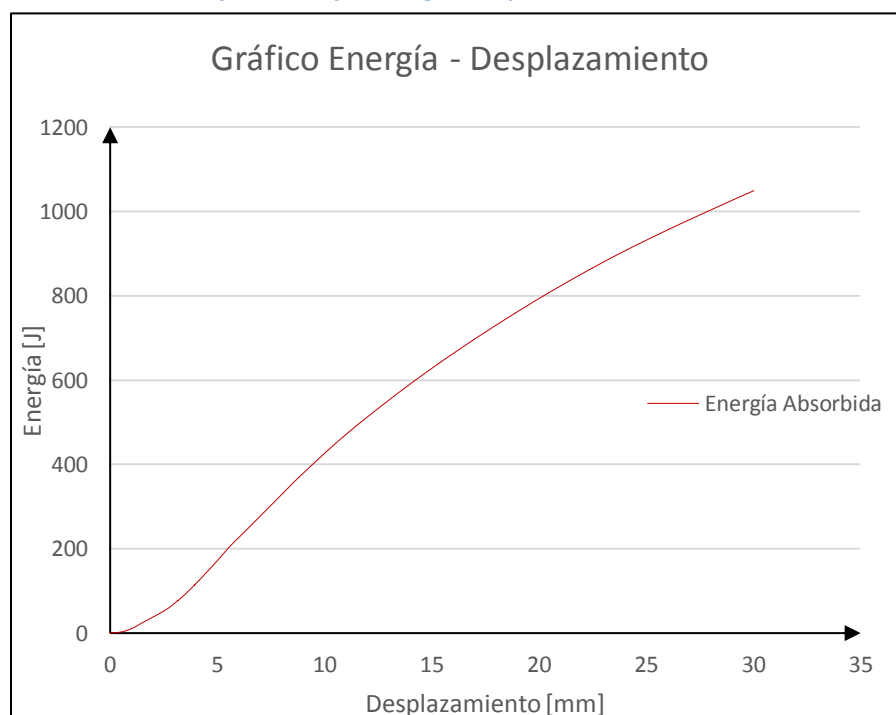
Carga Máxima
58.9810 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
5.3733

Gráfica 50: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 623



Gráfica 51: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 623



PANEL 641:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	641
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	17/08/2016
Edad de ensayo [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	65.35
Momento unitario	9.152
Energía [J] a los 25 [mm]	749.603
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	27.82	27,819	-254.6
5.0	52.52	52,516	-122.2
10.0	57.42	57,424	187.2
15.0	52.52	52,516	431.5
20.0	52.52	52,516	613.4
25.0	52.52	52,516	749.6
30.0	52.52	52,516	855.1
35.0	52.52	52,516	857.6

2. OBSERVACIONES

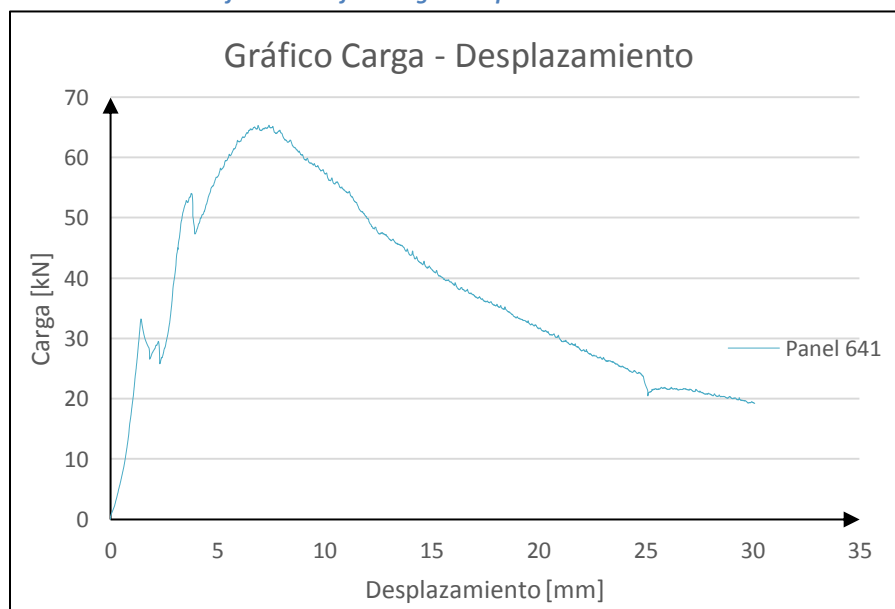
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
749.6028[J]	

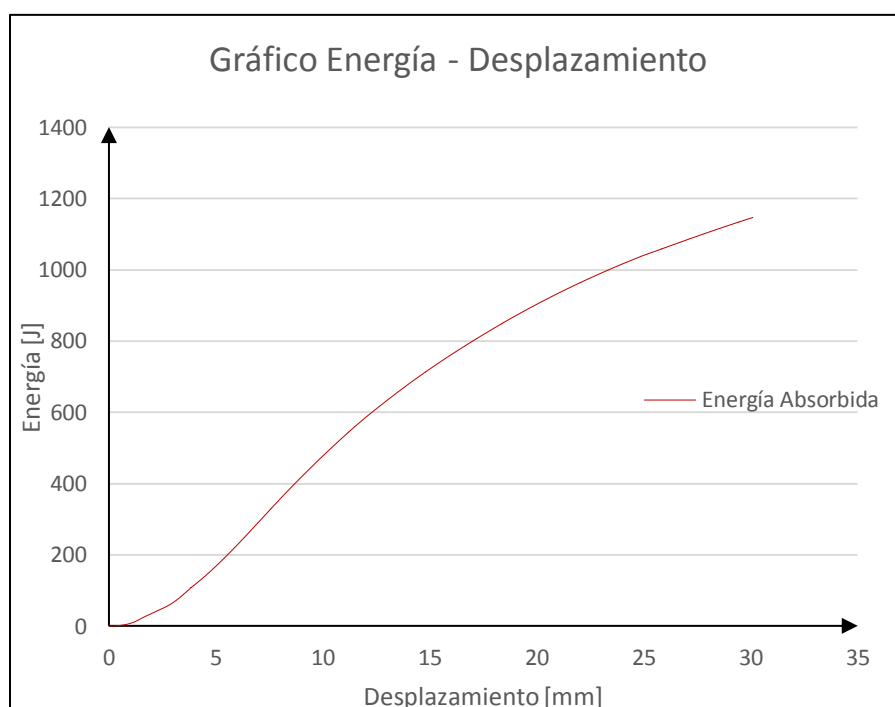
Carga Máxima
65.3530 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
7.4126

Gráfica 52: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 641



Gráfica 53: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 641



PANEL 642:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	642
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	19/08/2016
Edad de ensayo [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	72.00
Momento unitario	10.084
Energía [J] a los 25 [mm]	927.204
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	39.34	39,341	-206.9
5.0	59.90	59,898	-34.6
10.0	56.76	56,761	298.8
15.0	59.90	59,898	570.4
20.0	59.90	59,898	779.8
25.0	59.90	59,898	927.2
30.0	59.90	59,898	1027.3
35.0	59.90	59,898	1029.3

2. OBSERVACIONES

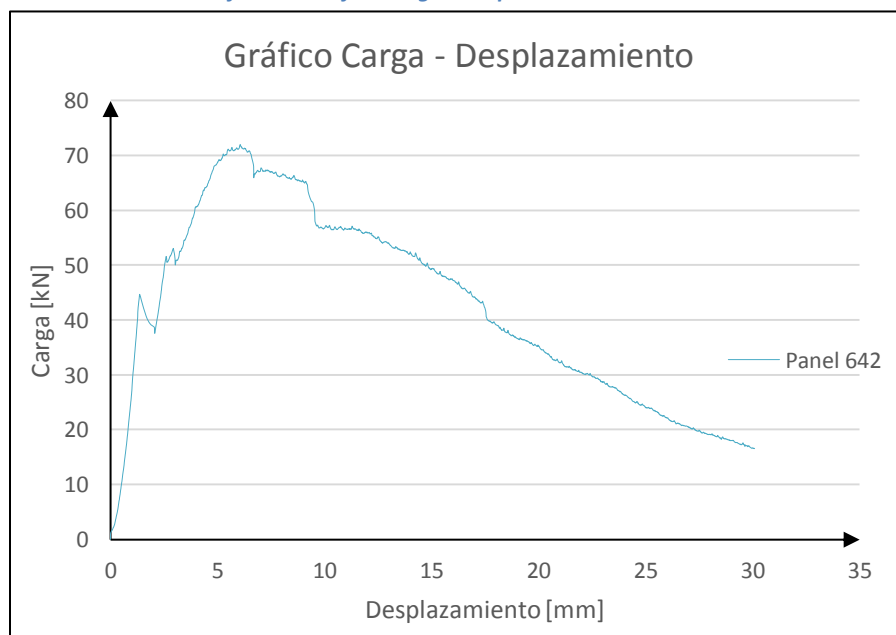
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
927.2042[J]	

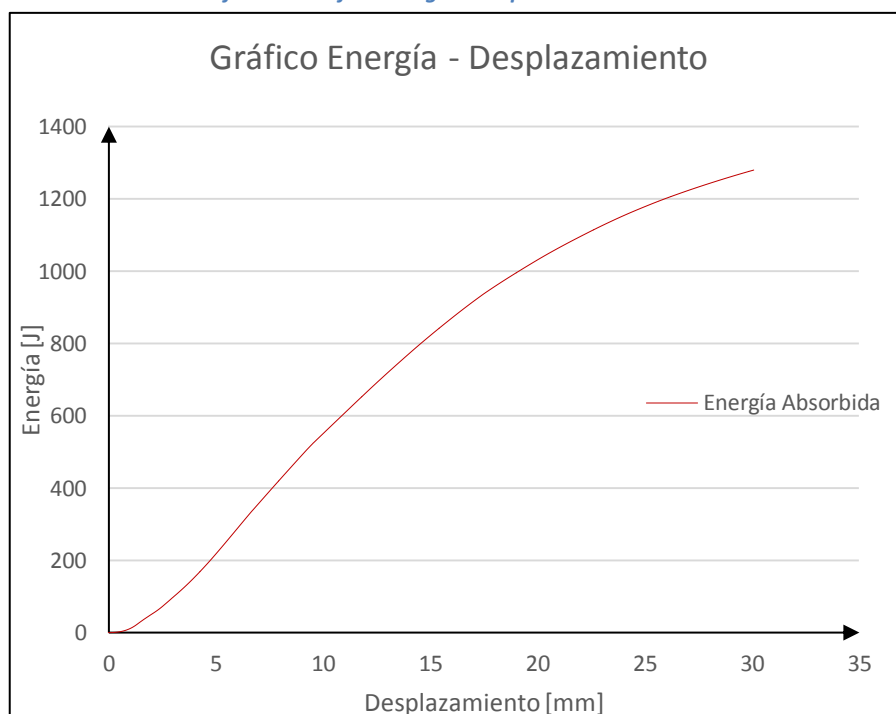
Carga Máxima
72.0040 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
6.064

Gráfica 54: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 642



Gráfica 55: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 642



PANEL 651:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	651
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	17/08/2016
Edad de ensayo [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	64.50
Momento unitario	9.033
Energía [J] a los 25 [mm]	816.180
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	36.77	36,772	-360.8
5.0	54.20	54,199	-209.2
10.0	63.73	63,726	99.8
15.0	54.20	54,199	388.6
20.0	54.20	54,199	627.8
25.0	54.20	54,199	816.2
30.0	54.20	54,199	969.0
35.0	54.20	54,199	972.7

2. OBSERVACIONES

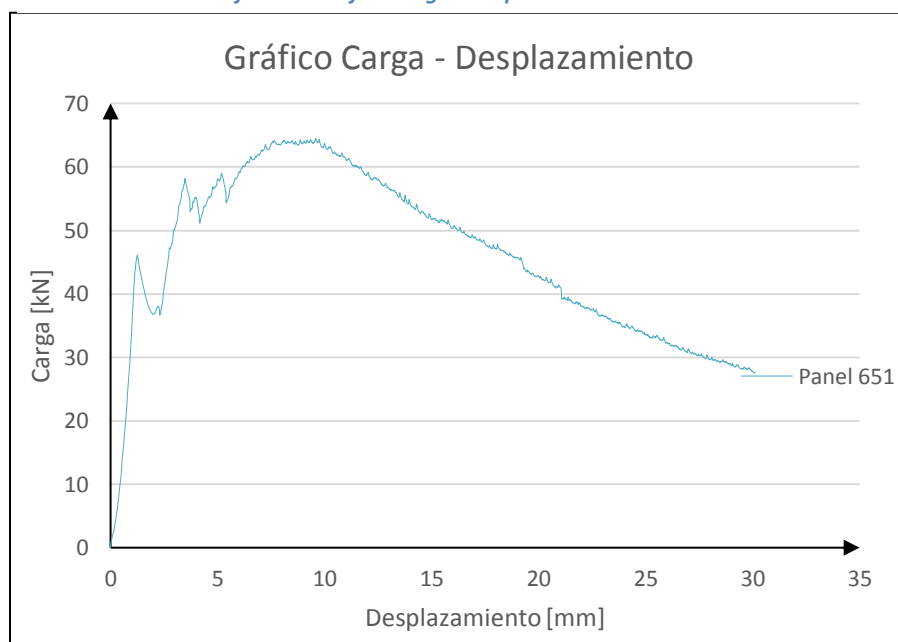
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
816.1796[J]	

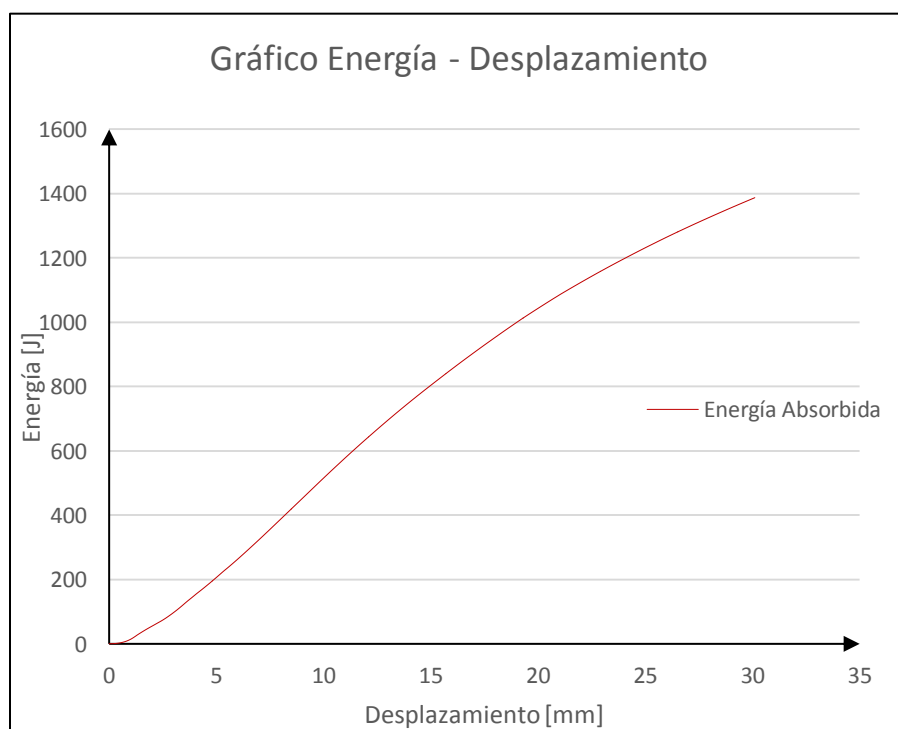
Carga Máxima
64.5030 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
9.5844

Gráfica 56: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 651



Gráfica 57: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 651



PANEL 811:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	811
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	23/06/2016
Edad de ensayo [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	79.22
Momento unitario	11.095
Energía [J] a los 25 [mm]	921.510
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	31.21	31,211	-407.1
5.0	59.58	59,577	-260.0
10.0	68.82	68,819	111.0
15.0	59.58	59,577	441.1
20.0	59.58	59,577	710.3
25.0	59.58	59,577	921.5
30.0	59.58	59,577	1084.2
35.0	59.58	59,577	1087.5

2. OBSERVACIONES

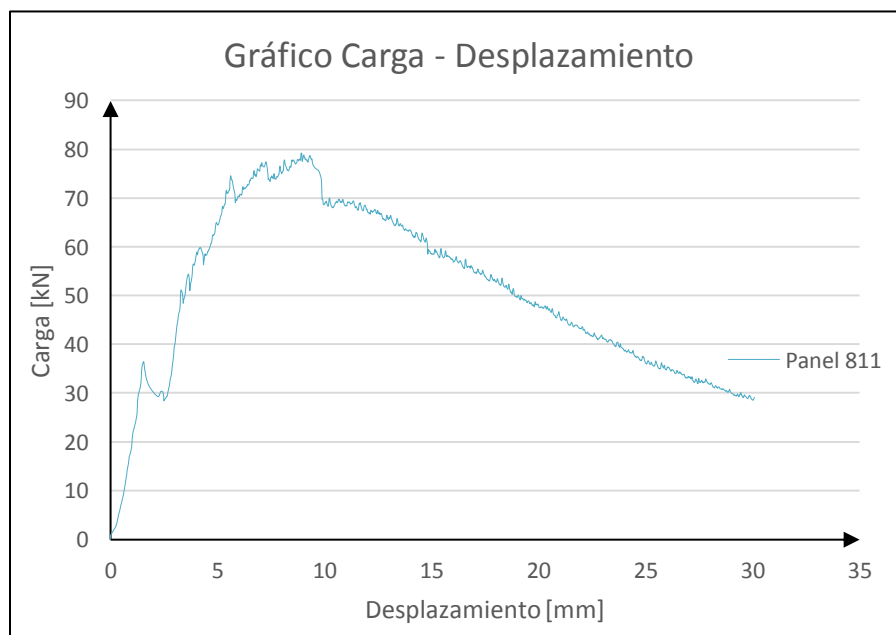
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
921.5098[J]	

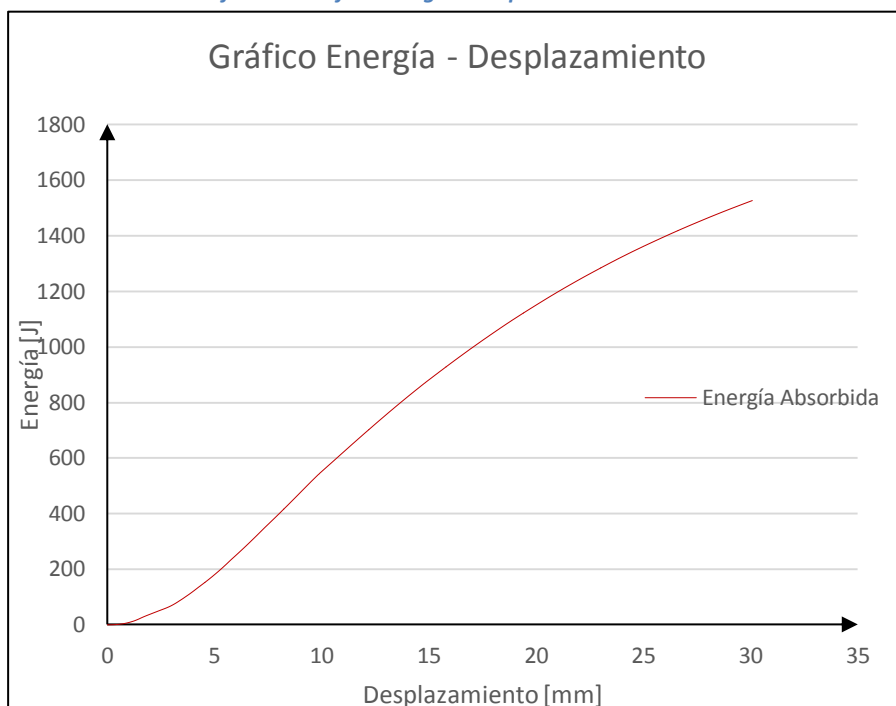
Carga Máxima
79.2210 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
8.912

Gráfica 58: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 811



Gráfica 59: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 811



PANEL 812:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	812
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	28/06/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	60.46
Momento unitario	8.468
Energía [J] a los 25 [mm]	685.531
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	33.44	33,439	-356.7
5.0	45.56	45,564	-213.0
10.0	53.33	53,329	69.8
15.0	45.56	45,564	315.6
20.0	45.56	45,564	517.1
25.0	45.56	45,564	685.5
30.0	45.56	45,564	827.5
35.0	45.56	45,564	837.4

2. OBSERVACIONES

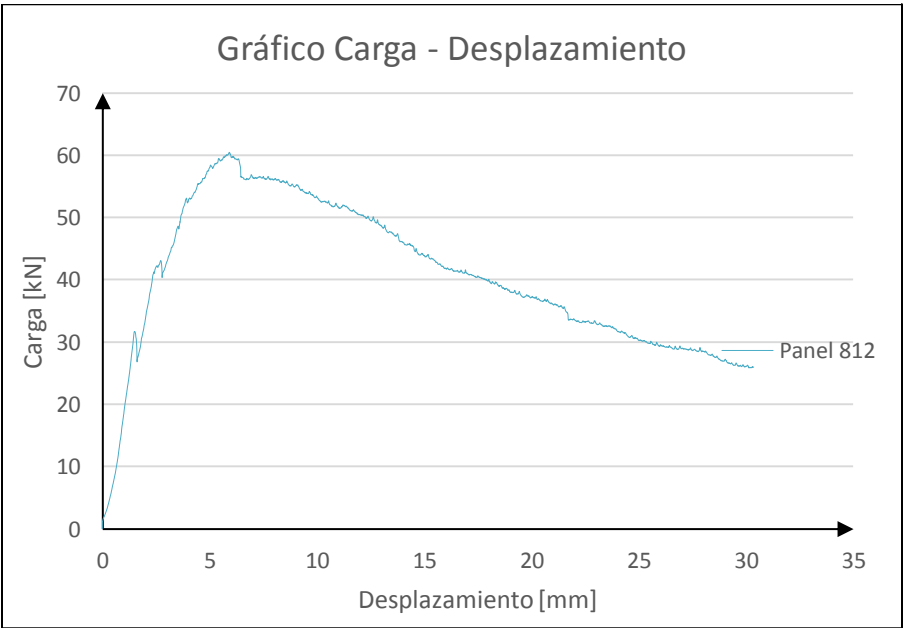
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
685.5307[J]	

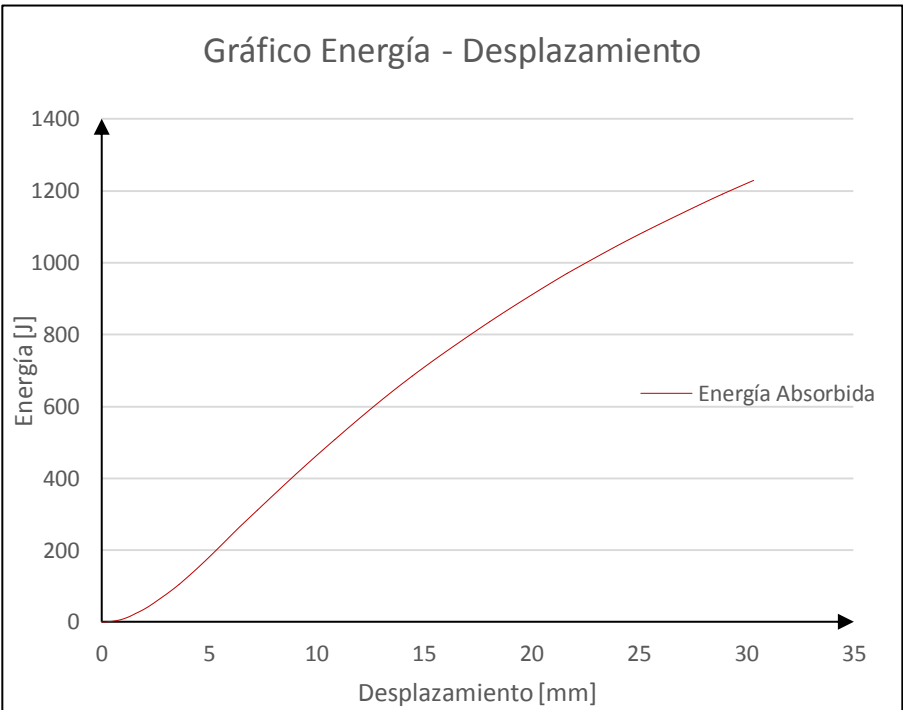
Carga Máxima
60.4630 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
5.9174

Gráfica 60: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 812



Gráfica 61: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 812



PANEL 813:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	813
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	28/06/2016
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	60.80
Momento unitario	8.515
Energía [J] a los 25 [mm]	725.896
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	42.79	42,793	-236.0
5.0	49.74	49,744	-84.9
10.0	48.70	48,702	191.6
15.0	49.74	49,744	415.4
20.0	49.74	49,744	588.3
25.0	49.74	49,744	725.9
30.0	49.74	49,744	833.4
35.0	49.74	49,744	837.9

2. OBSERVACIONES

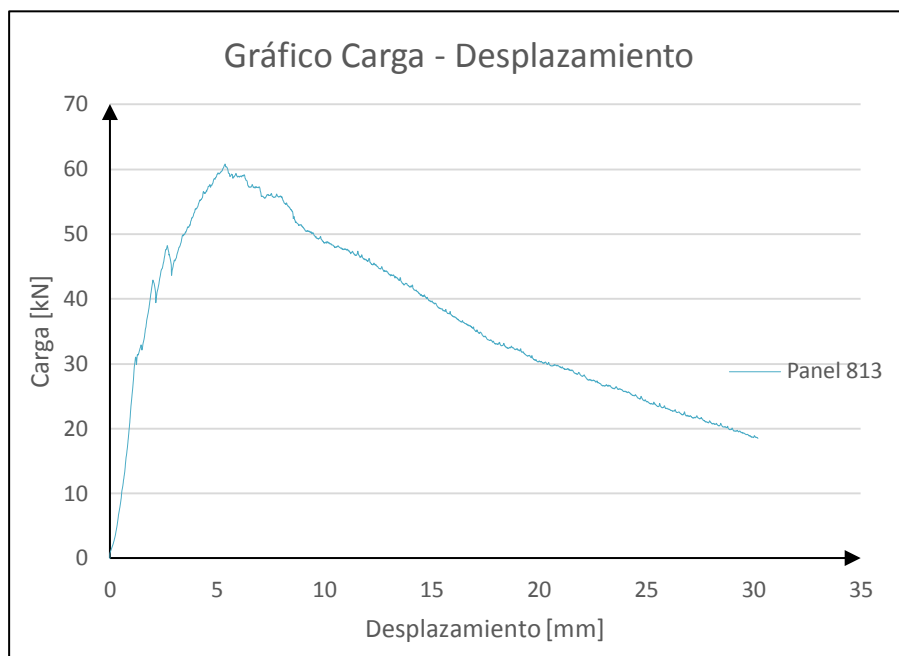
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
725.8956[J]	

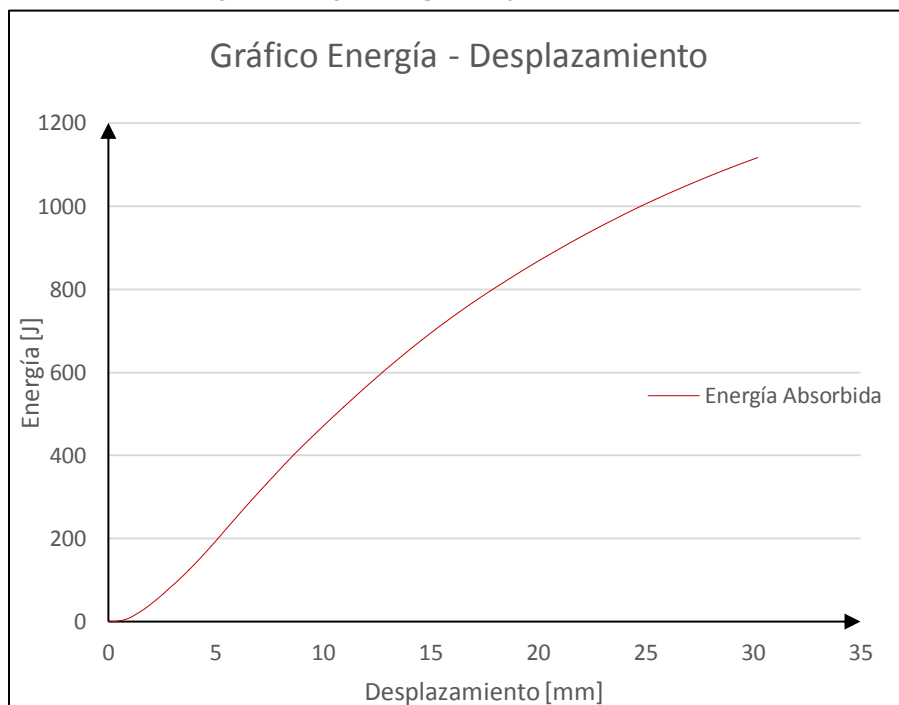
Carga Máxima
60.8030 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
5.3712

Gráfica 62: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 813



Gráfica 63: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 813



PANEL 821:

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa Nº	821
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	6/07/2016
Edad de ensayo [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	69.00
Momento unitario	9.662
Energía [J] a los 25 [mm]	773.010
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	20.72	20,724	-417.1
5.0	33.51	33,514	-317.0
10.0	67.91	67,912	-1.4
15.0	33.51	33,514	319.0
20.0	33.51	33,514	571.5
25.0	33.51	33,514	773.0
30.0	33.51	33,514	937.3
35.0	33.51	33,514	944.6

2. OBSERVACIONES

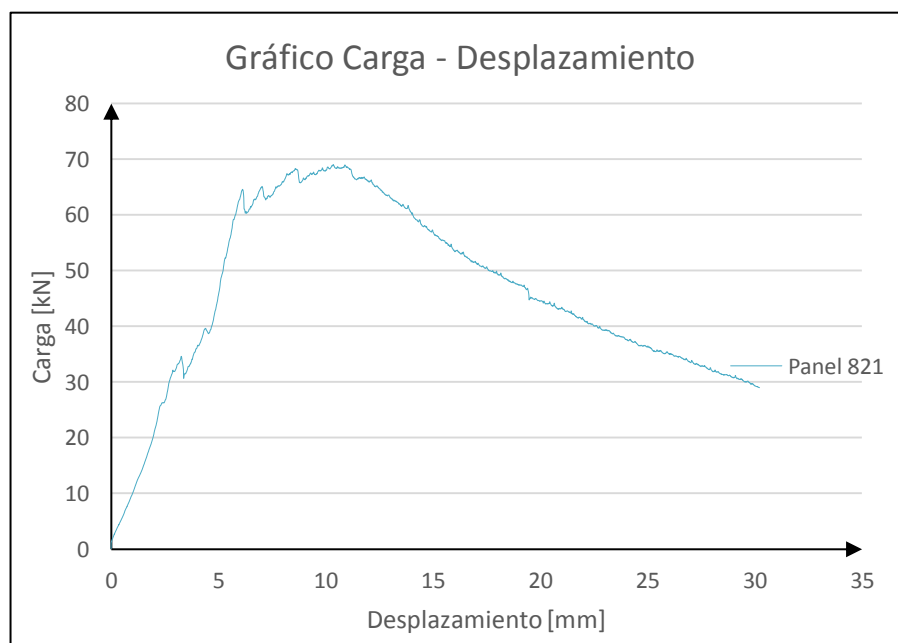
Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
773.0104[J]	

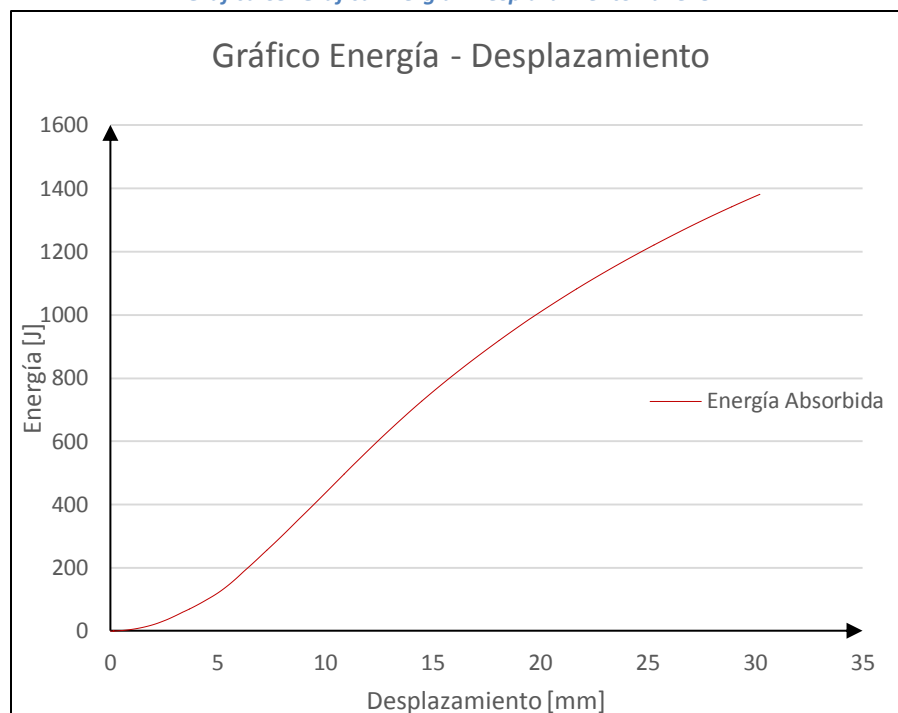
Carga Máxima
68.9950 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
10.3526

Gráfica 64: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 821



Gráfica 65: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 821



Resultados de Ensayos de Paneles, CON PERNO DE ANCLAJE EMBEBIDO:

PANEL 6041

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	6041
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	6/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	37.86
Momento unitario	5.302
Energía [J] a los 25 [mm]	502.801
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	23.60	23,599	44.2
5.0	35.44	35,436	128.3
10.0	24.40	24,397	273.8
15.0	17.02	17,024	392.6
20.0	11.46	11,459	464.6
25.0	4.86	4,855	502.8
30.0	2.74	2,737	512.8
35.0	0.55	554	529.2

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

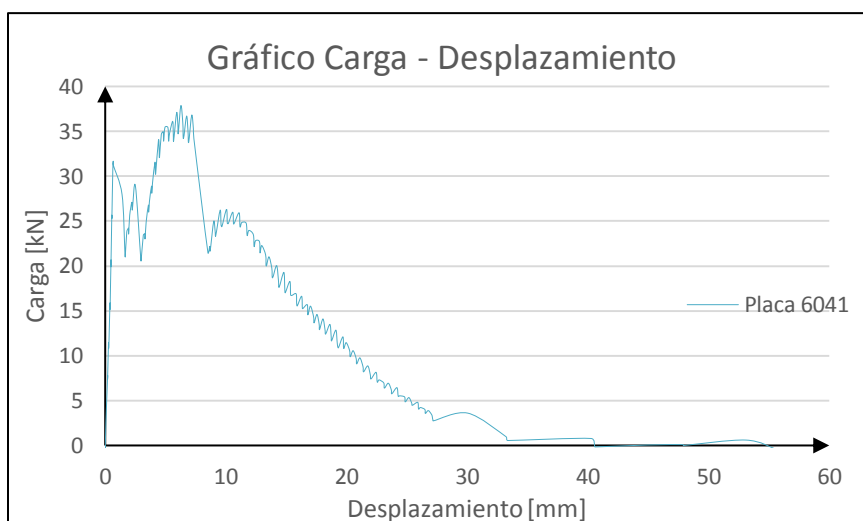
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
502.8011 [J]	

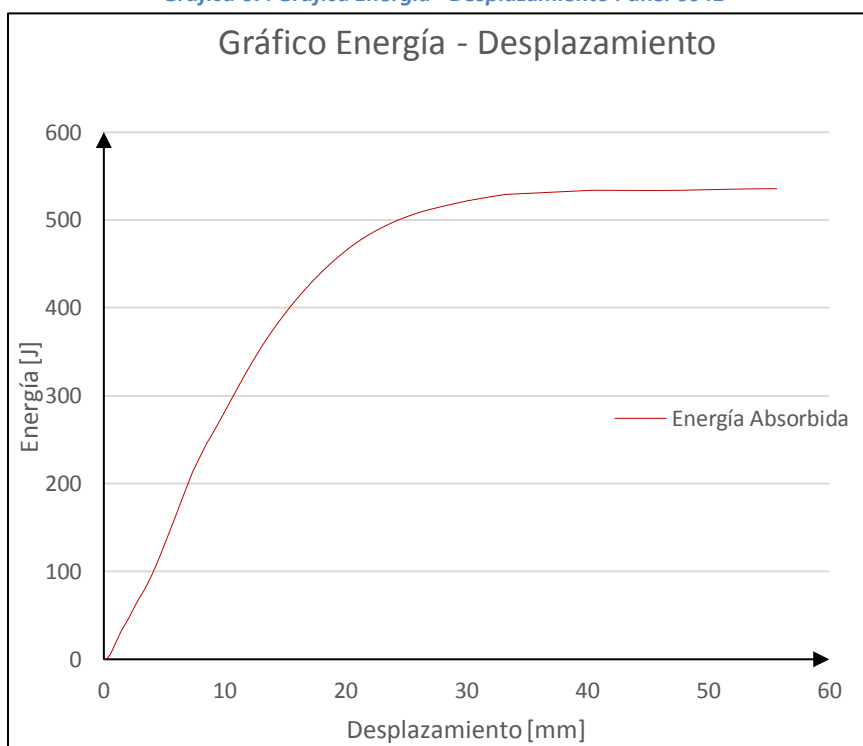
Carga Máxima
37.8582 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
6.2828

Gráfica 66: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 6041

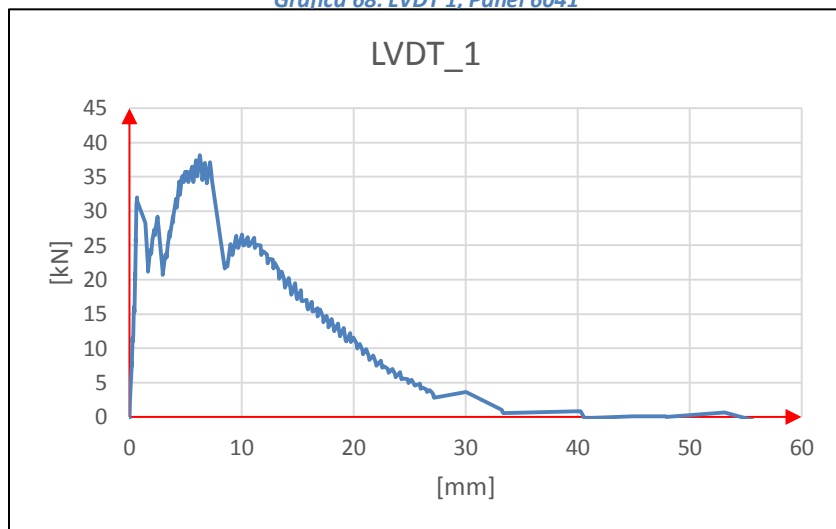


Gráfica 67: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 6041

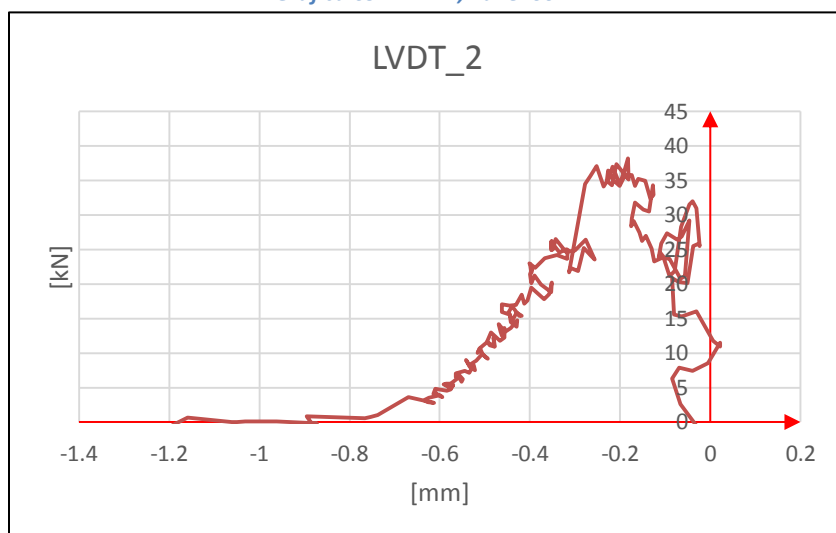


Resultados LVDT:

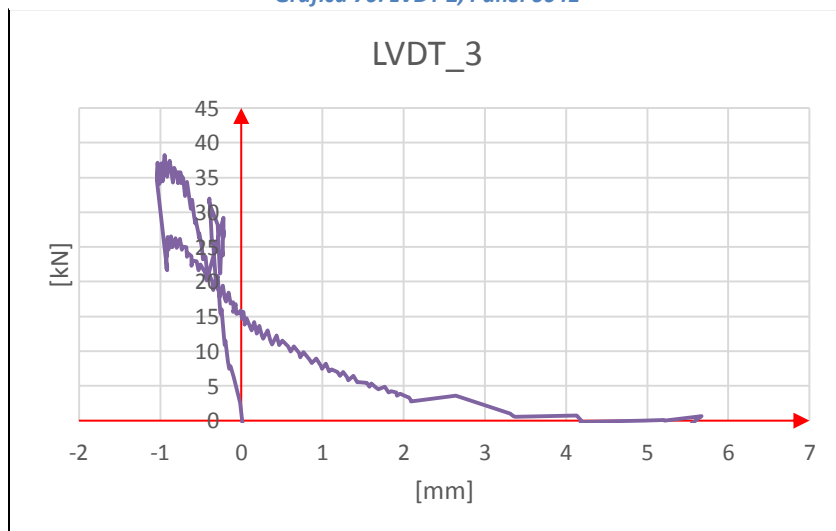
Gráfica 68: LVDT 1, Panel 6041



Gráfica 69: LVDT 2, Panel 6041



Gráfica 70: LVDT 2, Panel 6041



PANEL 6042

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	6042
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	6/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	36.97
Momento unitario	5.178
Energía [J] a los 25 [mm]	432.033
Clasificación	No Califica

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	11.66	11,664	23.3
5.0	33.92	33,923	106.1
10.0	24.74	24,744	262.6
15.0	13.53	13,529	355.4
20.0	6.96	6,961	407.6
25.0	3.38	3,378	432.0
30.0	4.36	4,357	438.9
35.0	0.82	823	455.7

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
432.0326 [J]	

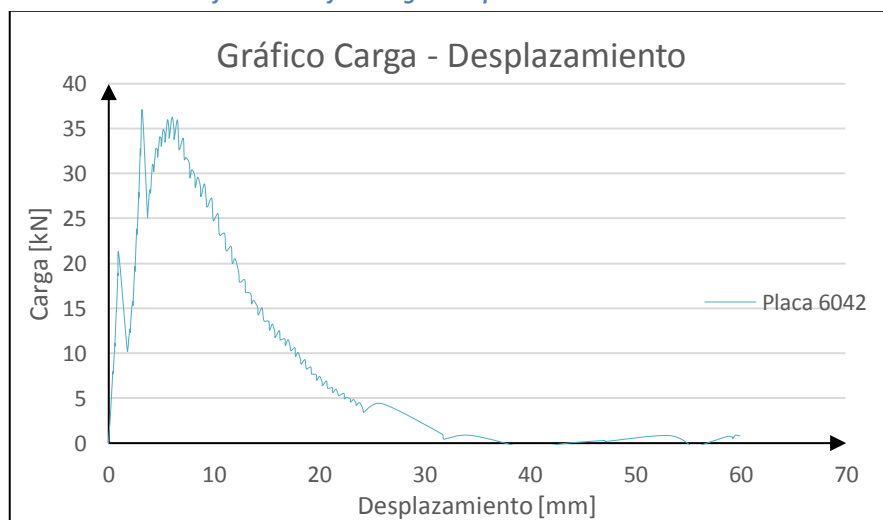
Carga Máxima

36.9713 [kN]

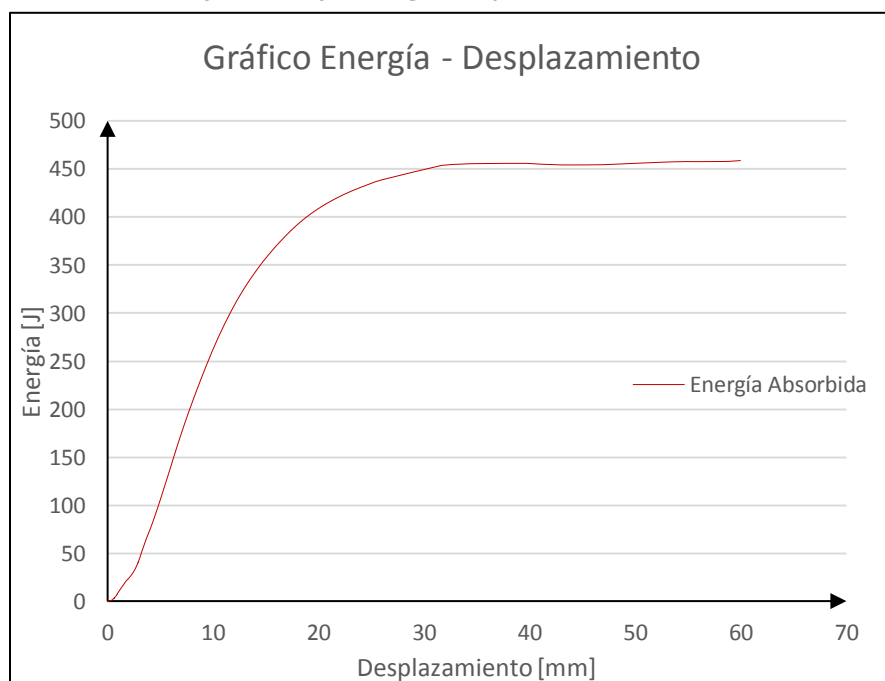
Deformación a Máxima Carga [mm]

3.2125

Gráfica 71: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 6042

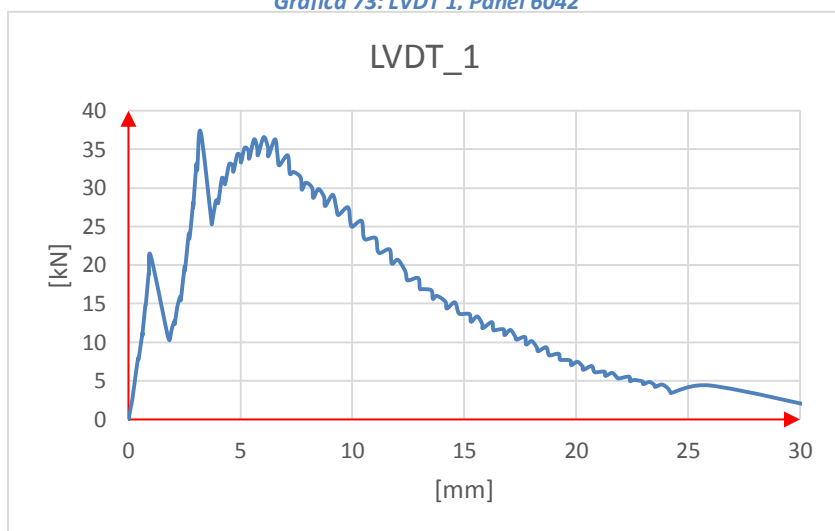


Gráfica 72: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 6042

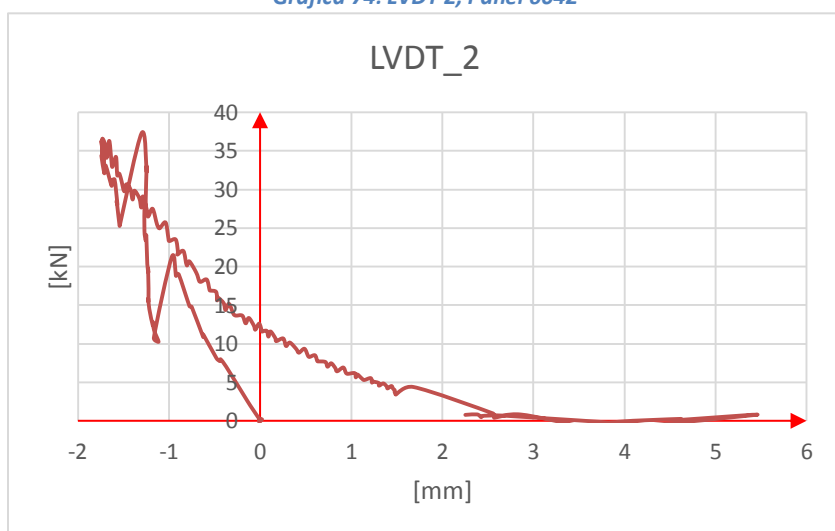


Resultados LVDT:

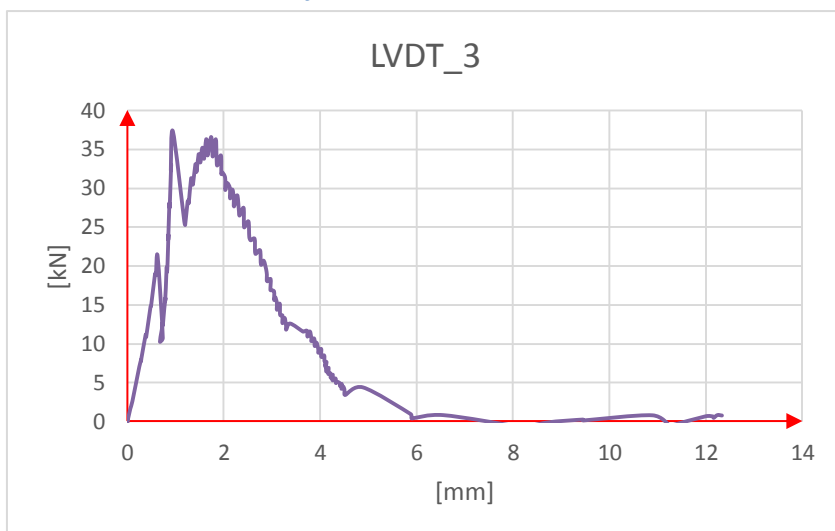
Gráfica 73: LVDT 1, Panel 6042



Gráfica 74: LVDT 2, Panel 6042



Gráfica 75: LVDT 3, Panel 6042



PANEL 6043

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	6043
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	6/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	39.07
Momento unitario	5.472
Energía [J] a los 25 [mm]	420.559
Clasificación	No Califica

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	36.69	36,689	36.8
5.0	35.35	35,347	139.5
10.0	20.06	20,060	280.9
15.0	12.28	12,280	364.1
20.0	5.24	5,241	403.8
25.0	1.55	1,552	420.6
30.0	0.96	958	425.7
35.0	-0.73	-731	426.3

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

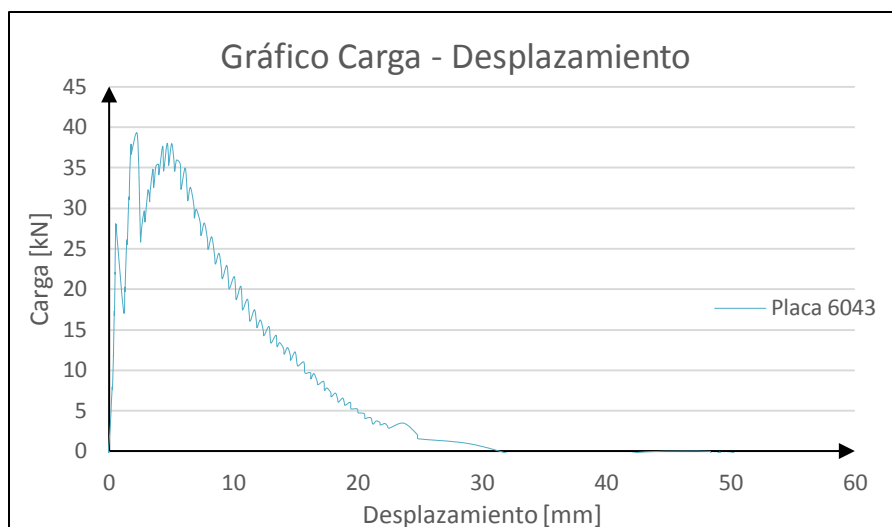
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
420.5587 [J]	

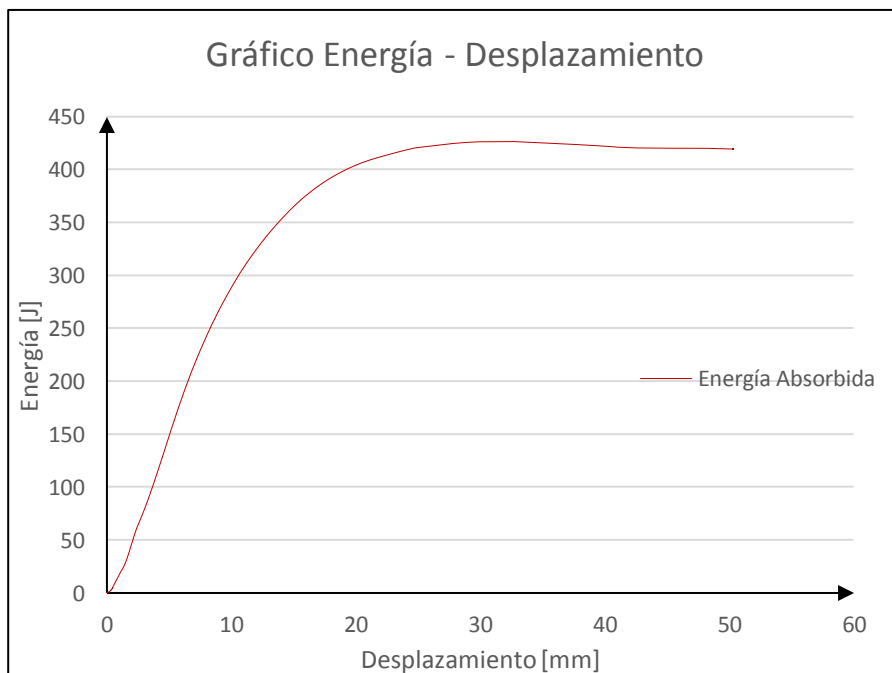
Carga Máxima
39.0709 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
2.2639

Gráfica 76: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 6043

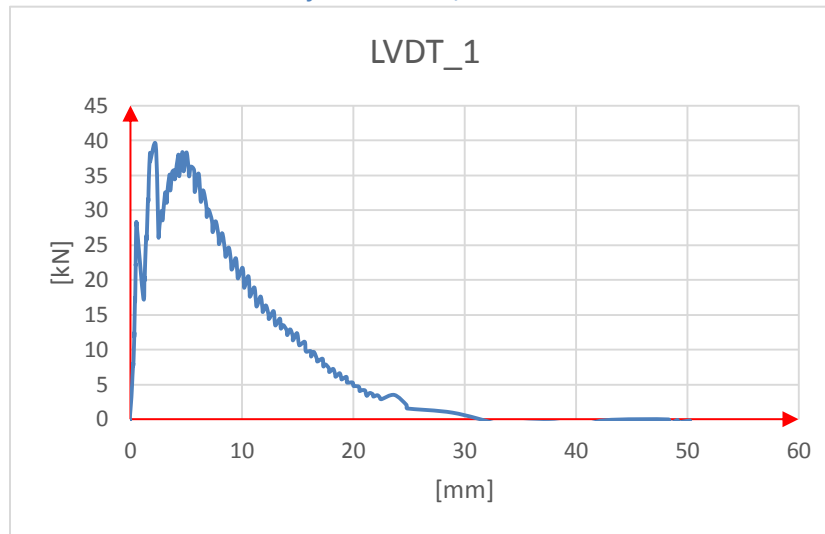


Gráfica 77: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 6043

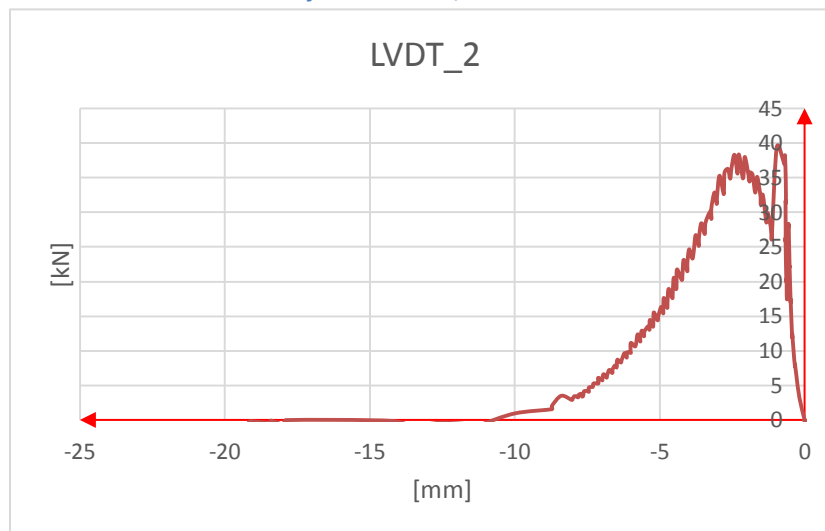


Resultados LVDT:

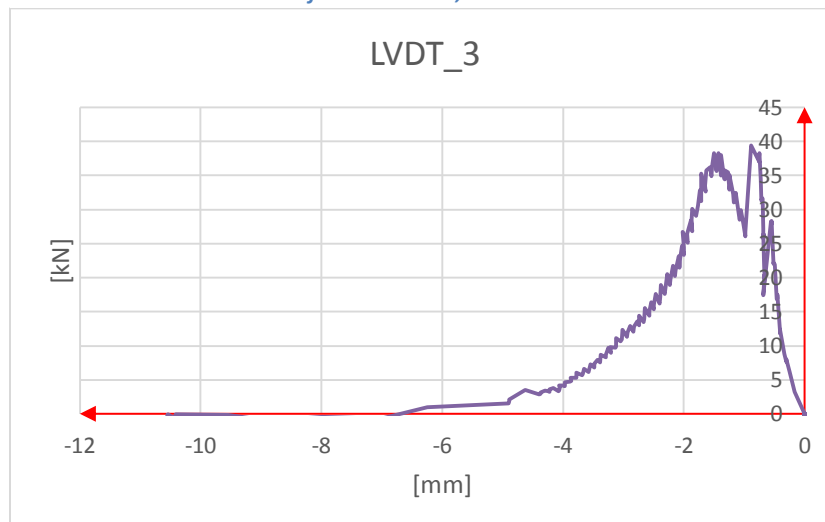
Gráfica 78: LVDT 1, Panel 6043



Gráfica 79: LVDT 2, Panel 6043



Gráfica 80: LVDT 3, Panel 6043



PANEL 6061

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	6061
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	4/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	54.01
Momento unitario	7.564
Energía [J] a los 25 [mm]	724.834
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	26.51	26,507	37.0
5.0	53.09	53,087	157.6
10.0	36.69	36,694	400.7
15.0	22.94	22,937	553.1
20.0	16.28	16,284	655.4
25.0	11.58	11,576	724.8
30.0	9.02	9,024	775.8
35.0	8.22	8,218	821.6

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

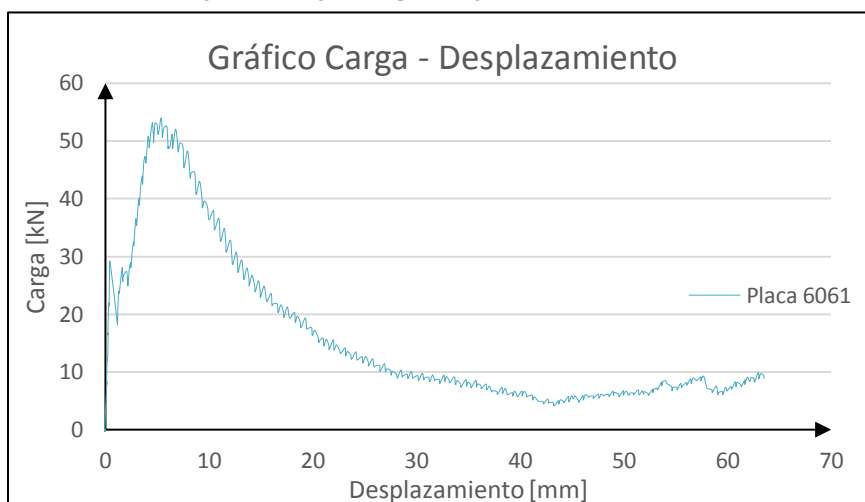
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
724.8337 [J]	

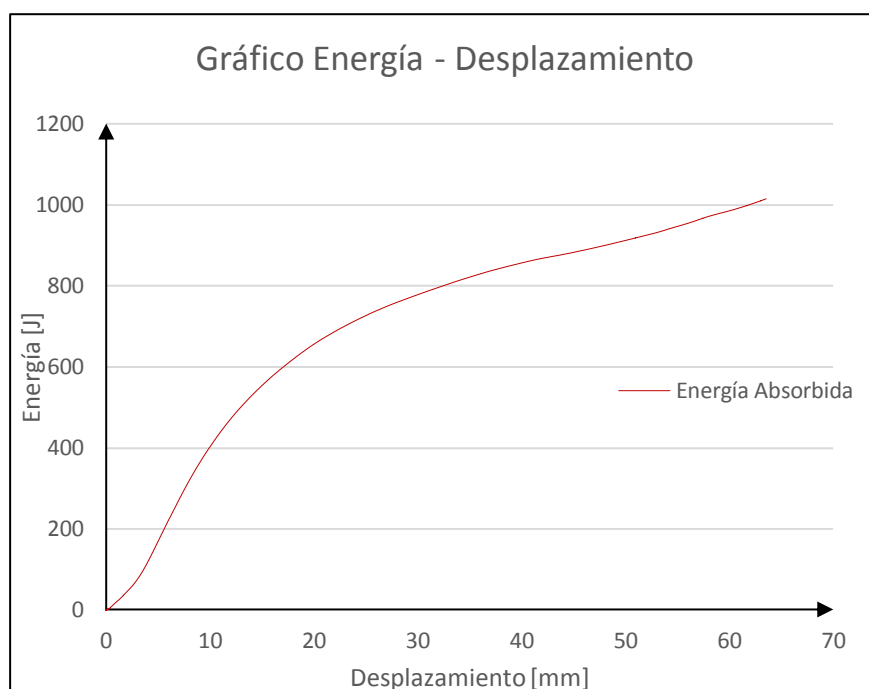
Carga Máxima
54.0135 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
5.3958

Gráfica 81: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 6061

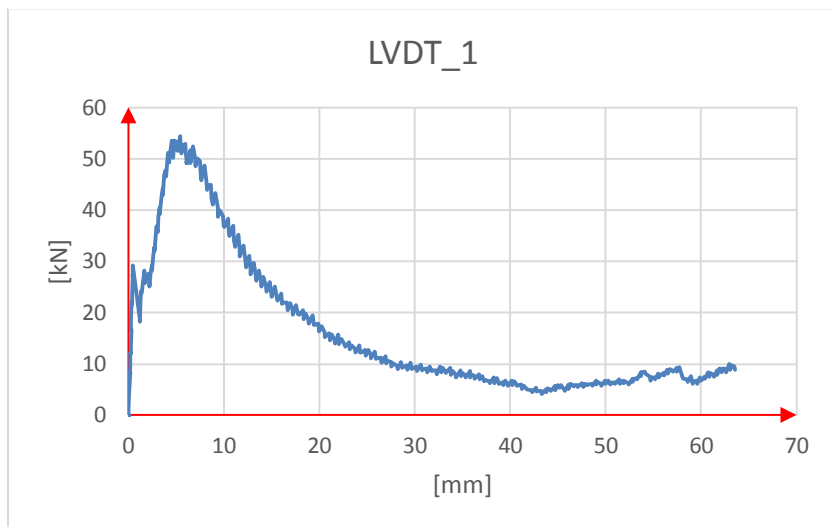


Gráfica 82: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 6061

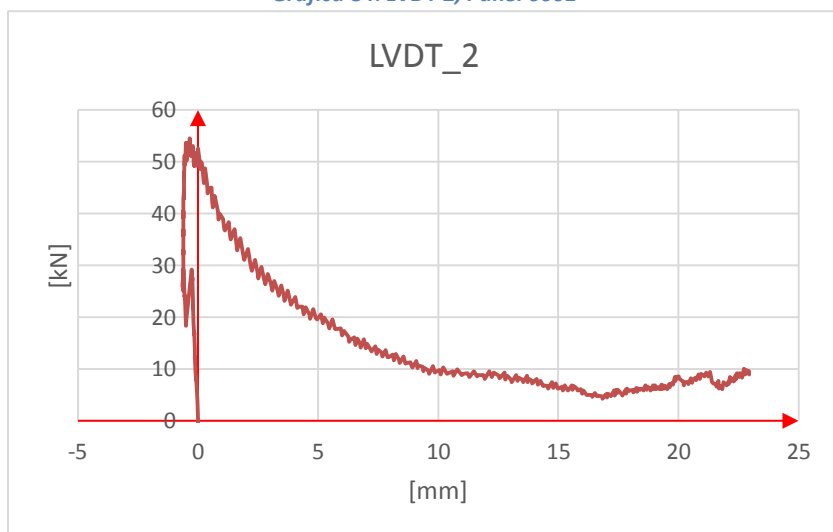


Resultados LVDT:

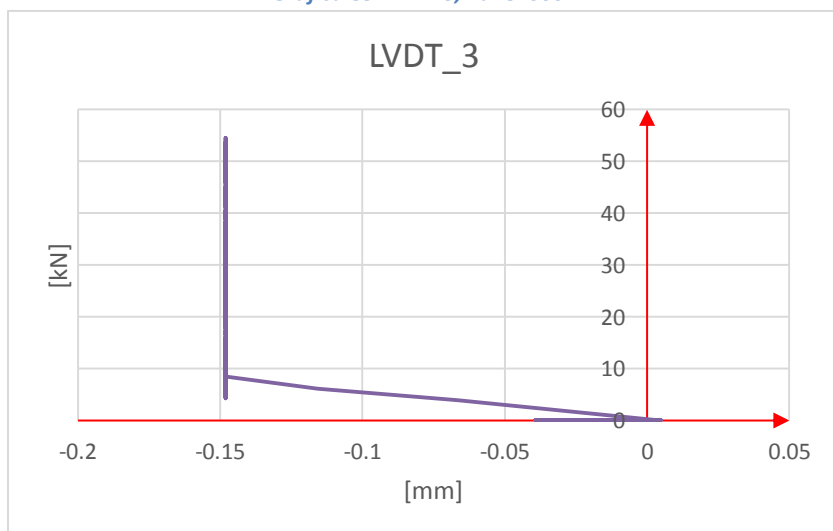
Gráfica 83: LVDT 1, Panel 6061



Gráfica 84: LVDT 2, Panel 6061



Gráfica 85: LVDT 3, Panel 6061



PANEL 6062

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	6062
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	6/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	79.34
Momento unitario	11.111
Energía [J] a los 25 [mm]	1020.987
Clasificación	Clase C

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	51.42	51,421	63.0
5.0	75.89	75,890	274.9
10.0	48.81	48,807	591.7
15.0	31.36	31,360	799.8
20.0	20.16	20,162	930.5
25.0	14.74	14,744	1021.0
30.0	8.86	8,865	1080.8
35.0	6.02	6,020	1117.1

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

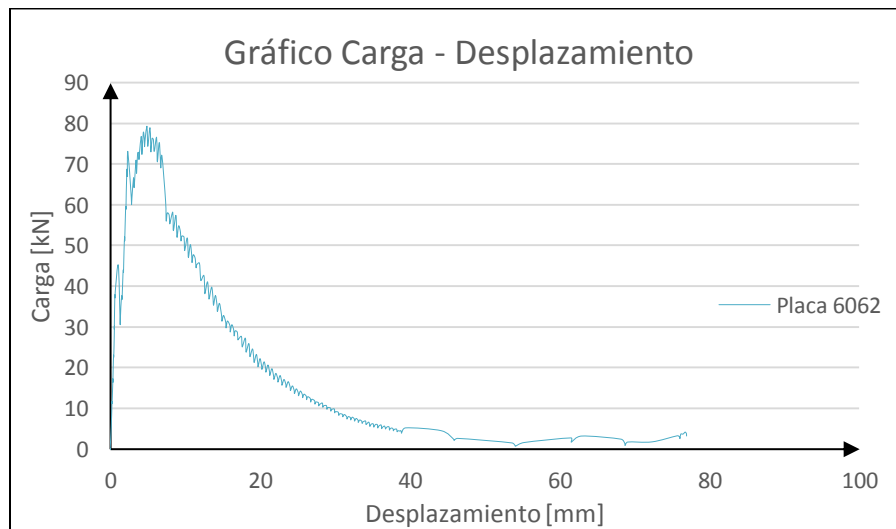
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
1020.9869 [J]	

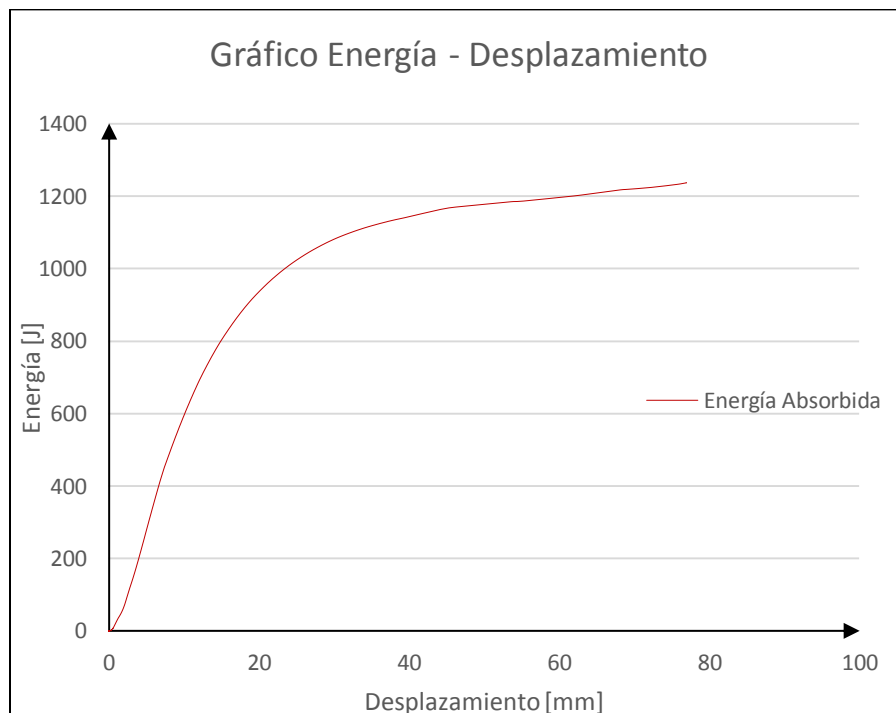
Carga Máxima
79.3354 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
4.9129

Gráfica 86: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 6062

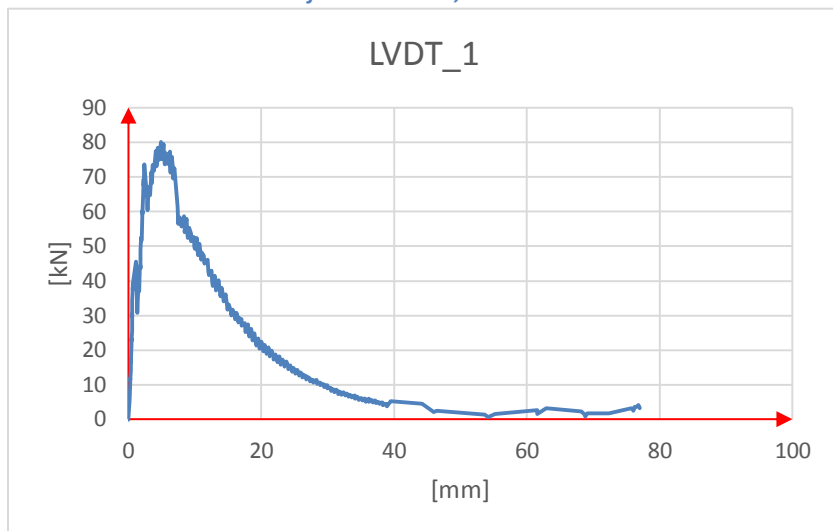


Gráfica 87: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 6062

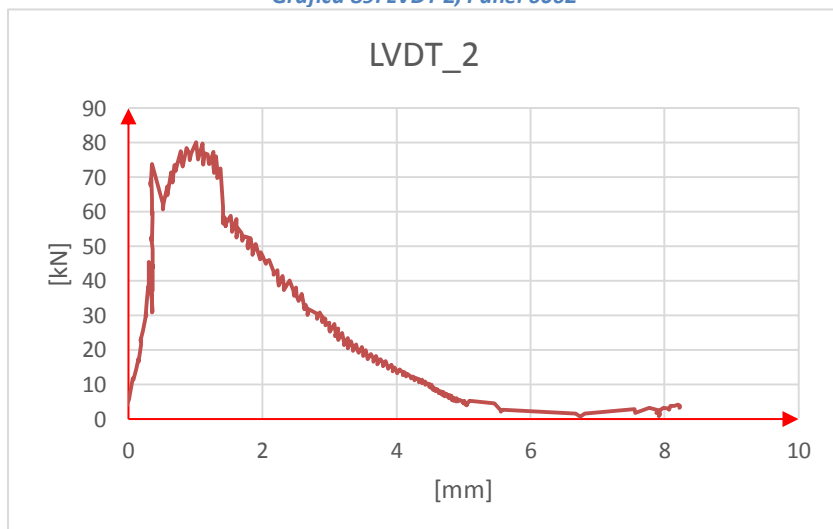


Resultados LVDT:

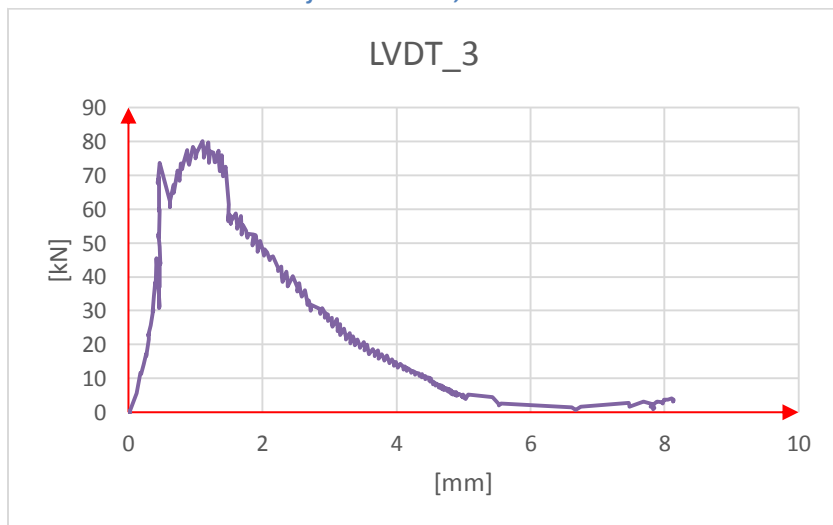
Gráfica 88: LVDT 1, Panel 6062



Gráfica 89: LVDT 2, Panel 6062



Gráfica 90: LVDT 3, Panel 6062



PANEL 6063

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	6063
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	6/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	53.65
Momento unitario	7.514
Energía [J] a los 25 [mm]	679.169
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	43.72	43,717	38.6
5.0	51.87	51,874	193.0
10.0	37.78	37,778	414.5
15.0	21.69	21,689	562.9
20.0	9.92	9,916	639.6
25.0	5.35	5,347	679.2
30.0	4.04	4,040	695.7
35.0	1.95	1,950	710.5

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

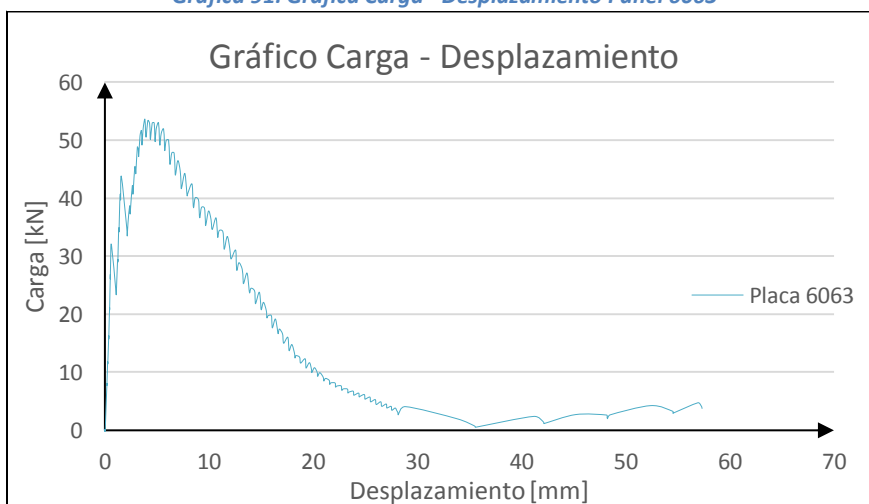
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
679.1691 [J]	

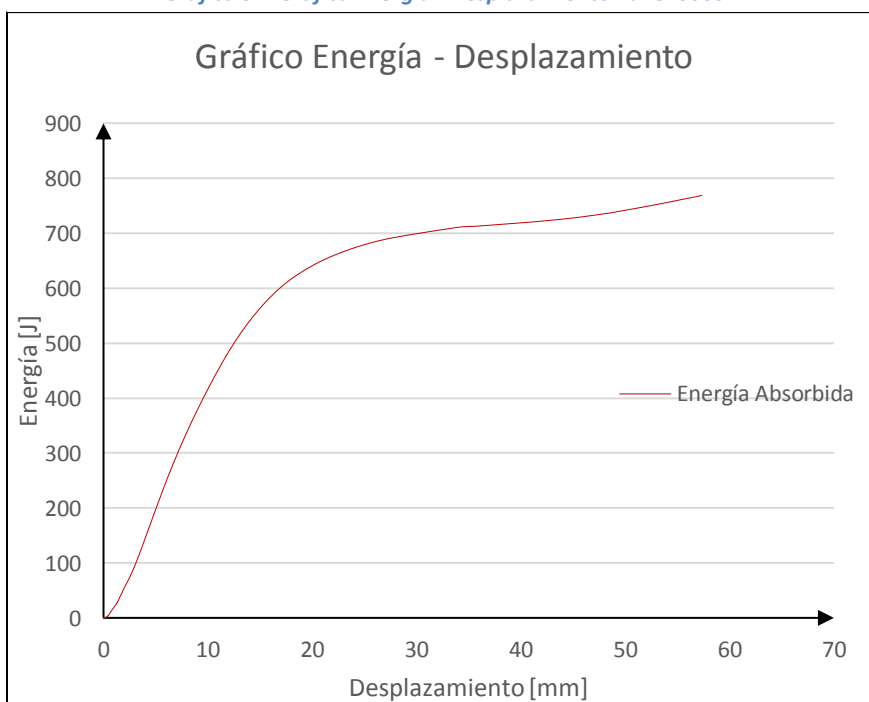
Carga Máxima
53.6540 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
3.8541

Gráfica 91: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 6063

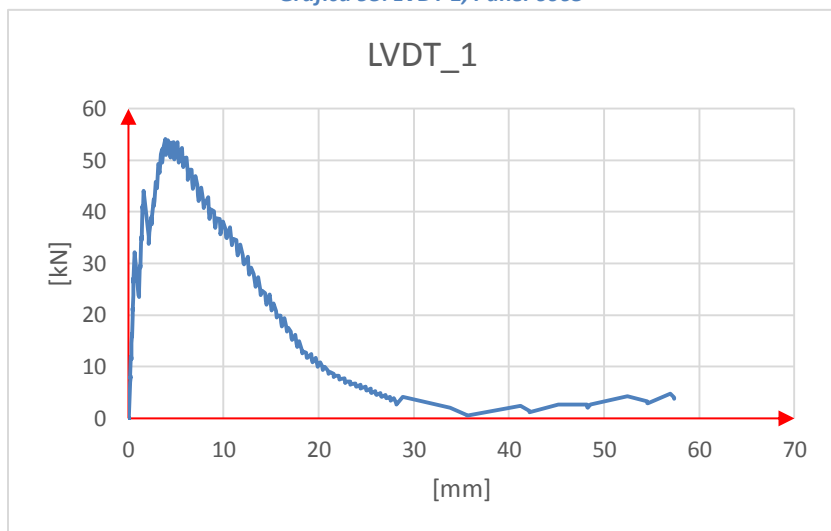


Gráfica 92: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 6063

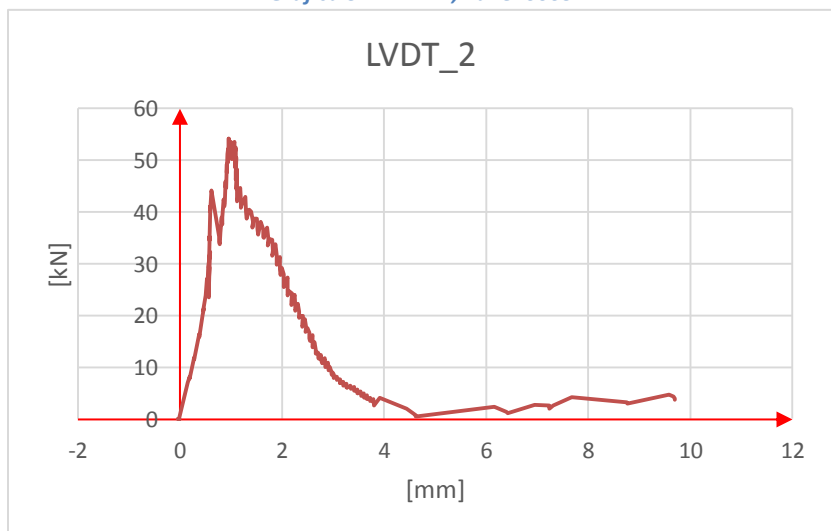


Resultados LVDT:

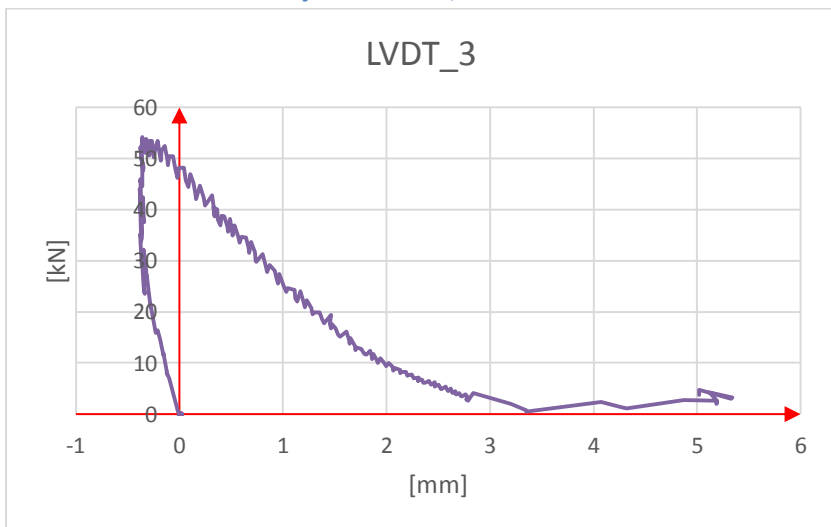
Gráfica 93: LVDT 1, Panel 6063



Gráfica 94: LVDT 2, Panel 6063



Gráfica 95: LVDT 3, Panel 6063



PANEL 6081

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	6081
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	30/03/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	56.24
Momento unitario	7.876
Energía [J] a los 25 [mm]	887.039
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	48.83	48,828	72.5
5.0	52.25	52,246	213.2
10.0	42.43	42,426	469.0
15.0	30.61	30,607	656.6
20.0	23.54	23,541	790.1
25.0	16.16	16,160	887.0
30.0	11.94	11,938	956.7
35.0	8.81	8,807	1008.8

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

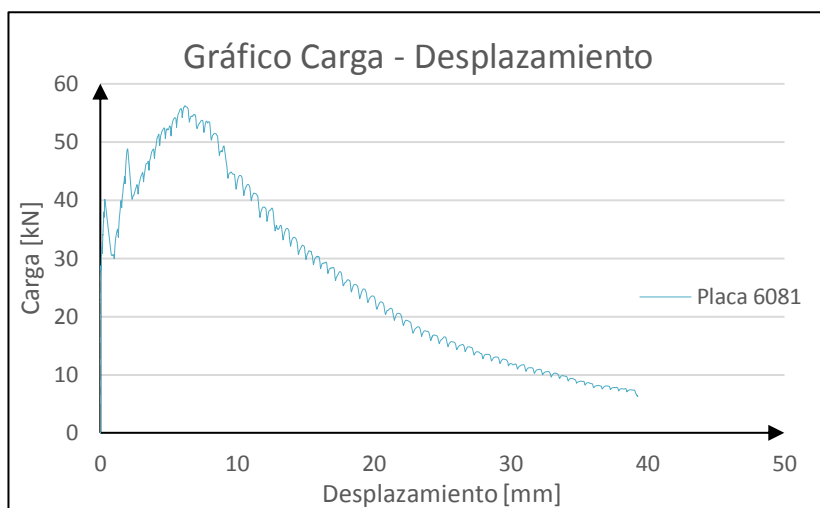
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
887.0386 [J]	

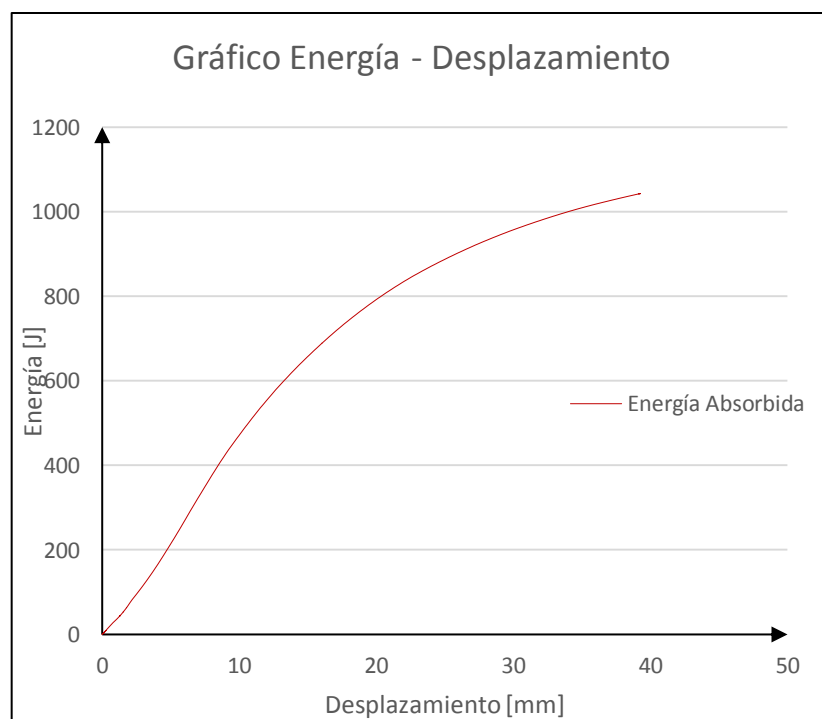
Carga Máxima
56.2367 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
6.1807

Gráfica 96: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 6081

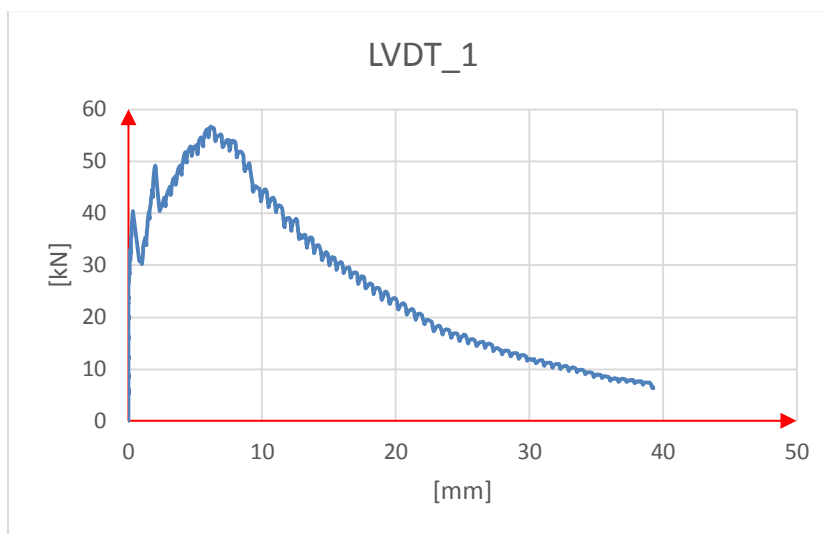


Gráfica 97: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 6081



Resultados LVDT:

Gráfica 98: LVDT 1, Panel 6081



PANEL 6082

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	6082
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	4/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	38.86
Momento unitario	5.442
Energía [J] a los 25 [mm]	119.147
Clasificación	No Califica

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	33.57	33,569	48.1
5.0	38.86	38,860	119.1
10.0	38.86	38,860	119.1
15.0	38.86	38,860	119.1
20.0	38.86	38,860	119.1
25.0	38.86	38,860	119.1
30.0	38.86	38,860	119.1
35.0	38.86	38,860	119.1

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

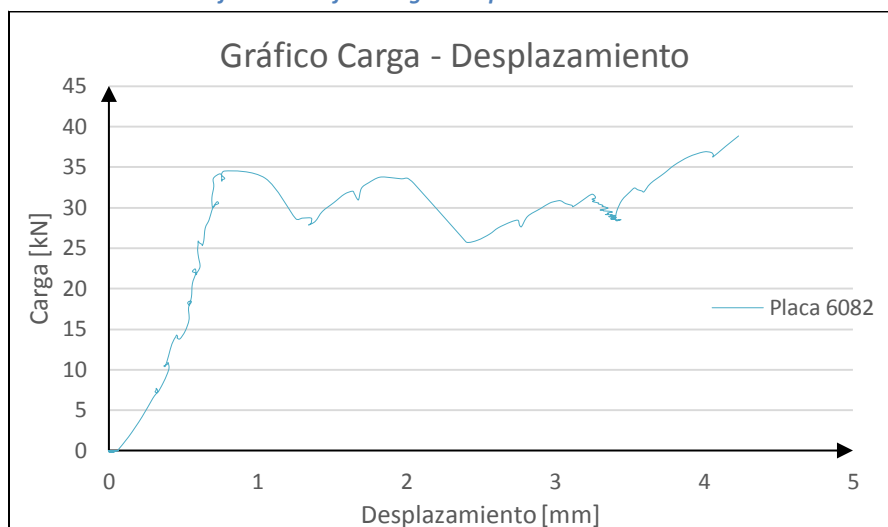
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
119.1467 [J]	

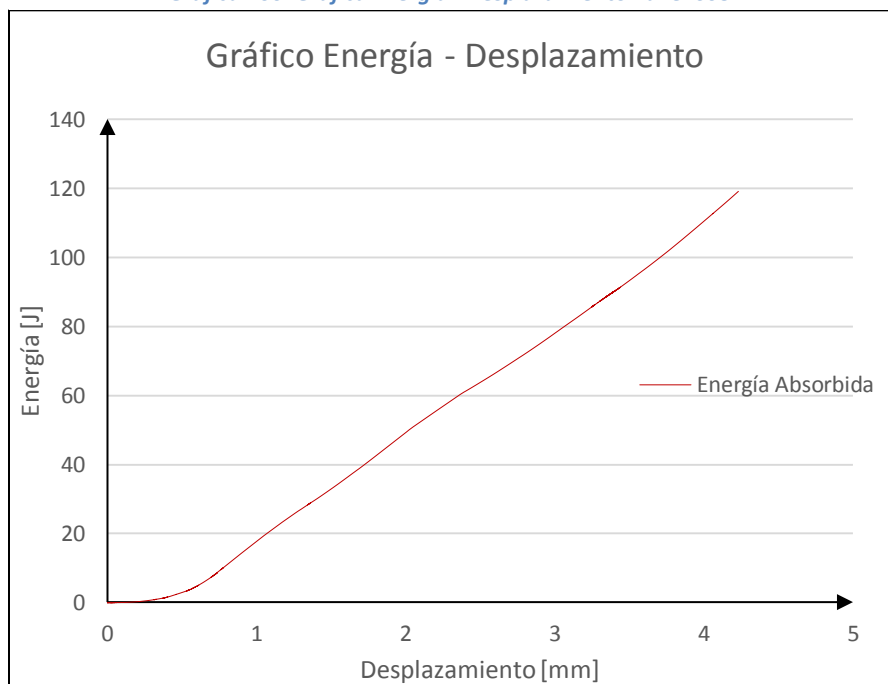
Carga Máxima
38.8602 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
4.231

Gráfica 99: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 6082

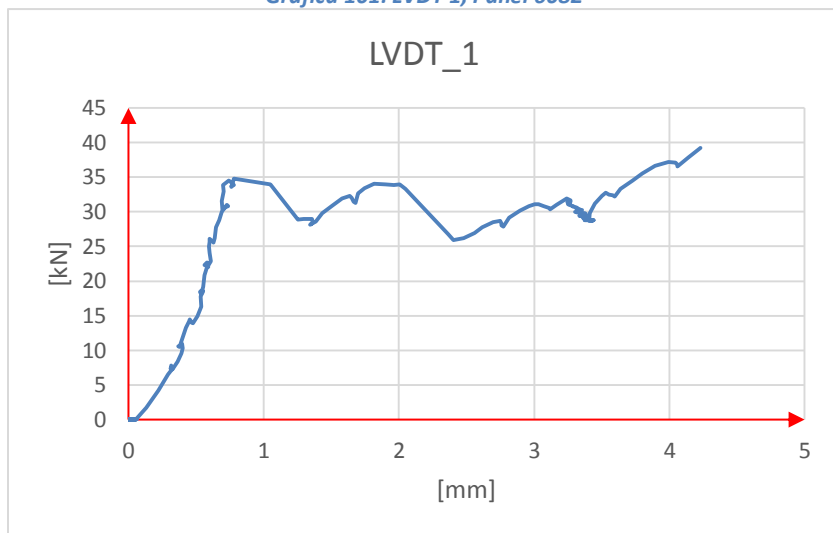


Gráfica 100: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 6082

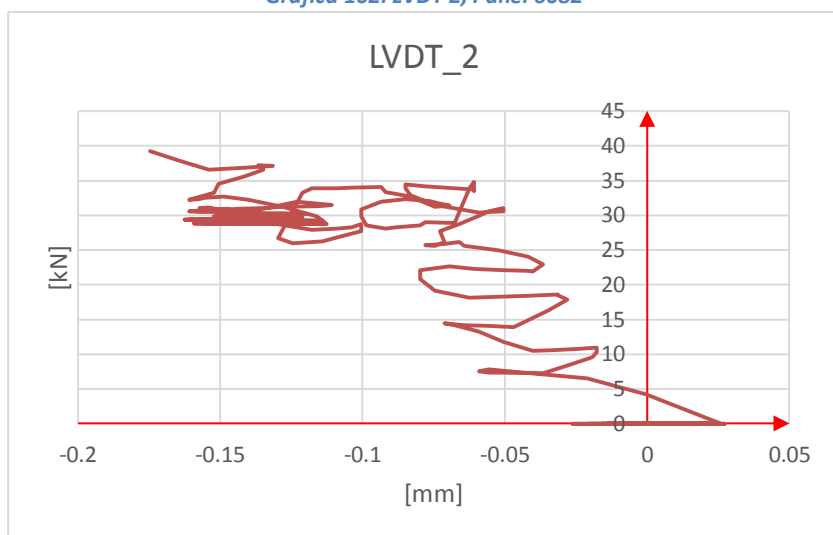


Resultados LVDT:

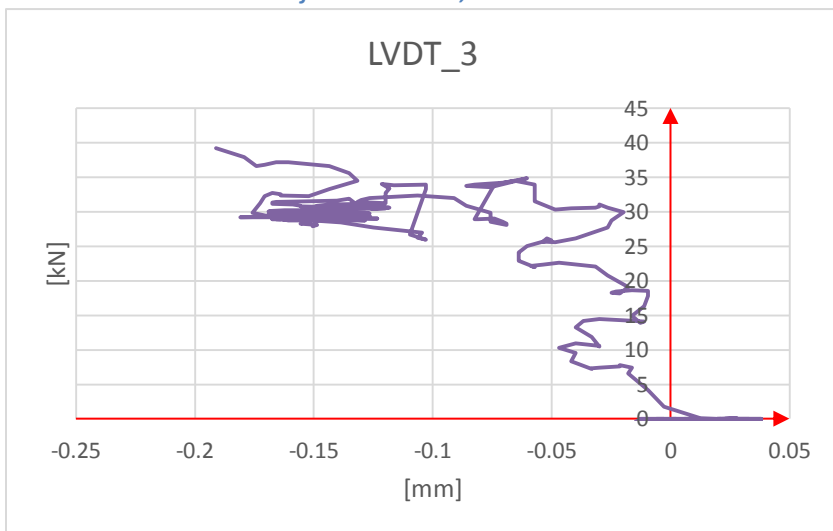
Gráfica 101: LVDT 1, Panel 6082



Gráfica 102: LVDT 2, Panel 6082



Gráfica 103: LVDT 3, Panel 6082



PANEL 6083

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	6083
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	4/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	600.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	600.0
Luz de ensayo [mm]	250.0
Carga máxima [N]	62.85
Momento unitario	8.802
Energía [J] a los 25 [mm]	884.746
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	27.01	27,009	44.0
5.0	52.46	52,464	166.3
10.0	49.62	49,621	448.4
15.0	33.67	33,670	656.2
20.0	21.61	21,614	797.4
25.0	13.95	13,949	884.7
30.0	8.95	8,950	947.3
35.0	5.98	5,980	983.6

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

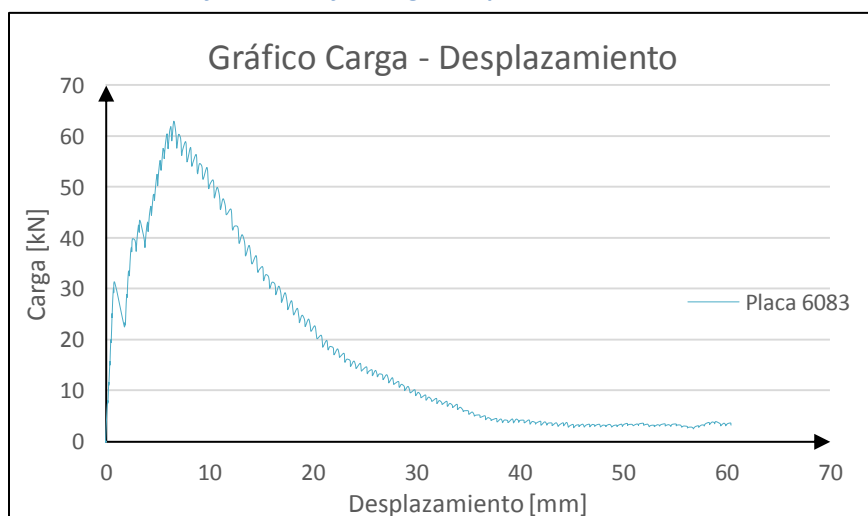
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
884.7460 [J]	

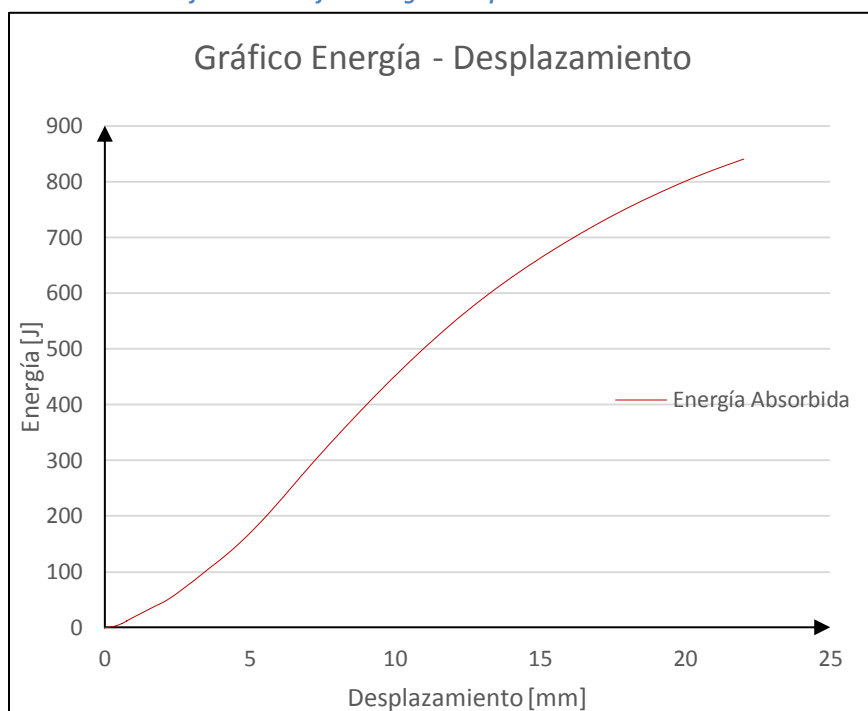
Carga Máxima
62.8506 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
6.5736

Gráfica 104: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 6083

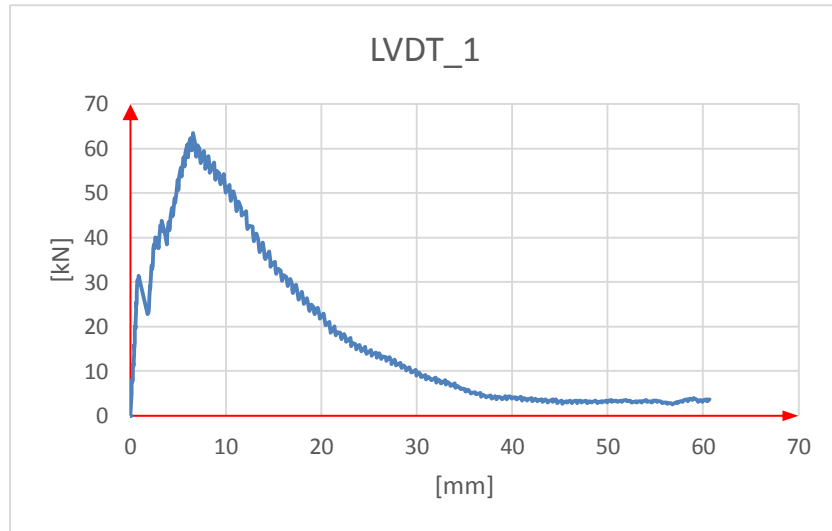


Gráfica 105: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 6083

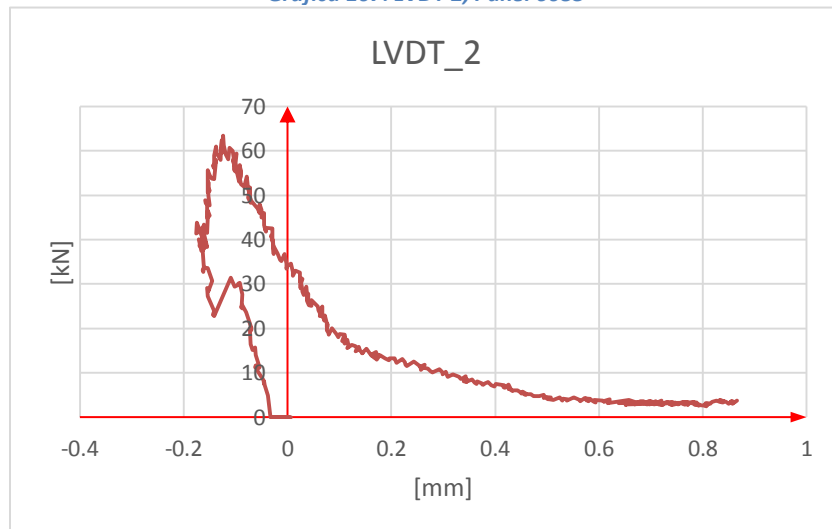


Resultados LVDT:

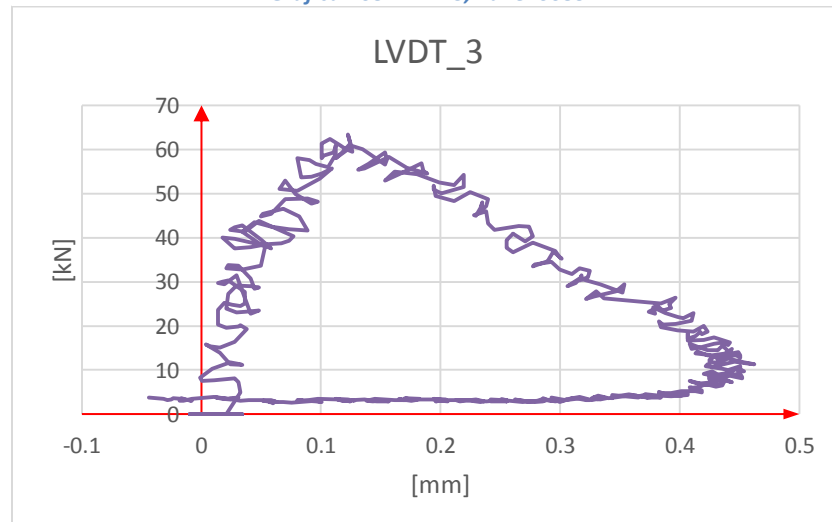
Gráfica 106: LVDT 1, Panel 6083



Gráfica 107: LVDT 2, Panel 6083



Gráfica 108: LVDT 3, Panel 6083



PANEL 10041

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	10041
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	13/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	1,000.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	1000.0
Luz de ensayo [mm]	450.0
Carga máxima [N]	32.48
Momento unitario	4.885
Energía [J] a los 25 [mm]	551.1199
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	12.99	12,990	29.3
5.0	30.57	30,573	94.0
10.0	29.72	29,721	239.0
15.0	22.05	22,046	373.4
20.0	17.18	17,183	475.1
25.0	13.74	13,737	551.1
30.0	10.58	10,580	610.8
35.0	7.21	7,211	655.1

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

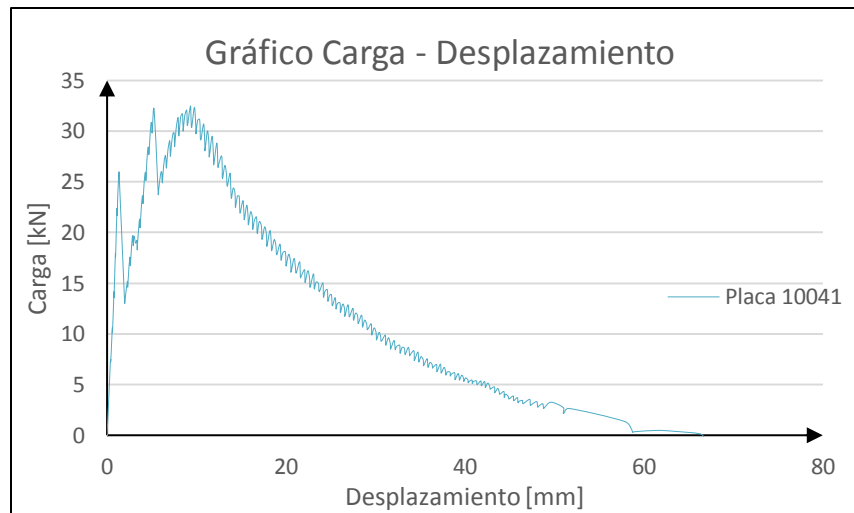
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
551.1199[J]	

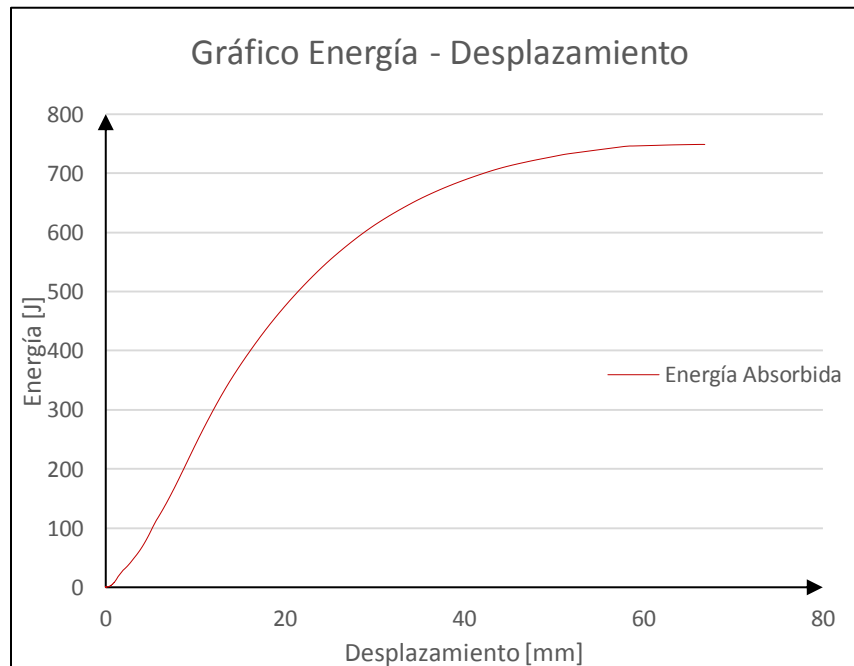
Carga Máxima
32.4762 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
9.3012

Gráfica 109: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 10041

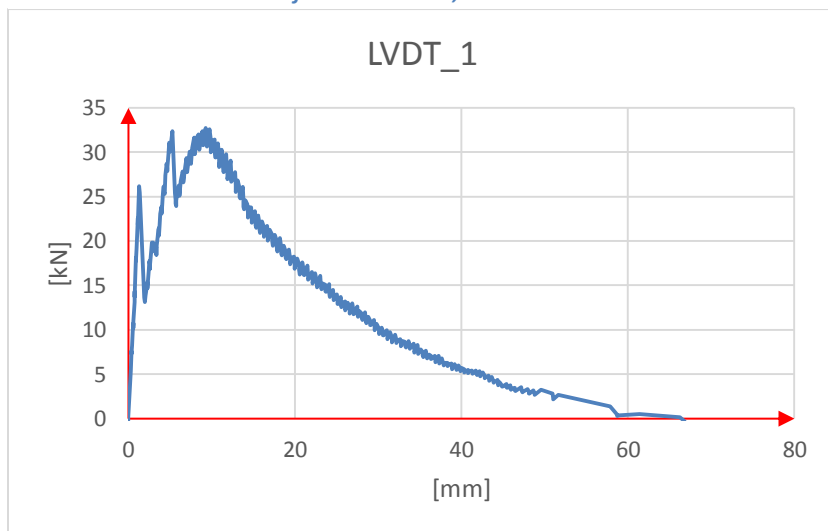


Gráfica 110: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 10041

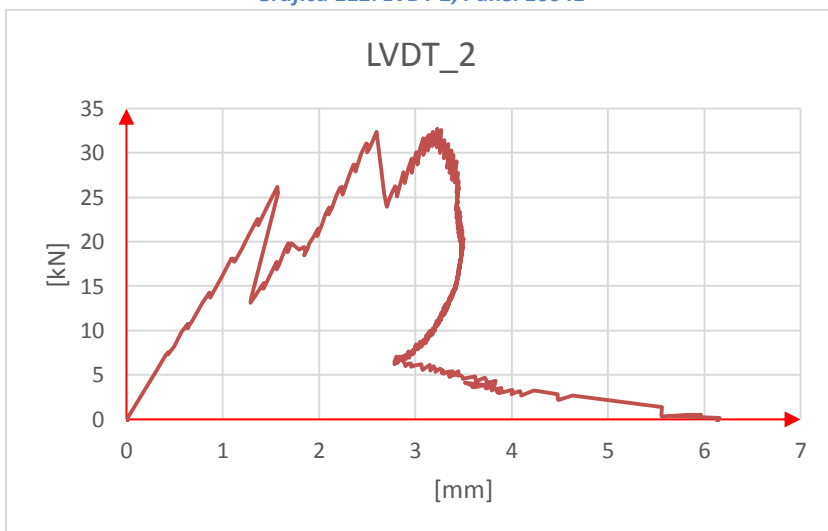


Resultados LVDT:

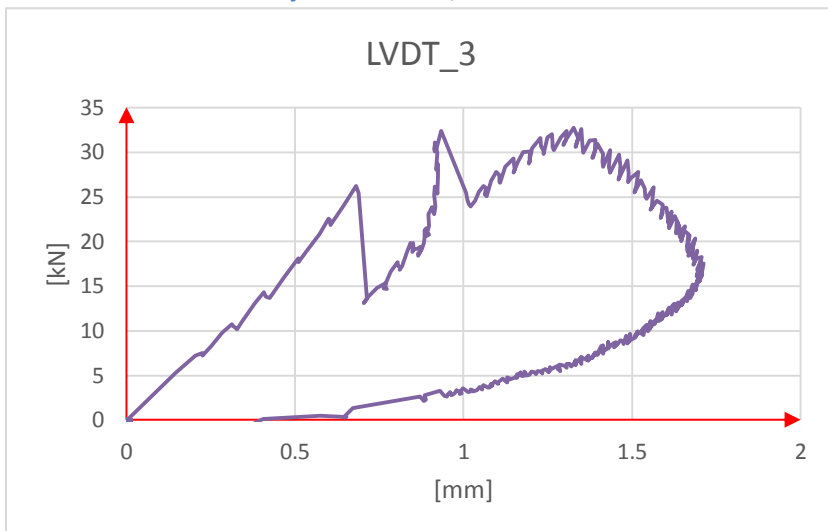
Gráfica 111: LVDT 1, Panel 10041



Gráfica 112: LVDT 2, Panel 10041



Gráfica 113: LVDT 3, Panel 10041



PANEL 10042

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	10042
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	13/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	1,000.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	1000.0
Luz de ensayo [mm]	450.0
Carga máxima [N]	45.30
Momento unitario	6.815
Energía [J] a los 25 [mm]	702.2622
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	33.33	33,326	23.5
5.0	43.62	43,623	131.8
10.0	35.46	35,461	305.6
15.0	27.70	27,697	469.9
20.0	22.23	22,234	600.1
25.0	19.25	19,248	702.3
30.0	13.99	13,988	788.5
35.0	11.31	11,309	853.8

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

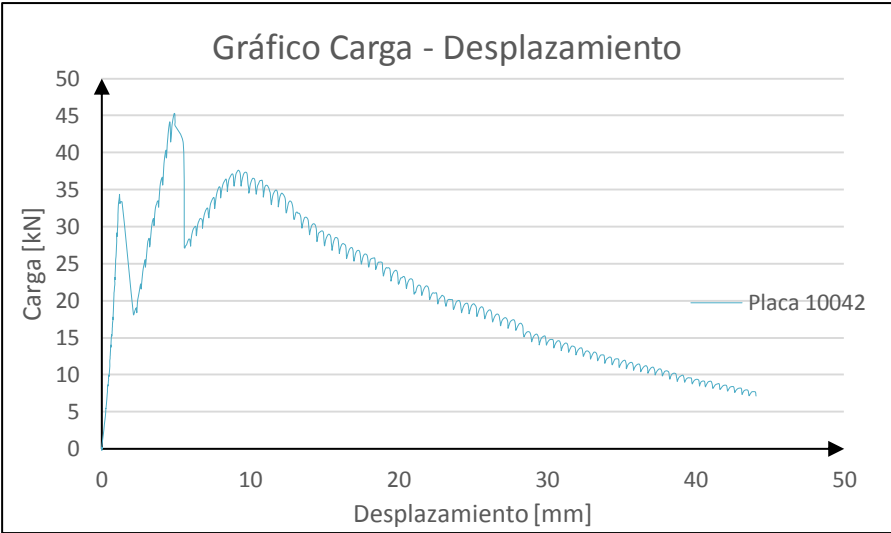
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
702.2622 [J]	

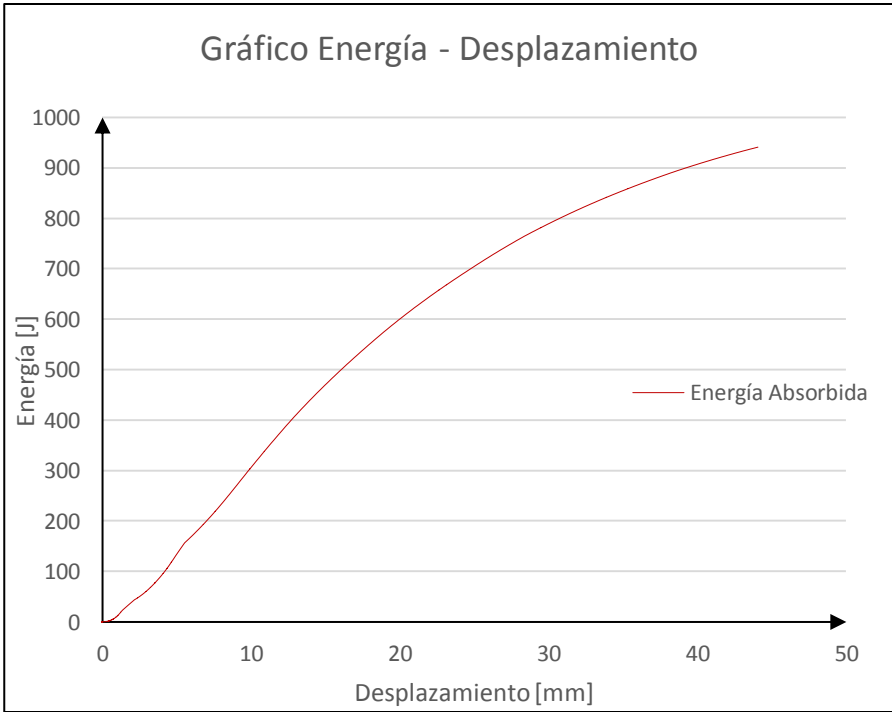
Carga Máxima
45.3048 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
4.9034

Gráfica 114: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 10042

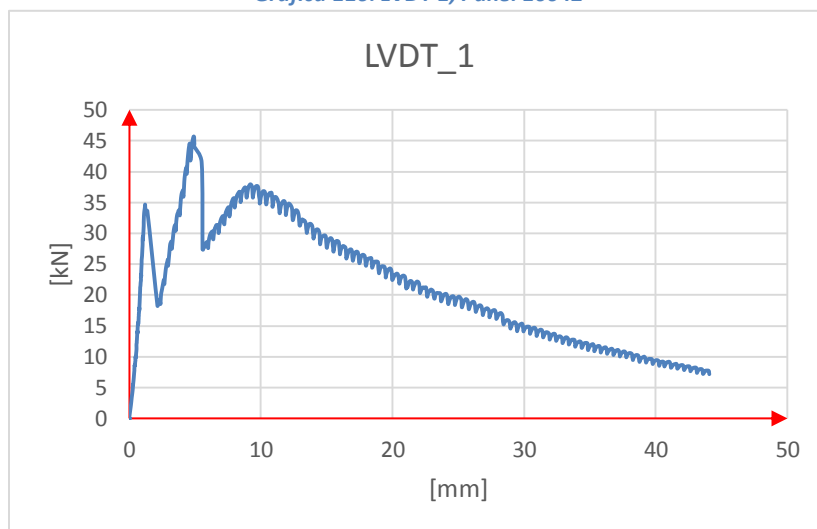


Gráfica 115: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 10042

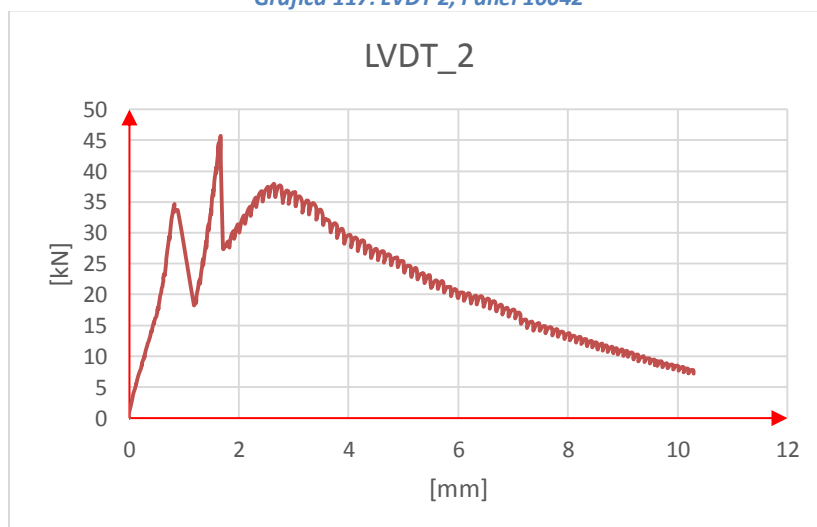


Resultados LVDT:

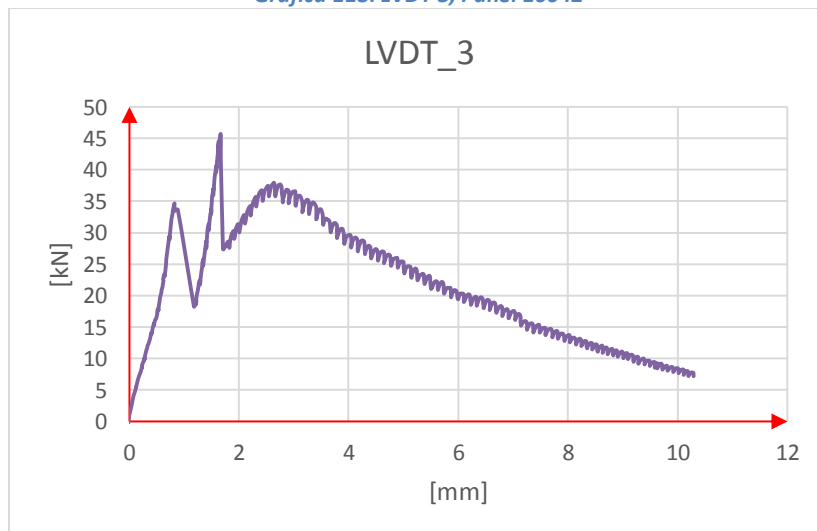
Gráfica 116: LVDT 1, Panel 10042



Gráfica 117: LVDT 2, Panel 10042



Gráfica 118: LVDT 3, Panel 10042



PANEL 10043

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	10043
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	17/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	1,000.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	1000.0
Luz de ensayo [mm]	450.0
Carga máxima [N]	34.43
Momento unitario	5.179
Energía [J] a los 25 [mm]	569.9620
Clasificación	Clase A

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	15.28	15,275	33.6
5.0	26.11	26,109	110.1
10.0	32.77	32,770	270.5
15.0	20.92	20,919	401.3
20.0	17.85	17,848	496.2
25.0	11.98	11,977	570.0
30.0	7.87	7,875	622.8
35.0	4.83	4,825	655.4

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

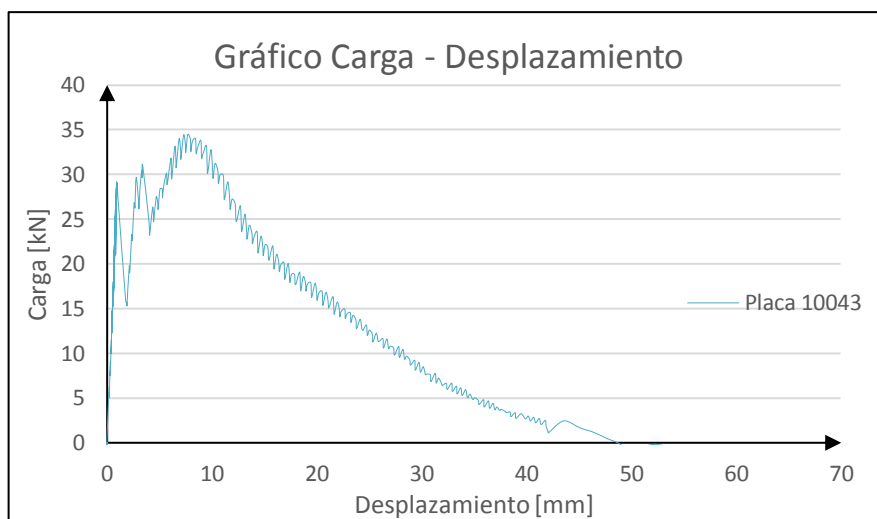
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
569.9620 [J]	

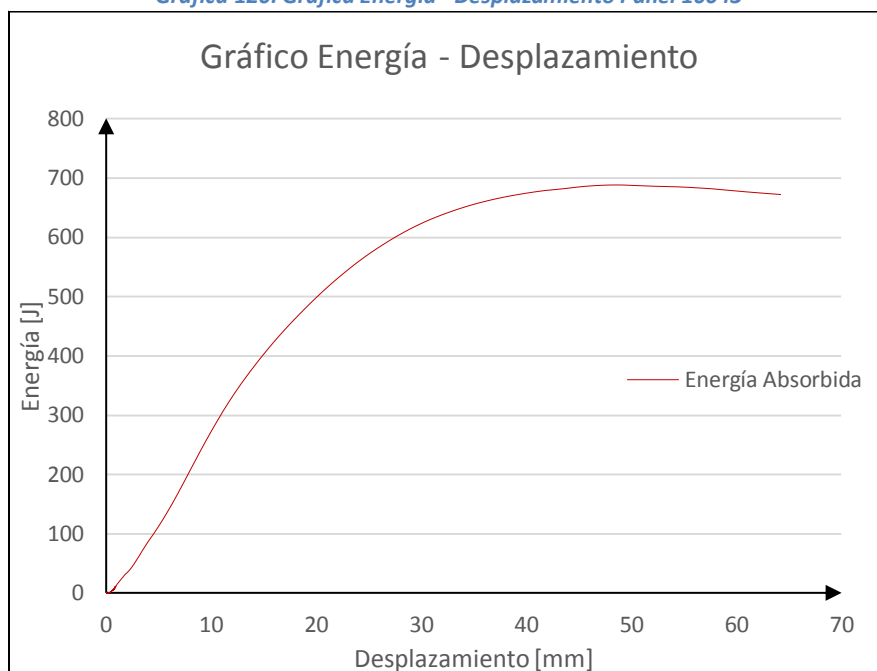
Carga Máxima
34.4330 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
7.7198

Gráfica 119: Gráfico Carga - Desplazamiento Panel 10043

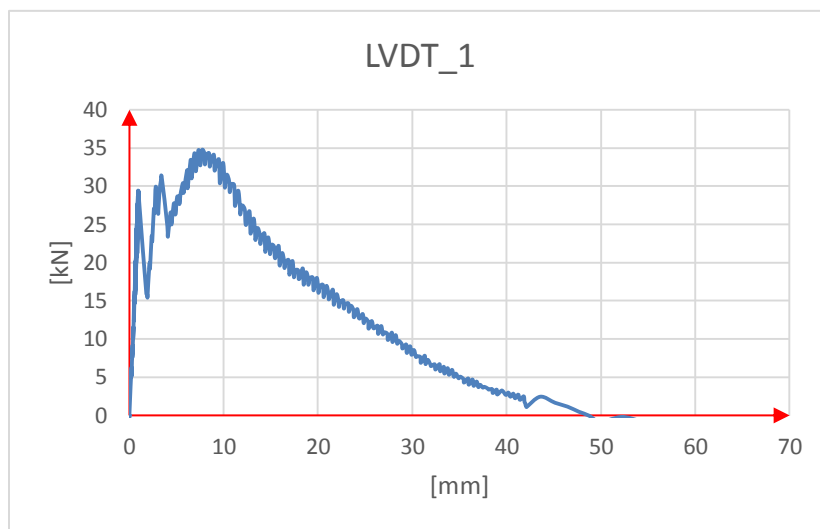


Gráfica 120: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 10043

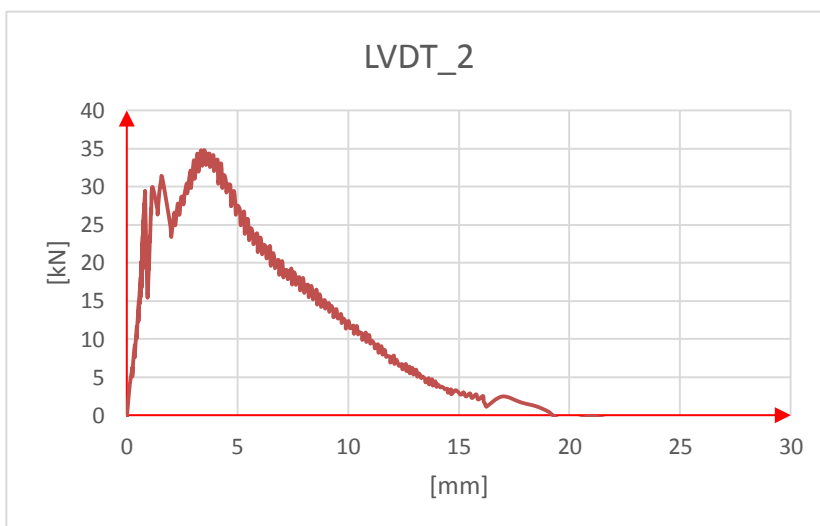


Resultados LVDT:

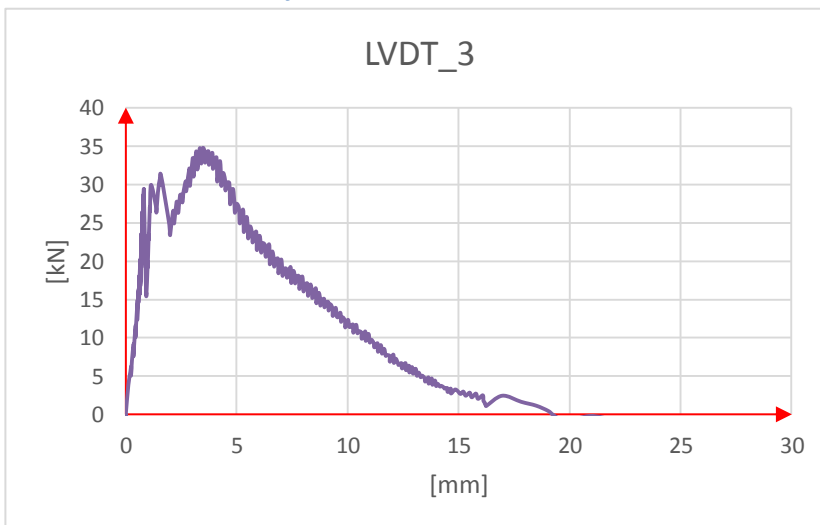
Gráfica 121: LVDT 1, Panel 10043



Gráfica 122: LVDT 2, Panel 10043



Gráfica 123: LVDT 3, Panel 10043



PANEL 10061

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	10061
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	13/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	1,000.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	1000.0
Luz de ensayo [mm]	450.0
Carga máxima [N]	42.62
Momento unitario	6.410
Energía [J] a los 25 [mm]	852.3336
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	24.69	24,685	36.8
5.0	36.28	36,283	122.3
10.0	40.05	40,050	311.7
15.0	38.51	38,514	512.6
20.0	33.64	33,645	696.6
25.0	28.24	28,242	852.3
30.0	25.53	25,527	989.5
35.0	20.28	20,279	1100.1

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

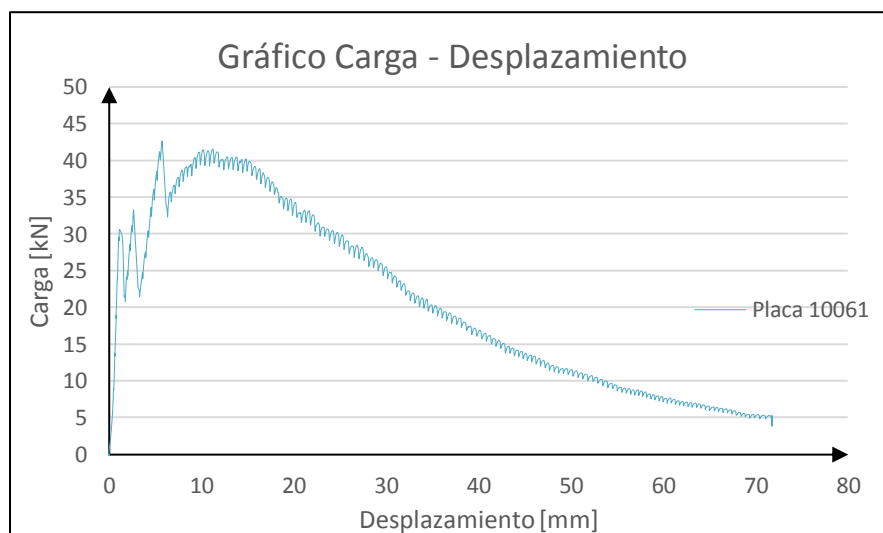
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
852.3336[J]	

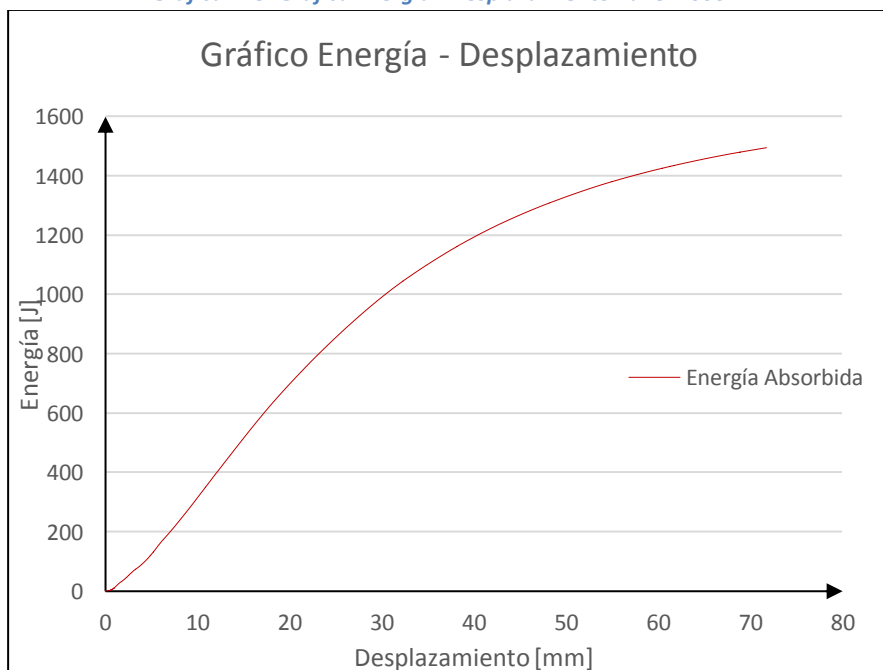
Carga Máxima
42.6181 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
5.7651

Gráfica 124: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 10061

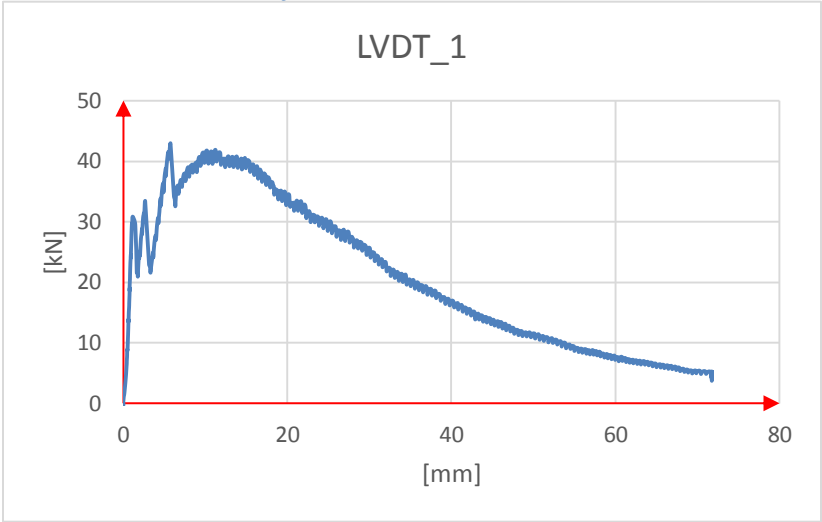


Gráfica 125: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 10061

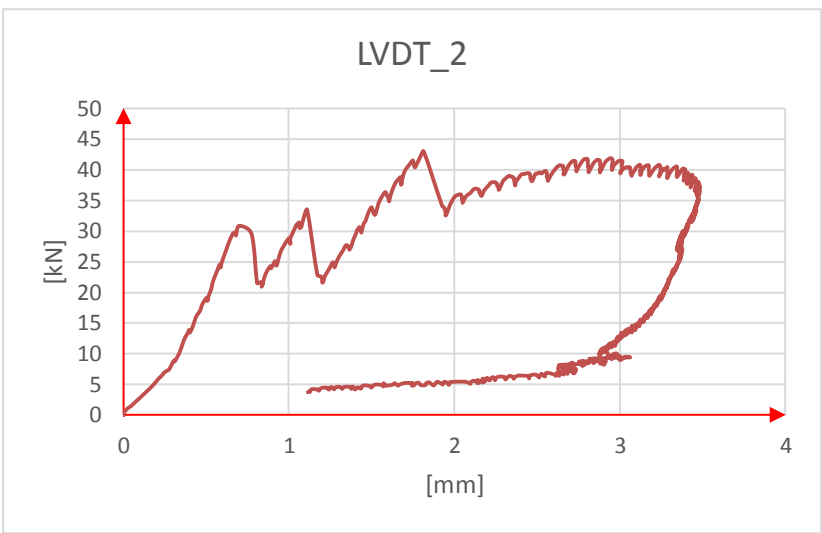


Resultados LVDT:

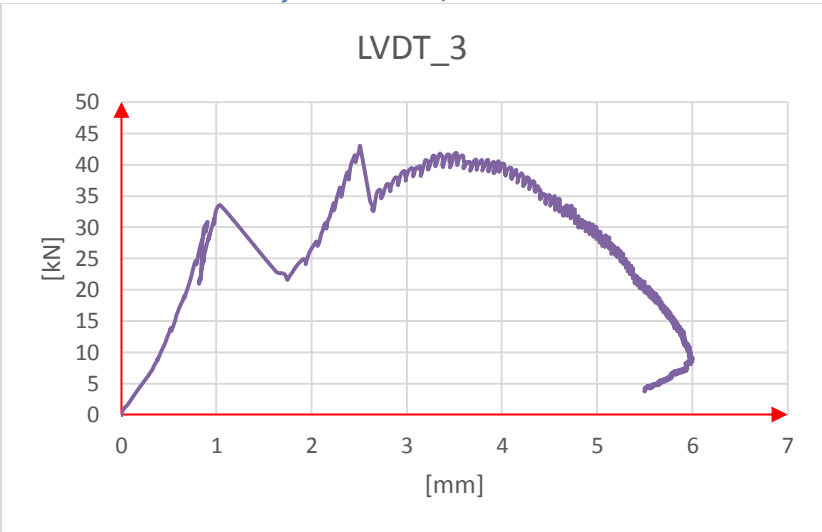
Gráfica 126: LVDT 1, Panel 10061



Gráfica 127: LVDT 2, Panel 10061



Gráfica 128: LVDT 3, Panel 10061



PANEL 10062

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	10062
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	17/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	1,000.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	1000.0
Luz de ensayo [mm]	450.0
Carga máxima [N]	44.66
Momento unitario	6.718
Energía [J] a los 25 [mm]	775.3949
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	21.29	21,288	17.9
5.0	39.93	39,930	84.7
10.0	44.56	44,559	293.1
15.0	33.73	33,730	482.2
20.0	27.77	27,769	646.9
25.0	24.28	24,283	775.4
30.0	20.81	20,811	894.0
35.0	17.86	17,858	995.9

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

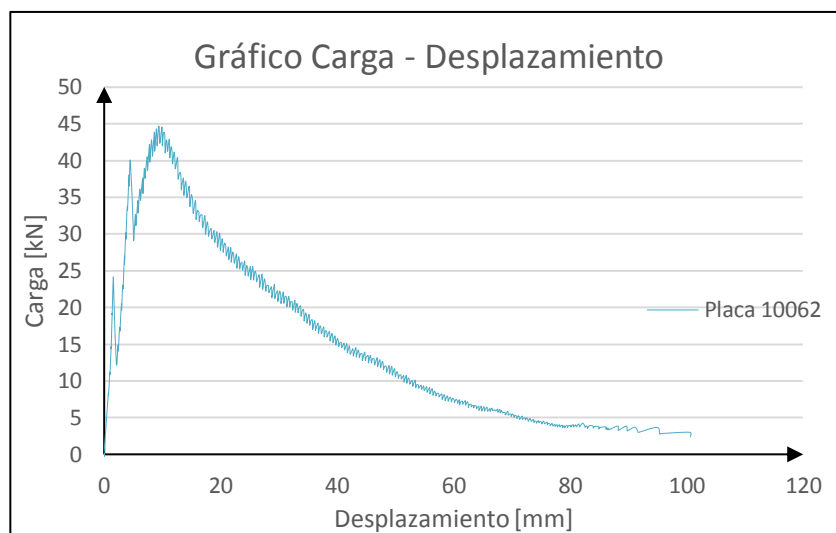
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
775.3949[J]	

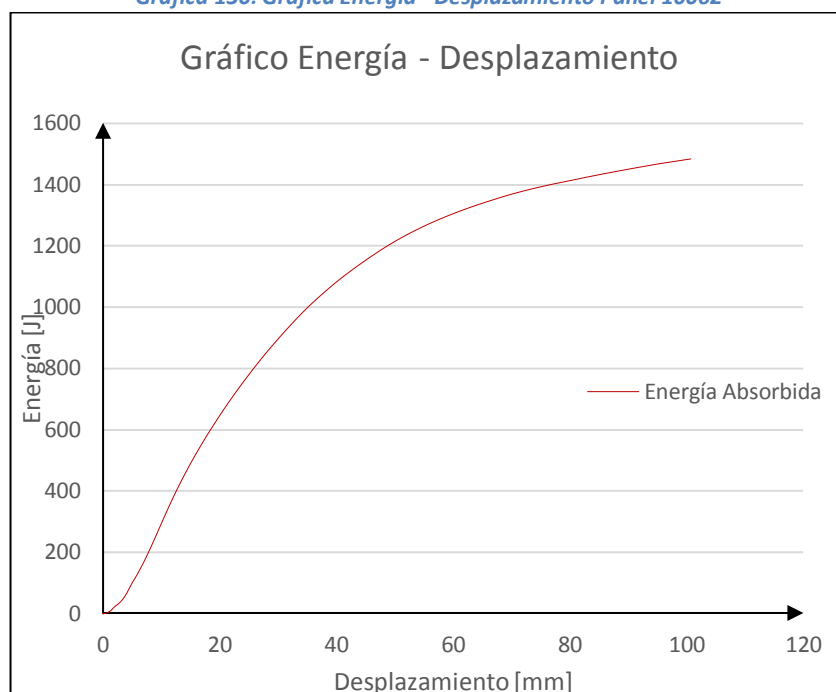
Carga Máxima
44.6645 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
9.4071

Gráfica 129: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 10062

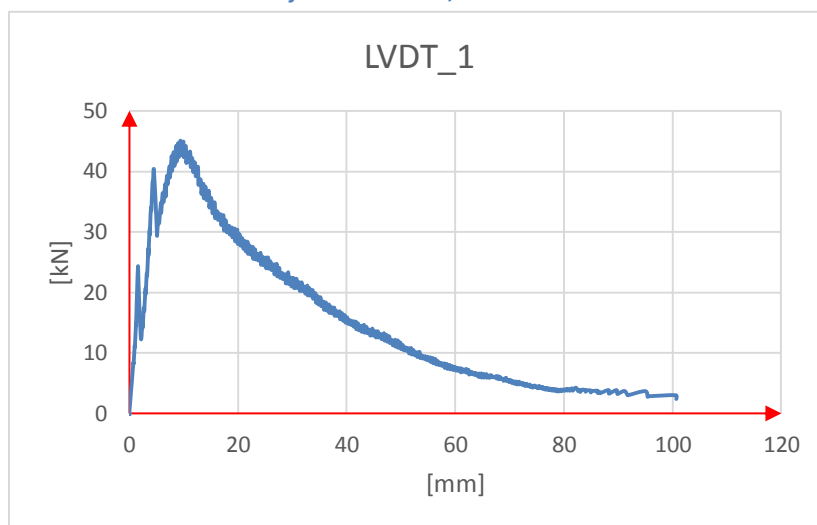


Gráfica 130: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 10062

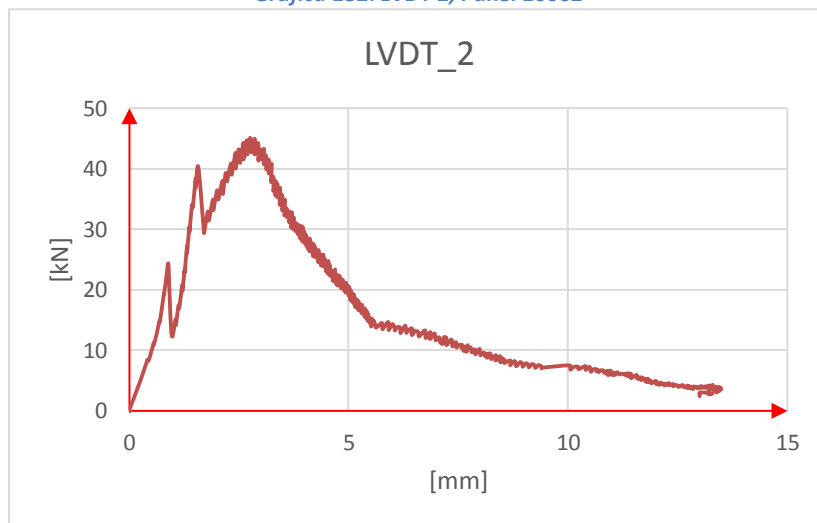


Resultados LVDT:

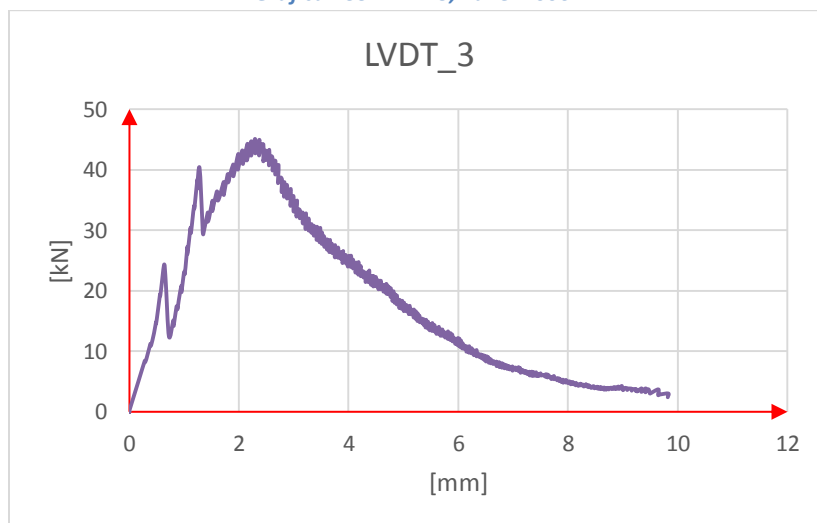
Gráfica 131: LVDT 1, Panel 10062



Gráfica 132: LVDT 2, Panel 10062



Gráfica 133: LVDT 3, Panel 10062



PANEL 10063

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	10063
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	17/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	1,000.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	1000.0
Luz de ensayo [mm]	450.0
Carga máxima [N]	48.84
Momento unitario	7.346
Energía [J] a los 25 [mm]	757.0827
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	23.97	23,972	23.8
5.0	34.12	34,116	99.9
10.0	40.22	40,219	302.9
15.0	31.30	31,303	489.6
20.0	25.71	25,712	637.0
25.0	21.99	21,990	757.1
30.0	17.21	17,209	855.1
35.0	13.53	13,529	931.5

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

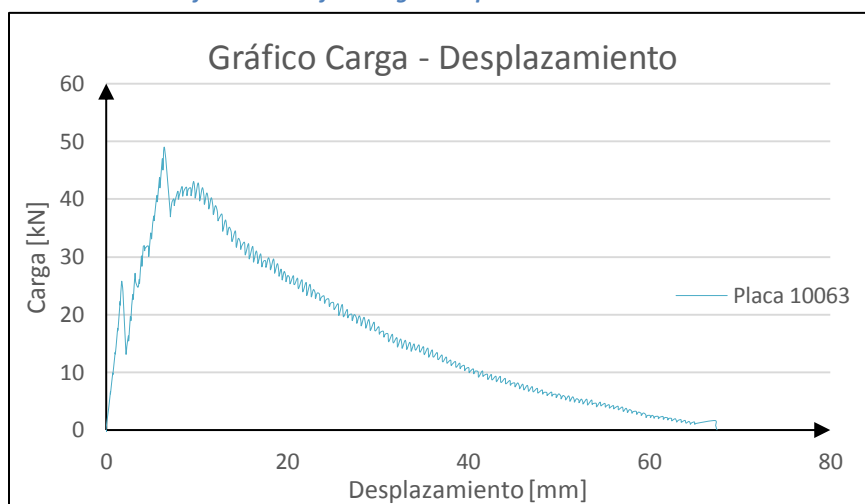
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
757.0827 [J]	

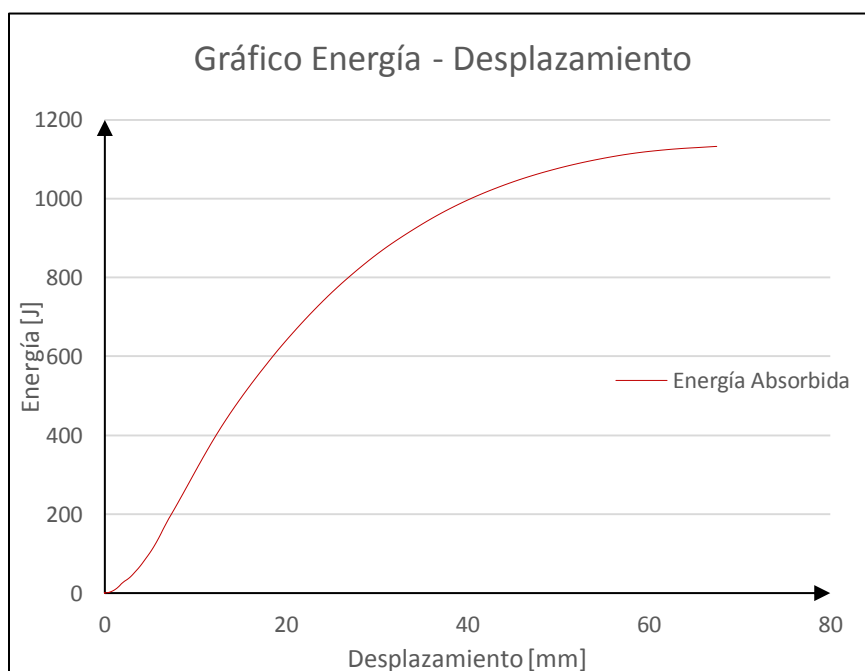
Carga Máxima
48.8359 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
6.4654

Gráfica 134: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 10063

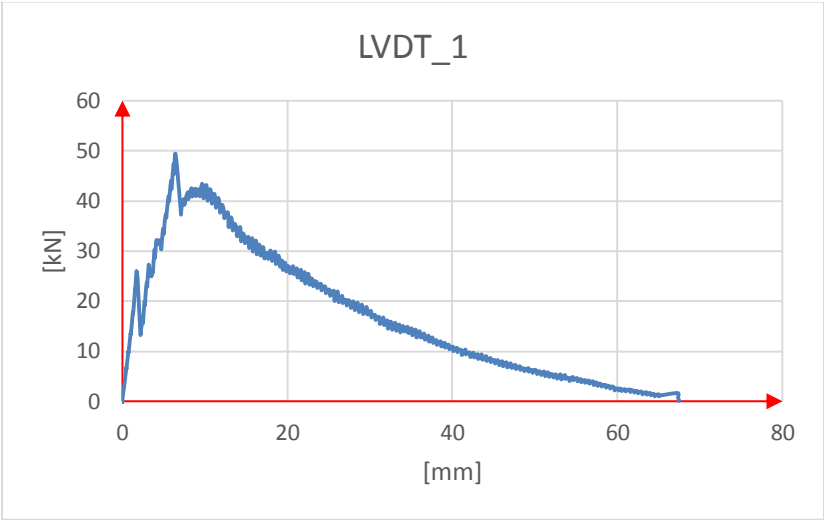


Gráfica 135: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 10063

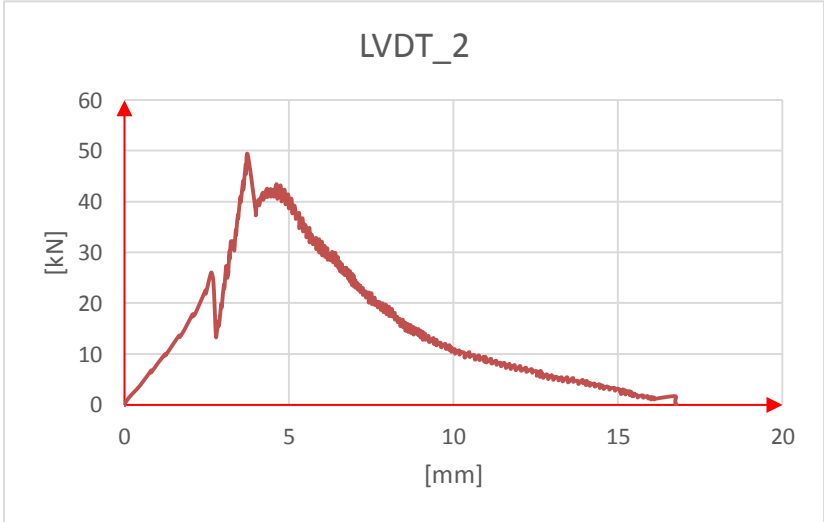


Resultados LVDT:

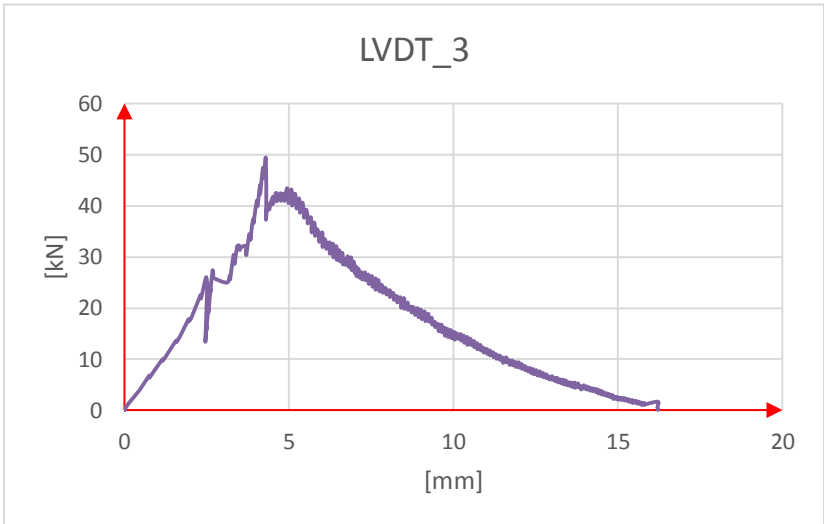
Gráfica 136: LVDT 1, Panel 10063



Gráfica 137: LVDT 2, Panel 10063



Gráfica 138: LVDT 3, Panel 10063



PANEL 10081

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	10081
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	11/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	1,000.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	1000.0
Luz de ensayo [mm]	450.0
Carga máxima [N]	47.45
Momento unitario	7.137
Energía [J] a los 25 [mm]	893.6981
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	28.40	28,398	18.7
5.0	34.50	34,499	119.5
10.0	43.26	43,258	313.0
15.0	38.72	38,719	531.9
20.0	36.32	36,323	730.1
25.0	31.41	31,409	893.7
30.0	28.90	28,900	1052.2
35.0	25.93	25,931	1184.1

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

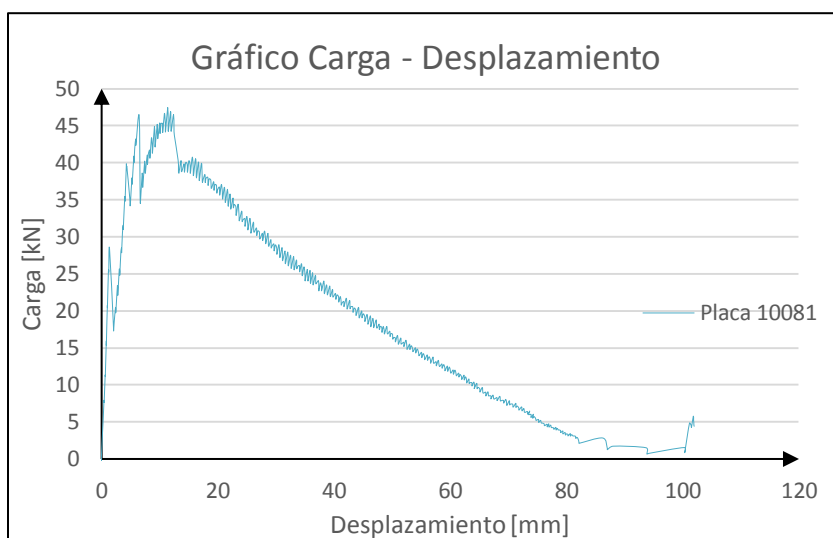
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
893.6981[J]	

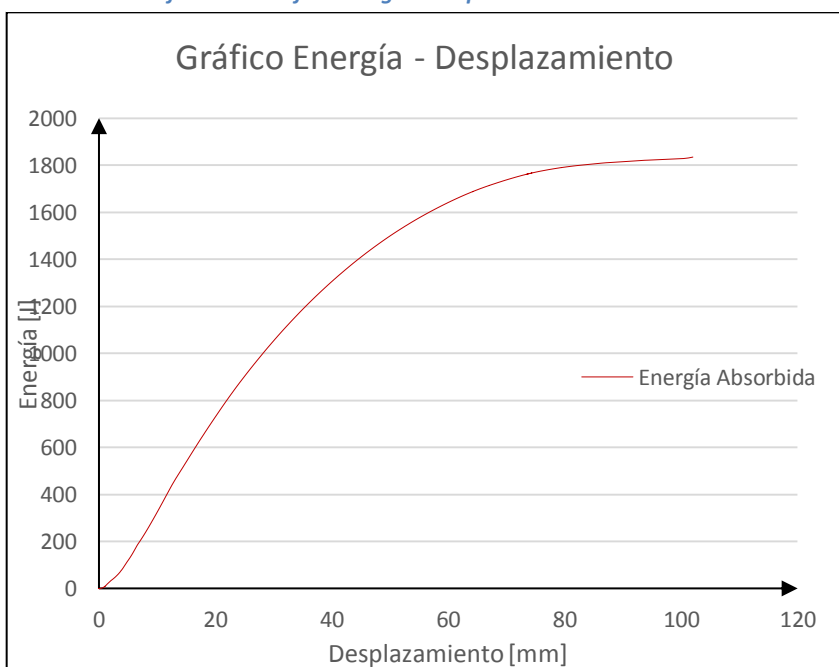
Carga Máxima
47.4498 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
11.4095

Gráfica 139: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 10081

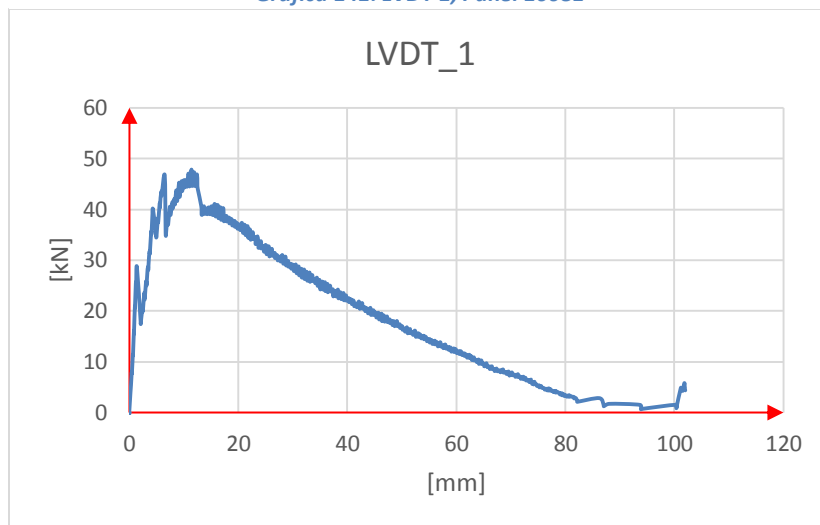


Gráfica 140: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 10081

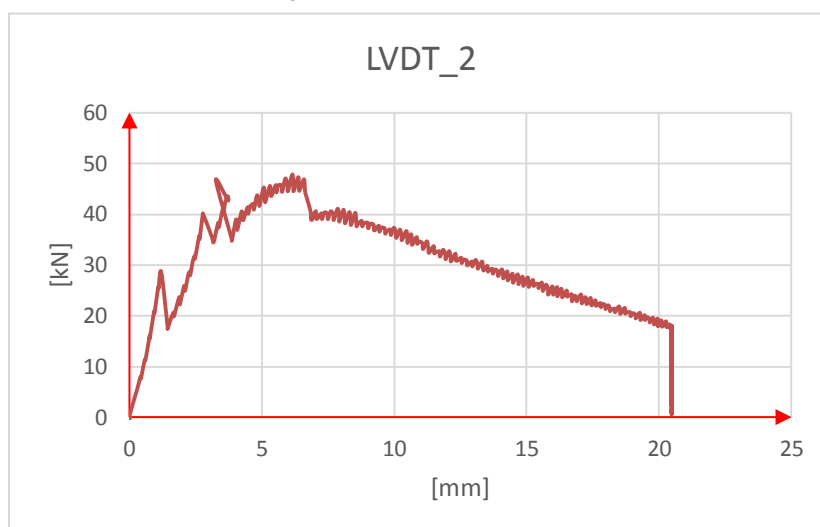


Resultados LVDT:

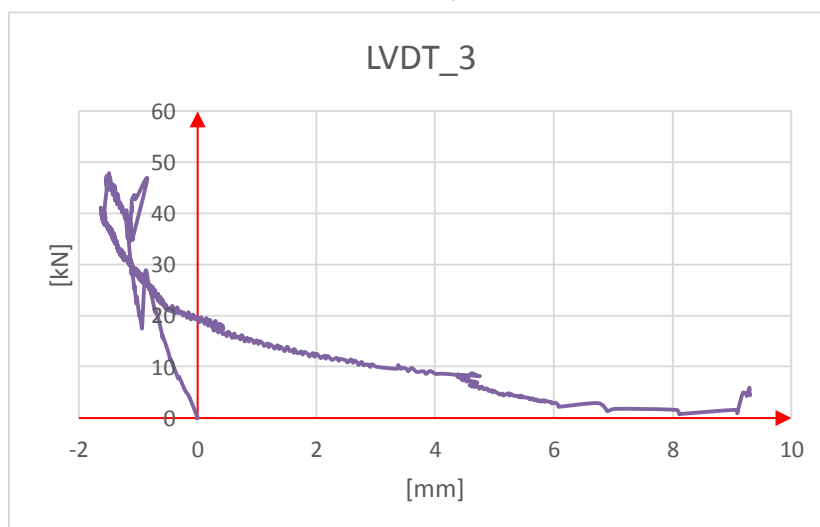
Gráfica 141: LVDT 1, Panel 10081



Gráfica 142: LVDT 2, Panel 10081



Gráfica 143: LVDT 3, Panel 10081



PANEL 10082

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	10082
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	13/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	1,000.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	1000.0
Luz de ensayo [mm]	450.0
Carga máxima [N]	62.83
Momento unitario	9.451
Energía [J] a los 25 [mm]	1098.2248
Clasificación	Clase C

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	22.02	22,017	21.0
5.0	37.08	37,075	104.9
10.0	60.86	60,856	366.8
15.0	51.93	51,929	638.9
20.0	44.77	44,767	885.7
25.0	38.58	38,578	1098.2
30.0	32.95	32,954	1278.2
35.0	27.70	27,697	1431.4

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

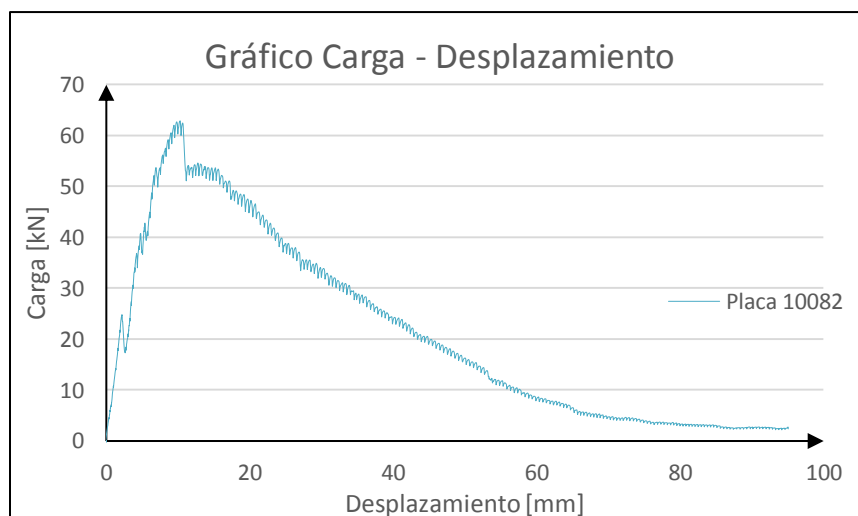
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
1098.2248[J]	

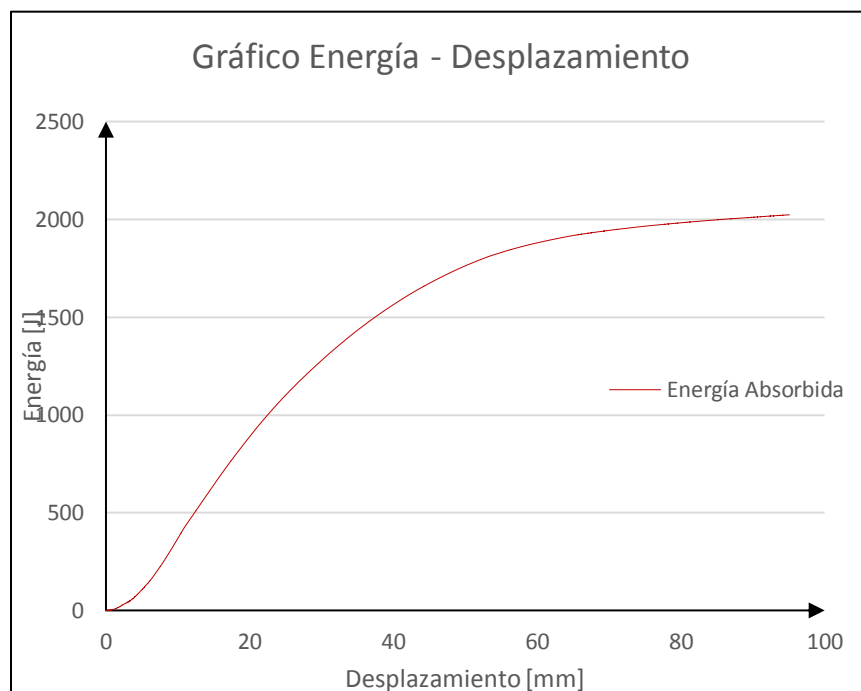
Carga Máxima
62.8316 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
10.3631

Gráfica 144: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 10082

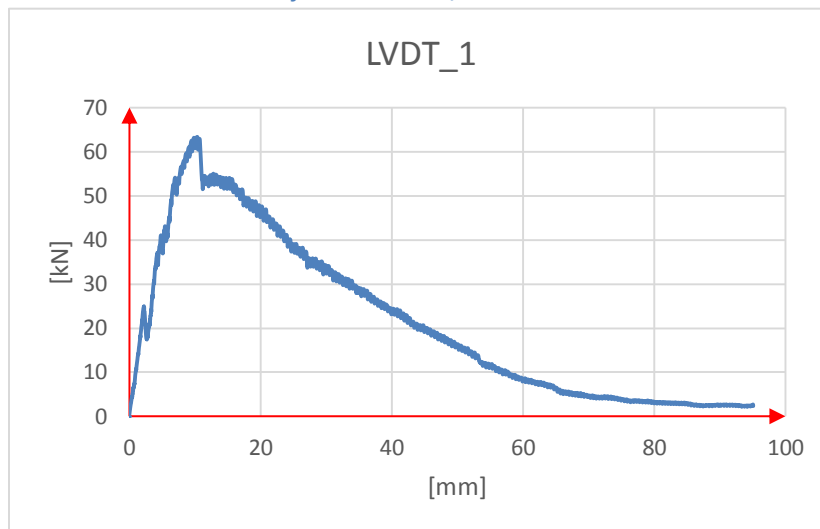


Gráfica 145: Gráfica Energía - Desplazamiento Panel 10082

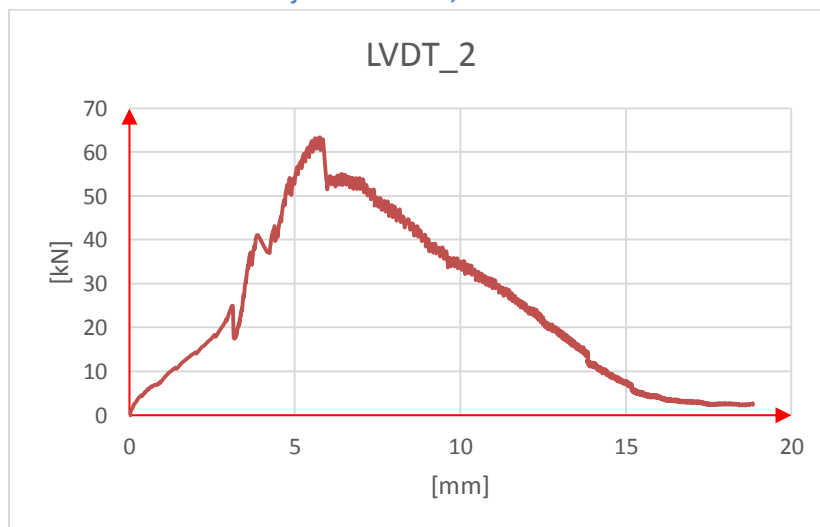


Resultados LVDT:

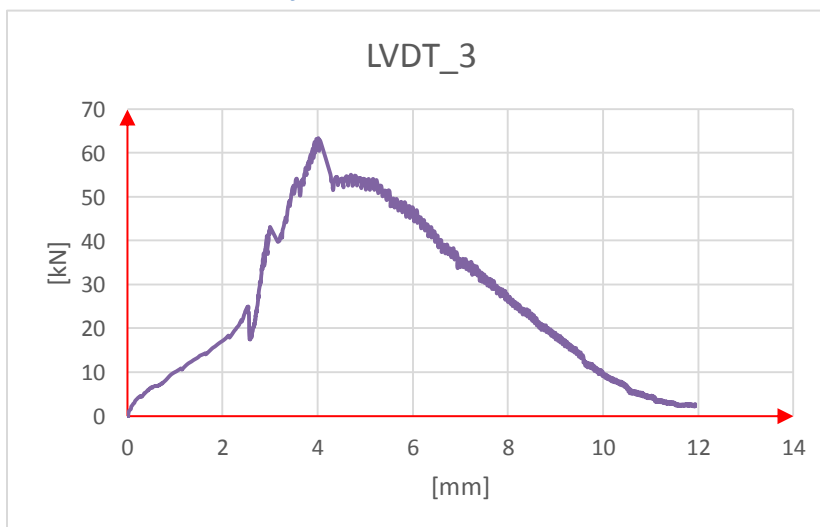
Gráfica 146: LVDT 1, Panel 10082



Gráfica 147: LVDT 2, Panel 10082



Gráfica 148: LVDT 3, Panel 10082



PANEL 10083

1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS:

1.1 Ensayo de Placa de Hormigón Reforzado con Fibras

Placa N°	10083
Ubicación	Laboratorio LEMCO
Fecha de ensayo	17/04/2017
Edad de ensaye [días]	-
Base [mm]	1,000.0
Altura [mm]	100.0
Longitud promedio [mm]	1000.0
Luz de ensayo [mm]	450.0
Carga máxima [N]	55.85
Momento unitario	8.401
Energía [J] a los 25 [mm]	960.3473
Clasificación	Clase B

1.2 Energía [J]

Deflexión [mm]	Carga [kN]	Carga [N]	Energía [J]
2.0	34.55	34,555	53.2
5.0	46.53	46,527	162.8
10.0	47.57	47,565	416.4
15.0	38.65	38,652	631.5
20.0	32.57	32,570	815.4
25.0	25.51	25,514	960.3
30.0	21.52	21,523	1086.2
35.0	17.98	17,981	1181.6

2. OBSERVACIONES

Placa diseñada en Laboratorio
Prensa ensayo: Gata Hidráulica
Tipo de control: desplazamiento
Velocidad de deformación: Manual
Se adjunta curva carga deflexión registrada durante el ensayo
Ensayo ejecutado por: Ing. Paul Gálvez Fernández

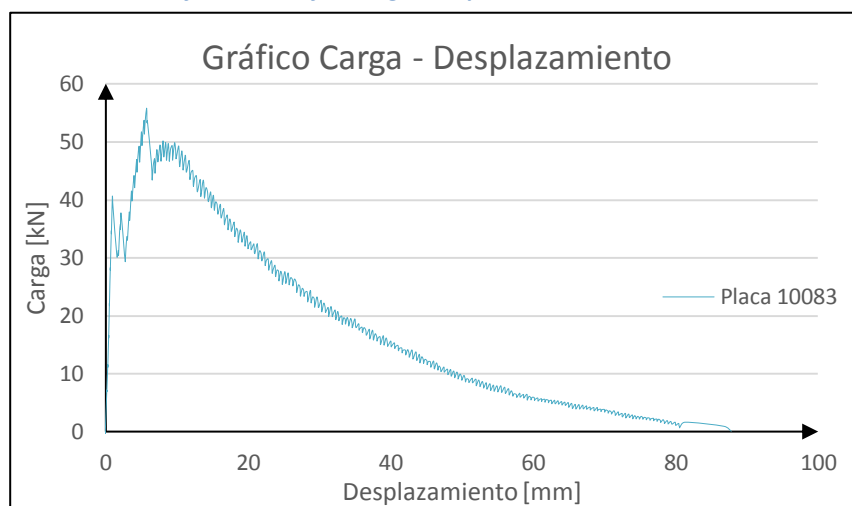
Cálculos y Gráficas:

Cálculo de Energía	
Desde:	Hasta:
0	25 [mm]
960.3473[J]	

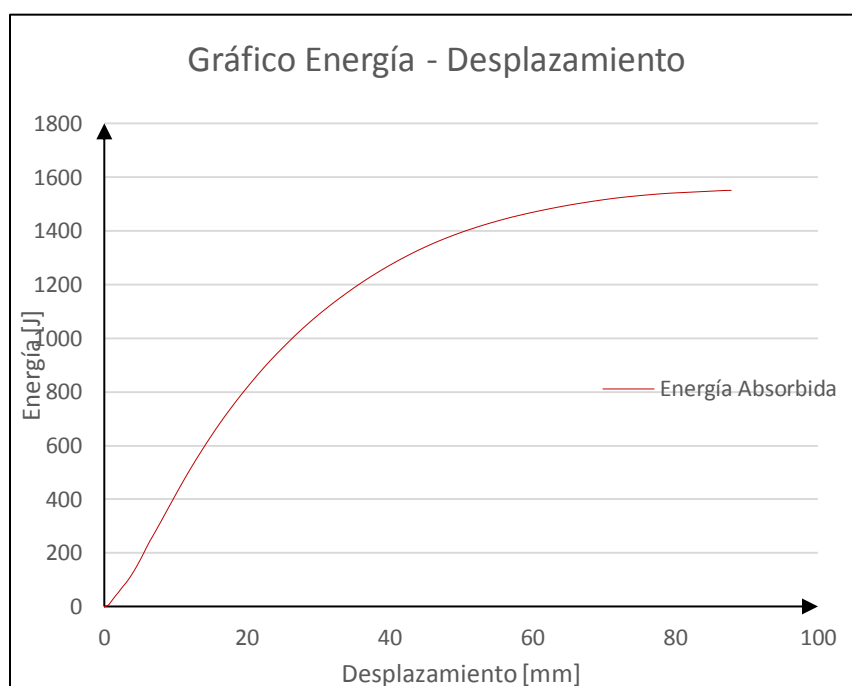
Carga Máxima
55.8523 [kN]

Deformación a Máxima Carga [mm]
5.78

Gráfica 149: Gráfica Carga - Desplazamiento Panel 10083

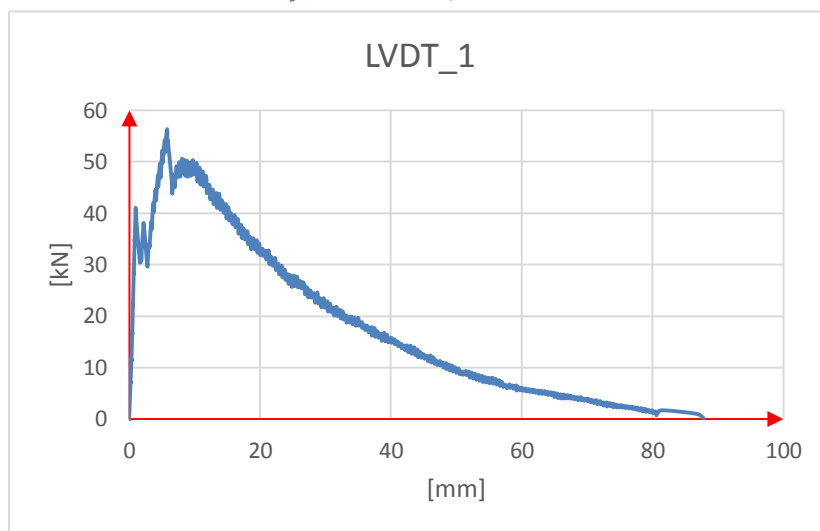


Gráfica 150: Gráfica Energía - Desplazamiento 10083

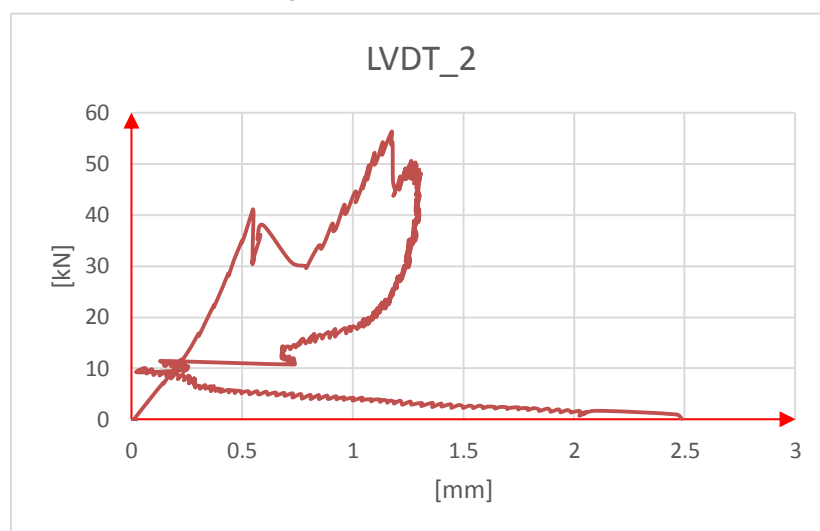


Resultados LVDT:

Gráfica 151: LVDT 1, Panel 10083



Gráfica 152: LVDT 2, Panel 10083



Gráfica 153: LVDT 3, Panel 10083

