UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO

2018

CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS SINTÉTICAS FRENTE A CARGAS DE PUNZONAMIENTO

POO MORALES, FELIPE ALFONSO

http://hdl.handle.net/11673/40696

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE

CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS SINTÉTICAS FRENTE A CARGAS DE PUNZONAMIENTO

MEMORIA DE TITULACIÓN PRESENTADO POR
FELIPE ALFONSO POO MORALES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE
CONSTRUCTOR CIVIL

PROFESOR GUÍA
SERGIO ALEJANDRO CARMONA MALATESTA

ABRIL DE 2018

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Federico Santa María por los años de colaboración a mi persona, especialmente al departamento de Obras Civiles y su laboratorio LEMCO donde pude desarrollar la presente Memoria de título, particularmente a Don Tomas Pacheco por su disposición y apoyo en la realización de la memoria.

En forma muy particular, quiero agradecer a mi profesor guía y jefe de carrera Don Sergio Carmona Malatesta por la colaboración, consejos y apoyo prestado en todo momento y a la comisión revisora por las correcciones propuestas.

También deseo manifestar mis agradecimientos a Paul Gálvez por su desinteresada colaboración en la instrumentalización y obtención de resultados obtenidos en los ensayos.

Finalmente y no menos importante, quisiera agradecer a mi padre, Fernando Poo y mi madre Miryam Morales y a mis compañeros y amigos; en especial a Francisco Villegas L. e integrantes de la rama de Rugby U.S.M. por su permanente apoyo y amistad entregada en todos estos años.

RESUMEN

Como es bien conocido, la incorporación de fibras en el hormigón mejora considerablemente su respuesta ante el esfuerzo de tracción, aumentando la tenacidad y evitando las fallas frágiles trayendo a su vez un aumento de su vida útil. Por otra parte, el uso de fibras como refuerzo estructural, especialmente en los hormigones proyectados o shotcretes utilizados en el sostenimiento de túneles, ha simplificado faenas que se caracterizan por ser de compleja ejecución. Su adición en hormigones para uso estructural permite reducir el costo al disminuir la armadura de refuerzo y el tiempo al poder aumentar los espacios por el exceso de armadura que hay en algunas estructuras.

Estos hormigones deben cumplir ciertas propiedades para ser considerado de uso estructural, como es la resistencia al punzonamiento, cuya falla suele ser de manera abrupta por la falla del refuerzo al corte y que los HRF permitan una falla dúctil detectando fisuras tempranas en los elementos de hormigón. Para controlar las propiedades de los shotcretes reforzado con fibras, normalmente se recurre a la capacidad de absorción de energía, determinada mediante ensayo de paneles cuadrados, los que se muestrean durante el proceso de proyección (según NCh 14488-5)

En la actualidad los ensayos de punzonamiento presentan un problema ya que influyen otros factores a la propagación de la falla, como lo es, el efecto de la flexión.

En esta memoria se estudia la respuesta de los hormigones reforzado con fibras frente a ensayos de punzonamiento, además, se buscará evidenciar la influencia de la flexión (falla frágil) en los ensayos de punzonamiento, para esto, se fabricarán un total de 45 muestras con tres cuantías de fibras sintéticas Barchip48 (4, 8 y 12 Kg/m^3). Las muestras tendrán una base fija de 300x300 [mm] variando su altura (50, 100 y 150 [mm]), obteniendo así 5 muestras para cada dosificación y altura de la muestra.

Con los resultados se obtendrán las cargas y deflexiones donde ocurren las fallas por corte y máximos de punzonamiento.

También se analizará los diferentes factores que influyen en el ensayo, como los son; altura de la muestra, contenido de fibras, forma del cono de fractura, energía absorbida y resistencia al corte.

El fin de la presente memoria es caracterizar el comportamiento de hormigones reforzado con fibras sintéticas frente a cargas de punzonamiento.

ABSTRACT

As it is well known, the incorporation of fibers in the concrete considerably improves its response to tensile stress, increasing tenacity and avoiding fragile failures, in turn increasing its useful life. On the other hand, the use of fibers as structural reinforcement, especially in the projected concretes or shotcretes used in the maintenance of tunnels, has simplified tasks that are characterized as being of complex execution. Its addition in concrete for structural use allows reducing the cost by decreasing the reinforcement and the time to be able to increase the spaces due to the excess of reinforcement that exists in some structures.

These concretes must comply with certain properties to be considered for their structural use, such as punching resistance, whose failure is usually abrupt due to failure of the reinforcement to the cut and HRF allow a ductile failure detecting early cracks in the concrete elements. To control the properties of fiber-reinforced shotcretes, the energy absorption capacity is usually used, determined by testing square panels, which are sampled during the projection process (according to NCh 14488-5).

Currently, punching tests have a problem because other factors influence the propagation of the failure, such as the effect of bending.

In this report we study the response of reinforced concretes with fibers against the punching shear test, in addition, we will seek to demonstrate the influence of bending (fragile failure) in the punching shear tests, for this, a total of 45 specimen with three quantities of Barchip48 synthetic fibers (4, 8 and 12 Kg / m3). The specimen will have a fixed base of 300x300 [mm] varying their height (50, 100 and 150 [mm]), obtaining 5 specimens for each dosage and height of the specimen.

With the results will be obtained the loads and deflections where the failures by cutting and punching shear occur.

It will also analyze the different factors that influence the trial, as they are; specimen height, fiber content, fracture cone shape, absorbed energy and cut resistance.

The purpose of the present report is to characterize the behavior of concretes reinforced with synthetic fibers against punching shear loads.

Contenido

RESUMEN 2
ABSTRACT 3
Capítulo 1 – Introducción y Objetivos 8
1.1 Introducción 8
1.2 Objetivos 9
Capítulo 2 – Marco teórico 10
Capítulo 3 – Investigación 14
3.1 Investigación 14
3.2 Dosificaciones 15
3.3 Nomenclatura 16
3.4 Confección de muestras 17
3.5 Ensayo 19
Capítulo 4 – Resultado de ensayos y Análisis 21
4.1 Resultados y análisis 21
4.1.1 comparación promedio de muestras 21
Capítulo 5 – Conclusiones 44
5.1 Comportamiento de los HRF sintéticas frente a cargas de punzonamiento 44
5.2 Factores que influyen en los ensayos 45
5.2.1 Altura de la muestra 45
5.2.2 Contenido de fibras 45
5.2.3 Forma de cono de fractura 46
5.2.4 Energía absorbida 46
5.2.5 Resistencia al corte 46
5.3 Recomendaciones para futuras investigaciones 46
Capítulo 6 – Referencias 48
ANEXO A – DOSIFICACION 49
ANEXO B – GRANULOMETRIA 51
B.1 Granulometría arena gruesa 51
B.2 Densidad real, neta, y absorción 53
B.3 Densidad aparente 53
B.4 Determinación del contenido de humedad 54

ANEXO C - MATERIALES 55
C.1 CEMENTO 55
C.2 Fibra sintética Barchip48 56
C.3 Sika® Plastocrete® MX-1390 CL reductor de agua – retardador 57
C.4 Sika® ViscoCrete®-5100 CL – reductor de agua de alta eficiencia 58
C.5 Sílice coloidal TYTRO® RC 430 59
ANEXO D - RESULTADOS 60
D.1 Resumen resultados 60
D.2 Resultados ensayos 61
D.2 Comparación visual ensayos 101
D.2.1 Muestras 300x300x50-4 101
D.2.2 Muestras 300x300x50-8 101
D.2.3 Muestras 300x300x50-12 101
D.2.4 Muestras 300x300x100-4 102
D.2.5 Muestras 300x300x100-8 102
D.2.6 Muestras 300x300x100-12 102
D.2.7 Muestras 300x300x150-4 103
D.2.8 Muestras 300x300x150-8 103
D.2.9 Muestras 300x300x150-12 103

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Ensayo 4 placas cargadas con gato hidráulico en el centro. Fuente: Sika.cl (6) 11
Ilustración 2 - Falla típica por punzonamiento mostrada por prontubeam (2) 12
Ilustración 3 - Perímetro critico de punzonamiento 12
Ilustración 4 - Falla por punzonamiento mostrada por @Mundo_Hormigon (9) 13
Ilustración 5 - Esquemas de ensaye 14
Ilustración 6 - Moldaje de muestras 17
Ilustración 7 - Betonera 17
Ilustración 8 - Relleno y curado de moldajes 19
Ilustración 9 - Montaje de ensayo 19
Ilustración 10 - Esquema general de ensayo 20
Ilustración 11 - Bastidor para ensayo 20
Ilustración 12 - Comparación ensayos 300x300x50 [mm] 21
Ilustración 13 - Comparación ensayos 300x300x100 [mm] 22
Ilustración 14 - Comparación ensayos 200x300x150 [mm] 22

Ilustración 15 - Comparación curvas 300x300x50 [mm] 24
Ilustración 16 - Comparación curvas 300x300x100 [mm] 25
Ilustración 17 - Comparación curvas 300x300x150 [mm] 25
Ilustración 18 - Comparación promedio de muestras desde máximo de punzonamiento .. 26
Ilustración 19 -Perímetro critico 33
Ilustración 20 - Diagrama mecanismo de falla por punzonamiento 33
Ilustración 21 - Comparación general muestra, cara de carga 36
Ilustración 22 - Comparación general de muestras, lado de apoyo 36
Ilustración 23 - Sistema de medición punzonamiento 37
Ilustración 24 - Curva tipo, elaboración propia 44
Ilustración 25 – Curva tipo 2, elaboración propia 45
Ilustración 26 - Bastidor propuesto 47
Ilustración 27- Anexo B - Granulometría arena gruesa. Fuente: informe Yenko Odriz 51
Ilustración 28 – Anexo B - Comparación granulometría obtenida V/S recomendada por norma NCH 163 52
Ilustración 29 - Anexo C - Fibra sintética Barchip 48 56
Ilustración 30 - Anexo C - Sika® Plastocrete® MX-1390 CL reductor de agua – retardador 57

Índice de tablas

Tabla 1 - Fechas de amasadas y ensayos de muestras 14
Tabla 2 - Dosificación hormigón 15
Tabla 3 - Fecha de amasadas y edad de muestra 18
Tabla 4 - Primer máximo punzonamiento con respectivos promedios por tipo de muestra 23
Tabla 5 - Energía residual muestras 27
Tabla 6 - Promedio energía absorbida por tipo de muestra 28
Tabla 7 - Corte en muestras de 300x300x50 [mm] 28
Tabla 8 - Corte en muestras de 300x300x100 [mm] 29
Tabla 9 – Corte en muestras de 300x300x150 [mm] 30
Tabla 10 - Cargas a los 1, 5 y 10 [mm] desde el primer máximo de punzonamiento 31
Tabla 11 - Promedio cargas a los 1, 5 y 10 [mm] desde el primer máximo de punzonamiento 32
Tabla 12 - Esfuerzos de punzonamiento por promedio de muestras 34
Tabla 13 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 54 37
Tabla 14 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 54 -1 38
Tabla 15 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 58 38
Tabla 16 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 58-5 38
Tabla 17 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 512 39
Tabla 18 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 512-4 39
Tabla 19 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 104 39
Tabla 20 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 104-5 40
Tabla 21 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 108 40
Tabla 22 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 108-2 40
Tabla 23 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 1012 41

Tabla 24 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 1012-5 41
Tabla 25 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 154..... 41
Tabla 26 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 154-1 41
Tabla 27 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 158..... 42
Tabla 28 - Tabla 24 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 158-3 42
Tabla 29 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 1512..... 42
Tabla 30 - Tabla 24 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 1512-1 43
Tabla 31 - Anexo A – Dosificación hormigón..... 49
Tabla 32 -Anexo A – Dosificación amasadas 300x300x50 [mm] 49
Tabla 33 - Anexo A – Dosificación amasada 300x300x100 [mm] 50
Tabla 34 - Dosificación amasada 300x300x150 [mm]..... 50
Tabla 35 - Granulometría arena gruesa. Fuente: informe Yenko Odriz..... 51
Tabla 36 – Anexo B - Granulometría recomendada según norma NCh 163..... 52
Tabla 37 - Anexo B - Densidad real, neta, y absorción 53
Tabla 38 - Anexo B - Densidad aparente 53
Tabla 39 – Anexo C – Características físicas y químicas del Cemento Polpaico 400..... 55
Tabla 40 - Anexo C - Propiedades Fibra Sintética Barchip 48[12] 56
Tabla 41 - Resumen resultados de ensayos 60

Capítulo 1 – Introducción y Objetivos

1.1 Introducción

En la actualidad, existen innumerables estudios realizados a los hormigones reforzados con fibras (HRF) para ser utilizados en diversas aplicaciones como túneles o pavimentos, lo que trae un aumento de su vida útil. La adición de fibras plásticas en hormigones para uso estructural permite reducir el costo al bajar la cuantía de refuerzo y disminuir el tiempo de construcción. De todos los estudios realizados no se ha llegado a una conclusión con respecto a cuantificar de manera precisa los esfuerzos de punzonamiento en el hormigón.

Estos hormigones deben cumplir ciertas propiedades para ser considerado de uso estructural, como es la resistencia al punzonamiento, cuya falla suele ser de manera abrupta por la falla del refuerzo al corte y que los HRF permiten una falla dúctil detectando fisuras tempranas en los elementos de hormigón.

En la actualidad los ensayos para caracterizar la falla por punzonamiento presentan un problema al influir otros factores y mecanismos en la propagación de la falla, como lo es, el efecto de la flexión, momentos y distribución de esfuerzos internos.

Es importante cuantificar los esfuerzos de punzonamiento ya que la falla por estos esfuerzos produce el colapso abrupto de las estructuras y la caracterización del HRF requiere que cumpla con requisitos mínimos para su uso como material estructural.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de esta memoria es caracterizar el comportamiento de hormigones reforzado con fibras sintéticas frente a cargas de punzonamiento.
Los objetivos secundarios son;

- Proponer un ensayo que permita caracterizar el comportamiento de los HRF frente a carga de punzonamiento.

- Caracterizar las respuestas de los diferentes HRF con fibras sintéticas frente a cargas de punzonamiento.

- Obtener las cargas y deflexiones donde ocurren las fallas por corte y máximos de punzonamiento.

- Analizar los diferentes factores que influyen en el ensayo, como son; altura de la muestra, contenido de fibras, forma del cono de fractura, energía absorbida y resistencia al corte.

- Obtener la dimensión ideal de una probeta que represente el punzonamiento puro, minimizando los efectos la flexión al origen de la falla, así como las condiciones ideales para realizar ensayo de punzonamiento.

Capítulo 2 – Marco teórico

Uno de los fenómenos indeseables en el hormigón es la fisuración o aparición de grietas por diferentes causas, entre otras, la baja resistencia a la tracción causada por momentos flectores, mala dosificación y mezcla de agregados. Los efectos que produce dicha grieta son el acomodamiento de las tensiones internas del hormigón, el ingreso de agua que afecta en las variaciones de temperatura, especialmente en ciclos hielo-deshielo y la oxidación de la armadura interna de refuerzo al corte o fibras de acero si las hubiese.

Los hormigones reforzados con fibras (HRF) es una tecnología que de una u otra firma siempre estuvo presente de manera artesanal, como la paja añadida al adobe desde el comienzo del siglo XX, hechas de diversos materiales, diámetro y formas. Con respecto a la clasificación de las fibras según el material [1], existen metálicas, sintéticas, de vidrios, fibras naturales.

La adición de fibras le confiere al hormigón ductilidad y resistencia a la tracción ya que el hormigón solo tiene gran resistencia a esfuerzos de compresión.

La clasificación de las fibras según su forma física:

- Clase Ia: Micro Fibras: <0,30 mm de diámetro; Mono-filamentosas
- Clase Ib: Micro Fibras: < 0,30 mm de diámetro; fibrilosas.
- Clase II: Macro Fibras: > 0,30 mm de diámetro

Entre las fibras más utilizadas están las metálicas, que tienen la ventaja de una gran resistencia al corte, pero la desventaja que, al abrirse una grieta, estas se oxidan al quedar expuestas al ambiente, deteriorando las fibras. En esta memoria se utilizaron fibras de polipropileno, las cuales se distribuyen aleatoriamente en el concreto.

Las Macro fibras aumentan la tenacidad del hormigón, es decir, para resistir más después de que se produce la fisura. La resistencia a la compresión y flexión no se ven afectadas mayormente como para ser consideradas en el análisis

Según la dosis de fibras agregadas a la mezcla, la resistencia residual va variando, según muestra un estudio realizado por la empresa de fibras sintéticas Sika cuyos resultados se presentan en la Ilustración 1. En este estudio se analizaron 4 muestras de hormigones.

El punto 1 representa carga máxima alcanzada y el punto 2 la deflexión máxima alcanzada. La primera muestra sin contenido de fibras alcanzo el punto 1 donde se fracturo. Las siguientes muestras Se observa el gran aumento de la tenacidad a medida que se aumenta la dosis de fibra. También se puede apreciar que a medida que se aumenta la dosis de fibra en el elemento, la resistencia residual aumenta, manteniendo casi inalterado el valor de la carga en la falla por flexión (aumenta la ductilidad y tenacidad del hormigón, lo que se traduce en un aumento de la vida útil del elemento).

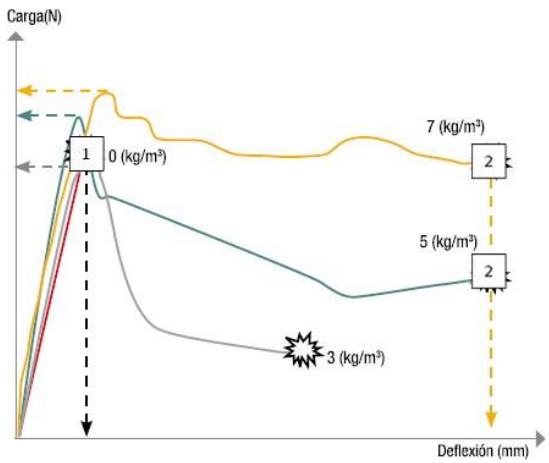


Ilustración 1 ensayo 4 Placas cargadas con gato hidráulico en el centro. Fuente: Sika.cl (6)

Antes de que se alcance la carga máxima, ocurren ciertos fenómenos, entre ellos, la falla por flexión que se identifica por un descenso brusco de la curva (punto 1 en adelante) y luego la falla por punzonamiento, falla a la cual está referida la presente memoria.

Falla por punzonamiento

La falla por punzonamiento se produce por los esfuerzos de tracción en el hormigón generados cuando se aplica una carga concentrada en un área reducida ya sea por corte y/o flexión en el hormigón. En la actualidad aún no se ha podido establecer una manera precisa de determinar la resistencia al punzonamiento del hormigón.

La dificultad radica en que, en el hormigón, los esfuerzos que aparecen tras la aplicación de una carga no son planos, sino, tridimensionales por lo que no hay una teoría aceptable en la actualidad, no existiendo ensayos que se aproximen a valores teóricos, ya que no resultan precisos por las múltiples variables que influyen (tracción, flexión, irregularidad de la pieza, entre otros y la combinación de estas variables).

Las fallas por punzonamiento son peligrosas ya que muchas veces no se aprecian fallas previas que puedan prever la falla, por lo que es deseable un elemento que falle de manera dúctil lo que se obtiene al utilizar HFR (hormigón reforzado con fibras)

Los daños producidos en los elementos de hormigón más característicos son la rotura de placas alrededor de los pilares donde se apoya o donde hay una gran concentración de esfuerzos en un área reducida en relación con la magnitud de la carga aplicada como se representa en la Ilustración 2.

El punzonamiento (concentración de esfuerzos de flexión y corte) es identificable como una falla de forma tronco-cónica o tronco-piramidal, según sea el apoyo (circular o rectangular respectivamente).

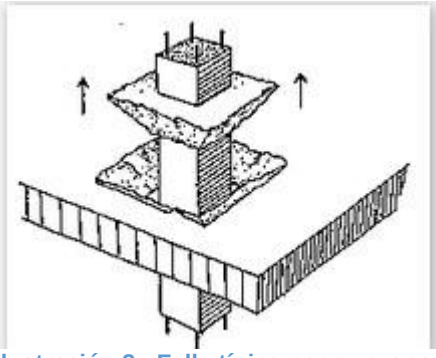


Ilustración 2 - Falla típica por punzonamiento mostrada por prontubeam (2)

La forma troncocónica se explica con la teoría de mecánica de materiales [3], esto se debe a que se producen esfuerzos de tención de igual magnitud pero en otra dirección (tangencial) y como la resistencia a la tracción del hormigón es menor que la resistencia al corte, falla primero por flexión y luego por corte, propagándose la grieta por el plano de los esfuerzos principales (falla por corte). Aunque, teóricamente, la grieta por corte se propaga por el centro del elemento por su "eje neutro", donde las fuerzas de flexión son nulas y las fuerzas de corte son máximas.

Sobre el punzonamiento, el código ACI 318[4] sección 11.11 menciona;

- *"La falla ocurre por punzonamiento a lo largo de una pirámide o tronco truncado alrededor de la carga concentrada o reacción*". El ángulo de rotura puede variar entre 30° y 45°
- *"se supone una sección critica de d/2 del paramento del apoyo y la carga concentrada, donde "d" es el espesor de la loza o elemento a analizar*", sección representada en la Ilustración 3.

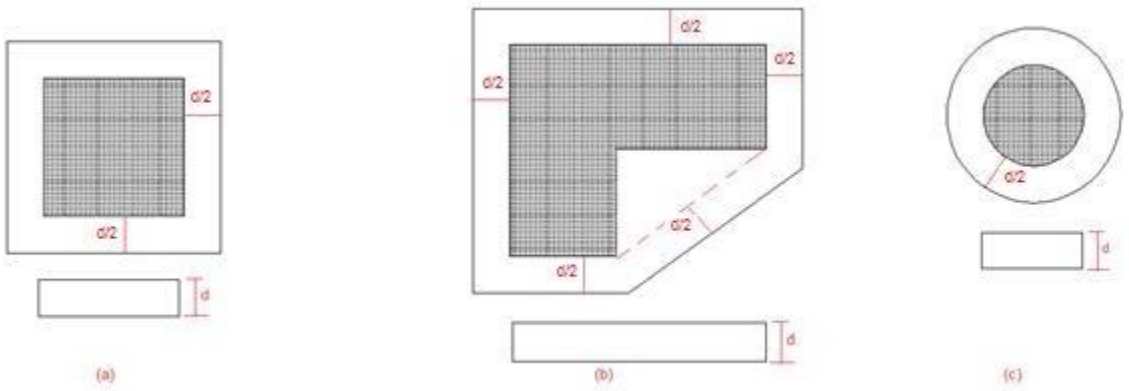


Ilustración 3 - Perímetro critico de punzonamiento

Este perímetro crítico depende del espesor del elemento del hormigón y sirve para calcular el esfuerzo al cortante para las cargas críticas concentradas en dicho elemento.

Según el código ACI 318-08 la contribución del hormigón corresponde a aproximadamente al 75% de la resistencia al punzonamiento cuando no existe refuerzo al corte.

Para analizar la carga de falla por punzonamiento existen métodos teóricos para predecir dicha carga (Teoría de losas planas, diseño al corte en dos direcciones) y no existe un ensayo normalizado.

Las posibles causas de las fallas en el hormigón son diversas y pueden causar un colapso repentino de la estructura si no tiene resistencia al corte adecuado, como se observa en la Ilustración 4. Esta falla puede deberse a:

- Falta de resistencia del hormigón
- Exceso o falta de adición de fibras a la mezcla
- Exceso de carga para la cual fue diseñada
- Mal hormigonado con presencia de huecos, especialmente en zonas de concentración de esfuerzos (zona critica)
- Aumento de los esfuerzos de corte o de momentos flectores no previstos por el cálculo previo.

Ilustración 4 - Falla por punzonamiento mostrada por @Mundo_Hormigon (9)

En la caracterización del punzonamiento existe un inconveniente, el efecto y falla por flexión que existe en los ensayos, factor que altera los resultados de la carga máxima que resiste el hormigón produciéndose esfuerzos en otras direcciones, distinta a los esfuerzos de corte, como es el caso de los paneles EFNARC (EN 14488-5).

Así, cuando se produce las primeras fisuras en el hormigón, se producen reajustes o nuevas tenciones las cuales varían a medida que aumenta la fisura. También influye la fricción entre el hormigón en el plano de corte y la fricción entre la muestra el bastidor de ensaye.

Capítulo 3 – Investigación

3.1 Investigación

Esta buscara ver la influencia de la modificación de las dimensiones de las probetas en relación a las curvas obtenidas al realizar ensayos de punzonamiento con el fin de ver la influencia de la dimensión de las probetas en relación de su arista y altura para su caracterización para el control del punzonamiento.

Para esto, los paneles obtenidos de distintas dimensiones y contenido de fibras, serán sometidos a ensayo estático de rotura de panel, donde se registrará curva de Fuerza v/s desplazamiento mediante dispositivo LVDT, y se obtendrán datos de primer máximo a flexión, primer máximo al punzonamiento y carga máxima aplicada.

Los detalles de las fechas de la elaboración de amasadas y de ensayo se presentan en la Tabla 1, donde el tiempo mínimo de curado es de 28 días.

Tabla 1 - Fechas de amasadas y ensayos de muestras

ESPECIFICACION MUESTRA		FECHA DE AMASADA	FECHA DE ENSAYO	EDAD MUESTRA - DIAS
HRF 12 KG/M3 (5)	300X300X100	30-05-2017	27-07-2017	59
HRF 8 KG/M3 (5)	300X300X100	01-06-2017	27-07-2017	57
HRF 4 KG/M3 (5)	300X300X100	05-06-2017	27-07-2017	53
HRF 12 KG/M3 (5)	300X300X150	09-06-2017	28-07-2017	50
HRF 8 KG/M3 (5)	300X300X150	12-06-2017	28-07-2017	47
HRF 4 KG/M3 (5)	300X300X150	14-06-2017	28-07-2017	45
HRF 12 KG/M3 (5)	300X300X50	11-07-2017	07-08-2017	28
HRF 8 KG/M3 (5)	300X300X50	14-07-2017	10-08-2017	28
HRF 4 KG/M3 (5)	300X300X50	01-08-2017	28-08-2017	28

Para realizar dichos ensayos se utilizara un bastidor de 30x30 cm de área y una luz de 30 cm presentados en la Ilustración 5, donde la muestra se ensayara en ensayo de compresión de capacidad de 3.000 [kN] marca CONTROLS[17] modelo C35Z00. Cada probeta será ajustada con placas de acero y tiras de caucho entre la muestra y el bastidor para evitar el roce durante el ensayo.

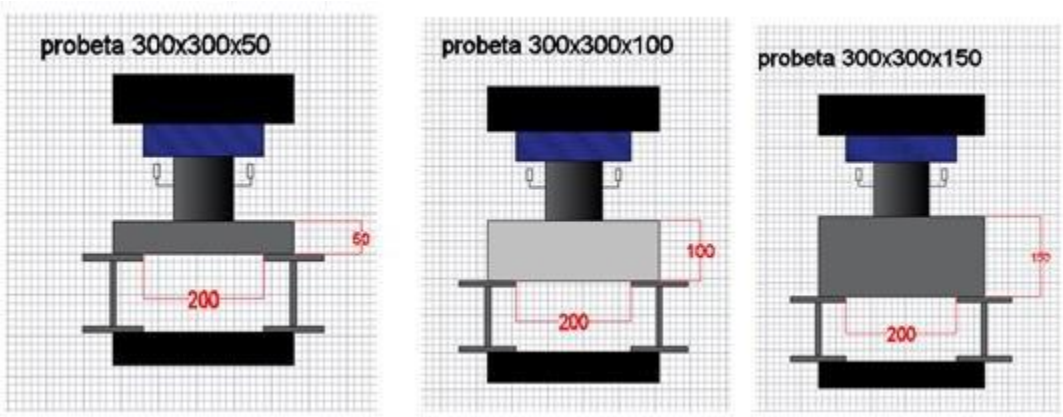


Ilustración 5 - Esquemas de ensaye

3.2 Dosificaciones

Para la confección de los paneles se utilizarán 5 muestras por cada dosificación de contenido de fibras sintéticas (4, 8 y 12 kg/m^3) y altura de los paneles (50, 100 y 150 mm) para un total de 9 amasadas cuya dosificación es presentada en la presentadas en el ANEXO A – DOSIFICACIÓN. La dosificación presentada en la Tabla 2 está basada en un hormigón de alta resistencia utilizado, en todas las amasadas propuestas variando solo la cuantía de fibras utilizadas. Las cuantías utilizadas en esta memoria son de 4 kg/m^3, 8 Kg/m^3 y 12 Kg/m^3

Tabla 2 - Dosificación hormigón

Dosificación

Descripción	Unidad	Dosificación HP1
Cemento Melón Extra	kg/m3	380
Arena Gruesa	kg/m3	1354
Arena Correctora (gruesa)	kg/m3	339
Agua	kg/m3	216
Plastocrete MX-1390	kg/m3	1,9
ViscoCrete 5100	kg/m3	1,9
Sílice Coloidal	kg/m3	2,66
Fibra Plástica	kg/m3	4_8_12

3.3 Nomenclatura

Para la identificación de las muestras se utilizará la siguiente nomenclatura:

- **XY-Z**: numeración de la muestra, donde;
  - **X**: altura de la probeta de 30x30x**X** [cm]
  - **Y**: cantidad de fibras de la muestra expresadas en kg/m^3
  - **Z**: número de muestra de la misma especificación (dimensión y cantidad de fibra) [varia de 1 a 5].

- Ej.: 512-4: corresponde la muestra N° 4 del lote de 30x30x5 [cm] con 12 [kg/m3] de contenido de fibras.
- Muestra 54: muestra de dimensiones 300x300x50 [mm] y 4 kg/m^3 de fibras.
- Muestra 58: muestra de dimensiones 300x300x50 [mm] y 8 kg/m^3 de fibras.
- Muestra 512: muestra de dimensiones 300x300x50 [mm] y 12 kg/m^3 de fibras.
- Muestra 104: muestra de dimensiones 300x300x100 [mm] y 4 kg./m^3 de fibras.
- Muestra 108: muestra de dimensiones 300x300x100 [mm] y 8 kg./m^3 de fibras.
- Muestra 1012: muestra de dimensiones 300x300x100 [mm] y 12 kg/m^3 de fibras.
- Muestra 154: muestra de dimensiones 300x300x150 [mm] y 4 kg/m^3 de fibras.
- Muestra 158: muestra de dimensiones 300x300x150 [mm] y 8 kg/m^3 de fibras.
- Muestra 1512: muestra de dimensiones 300x300x150 [mm] y 12 kg/m^3 de fibras.

- HRF: Hormigón Reforzado con Fibras
- v_{P_Z}: Esfuerzo de punzonamiento
- P_Z: Carga donde se produce el primer máximo de punzonamiento
- LVDT: Transformador Diferencial Variable Lineal (elemento de medida inductivo)
- C.V: Coeficiente de Variación probabilístico.
- δ_{P_Z}: Deflexión en el primer máximo de punzonamiento

3.4 Confección de muestras

Para la confección de muestras se realizan 5 moldajes para cada altura, de Terciado para moldaje con fijaciones de tornillos e impermeabilizados con desmoldante. Estos moldajes tienen una base interna de 30x30 cm y su altura varía (5, 10 y 15 cm), como se muestran en la Ilustración 6, atornillados en su base y costados para un rápido desmoldado y reutilización.

Ilustración 6 - moldaje de muestras

El hormigón será preparado en una betonera de eje vertical de capacidad 130 lts, la betonera es presentada en la Ilustración 7.

Ilustración 7 - Betonera

La programación de las amasadas y las fechas de ensayo se especifica en la Tabla 3, dejando un tiempo de curado mínimo de 28 días para luego ser ensayados según disponibilidad de la prensa de ensaye:

Tabla 3 - fecha de amasadas y edad de muestra

ESPECIFICACIÓN	MUESTRA	FECHA DE AMASADA	FECHA DE ENSAYO	EDAD MUESTRA - DIAS
HR F 12 KG /M3 (5)	300X300X100	30-05-2017	27-07-2017	59
HR F 8 KG /M3 (5)	300X300X100	01-06-2017	27-07-2017	57
HR F 4 KG /M3 (5)	300X300X100	05-06-2017	27-07-2017	53
HR F 12 KG /M3 (5)	300X300X150	09-06-2017	28-07-2017	50
HR F 8 KG /M3 (5)	300X300X150	12-06-2017	28-07-2017	47
HR F 4 KG /M3 (5)	300X300X150	14-06-2017	28-07-2017	45
HR F 12 KG /M3 (5)	300X300X50	11-07-2017	07-08-2017	28
HR F 8 KG /M3 (5)	300X300X50	14-07-2017	10-08-2017	28
HR F 4 KG /M3 (5)	300X300X50	01-08-2017	28-08-2017	28

Para el amasado se seguirá el siguiente procedimiento; primero se dosifican todos los materiales en cubetas de 20 litros, el agua y los aditivos por separado antes de empezar la amasada. Luego, se procede a mezclar los aditivos en el agua de amasado.

El carguío en la betonera se realiza de la siguiente forma:

1° el 50% de la arena

2° El 75%del agua

3° toda la arena junto al cemento

4° el resto del agua

5° la fibra esparcida en forma de lluvia

Luego del amasado (2-3 minutos) en la betonera se procede a vaciar en moldajes, previamente nivelados, por medio de carretilla y pala para el llenado.

Se vacía el hormigón hasta 1/3 de la altura compactando con 32 golpes de pisón metálico de 16 mm. De diámetro y 60 cm. De largo, redondeada en las puntas.

Se repite el procedimiento para el llenado a 2/3 y completo para el posterior enrazado de la superficie con una llana, las probetas son cubiertas con polietileno transparente, como se presenta en la Ilustración 8, para evitar el agrietamiento por retracción.

Ilustración 8 - Relleno y curado de moldajes

El desmoldado de las probetas se realiza luego de transcurrido un mínimo de 48 horas para su reutilización en la siguiente dosificación.

3.5 Ensayo

El ensayo se realiza en la máquina de compresión a una velocidad de carga constante de 0.25 [MPa/s] (control de carga) en la máquina de ensaye de la marca CONTROLS [17] es una máquina de utilidad general.se presenta en la Ilustración 9 el montaje realizado para el ensayo La máquina de ensayo la compone un bastidor de ensayos de compresión cuyo código es 50 – C25Z00 cuyas dimensiones son (largo X fondo X alto) 540 X 555 X 1090 [mm] cuyo peso es de 575 [Kg]. Características de la máquina de ensaye:

- Estructura de acero soldado rígido
- Conjunto de asiento esférico adecuado para ensayos con cubos, cilindros y bloques.
- Precisión de Clase 1 según la norma EN 12390-4 (Clase A según la norma ASTM E4).
- Capacidad máxima de carga de 3000 [kN].

Ilustración 9 - Montaje de ensayo

Se presenta en la Ilustración 10 un esquema general de ensayo, el cual incluye las siguientes partes;

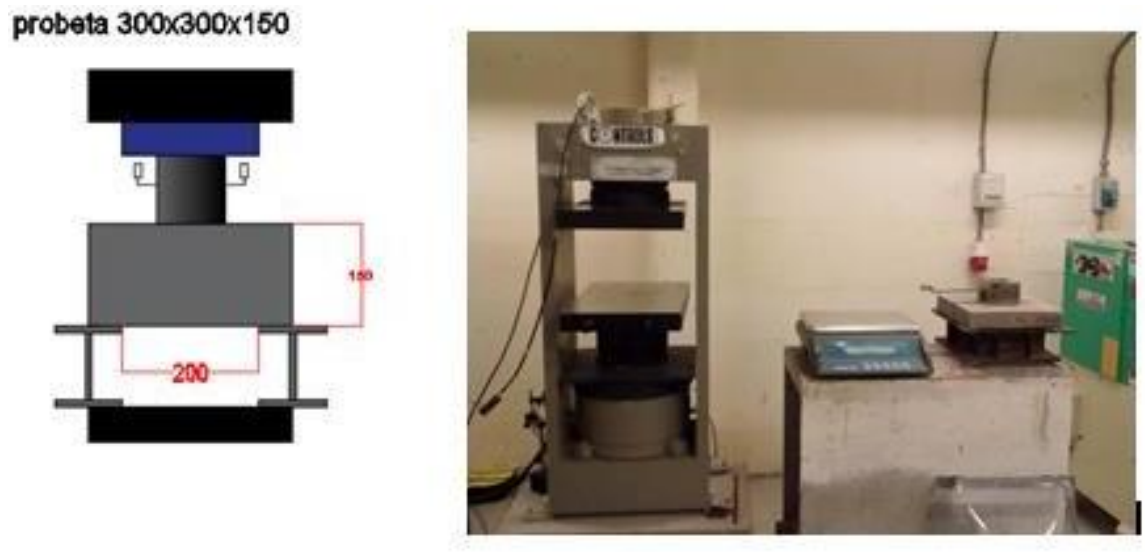


Ilustración 10 - Esquema general de ensayo

- Máquina de ensaye
- Bastidor de acero de 30X30 [cm]. (ver Ilustración 11)
- Placa de acero de 10X10 [cm]
- Placas de ajuste de altura
- Transductor de LVDT.
- Placas de caucho y PVC para evitar roce

Ilustración 11 - Bastidor para ensayo

El bastidor considera una luz de 200 [mm]

Capítulo 4 – Resultado de ensayos y Análisis

4.1 Resultados y análisis

4.1.1 Comparación promedio de muestras

En la Ilustración 12, Ilustración 13 e Ilustración 14 se presentan las curvas características obtenidas de cada dosificación y tamaño de muestras, graficadas tras el análisis de los ensayos de punzonamiento.

La primera comparación presentada en la Ilustración 12 fue realizada sobre tres muestras, una de cada dosificación de 300x300x50 [mm]

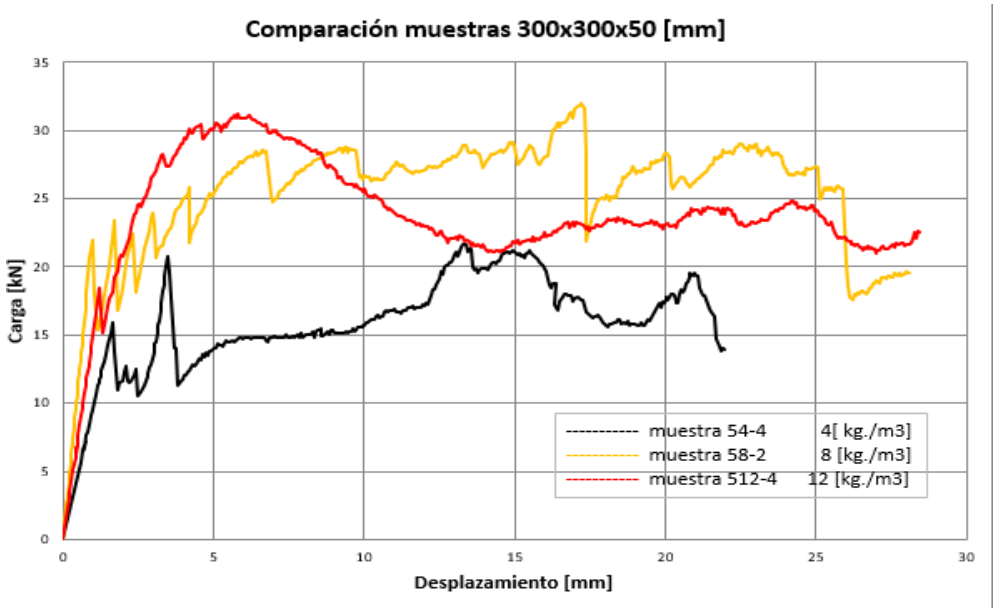


Ilustración 12 - Comparación ensayos 300x300x50 [mm]

En esta primera comparación se aprecia una mayor resistencia en las probetas de 8 kg/m^3 y un comportamiento más estable a la flexión (caída menos abrupta de la curva) de las probetas de 12 kg/m^3.

Analizando la Ilustración 13, donde se presentan muestras de 100 [mm] de altura se aprecia un comportamiento similar a la anterior, siendo la más estable la dosificación de 12 kg/m^3.

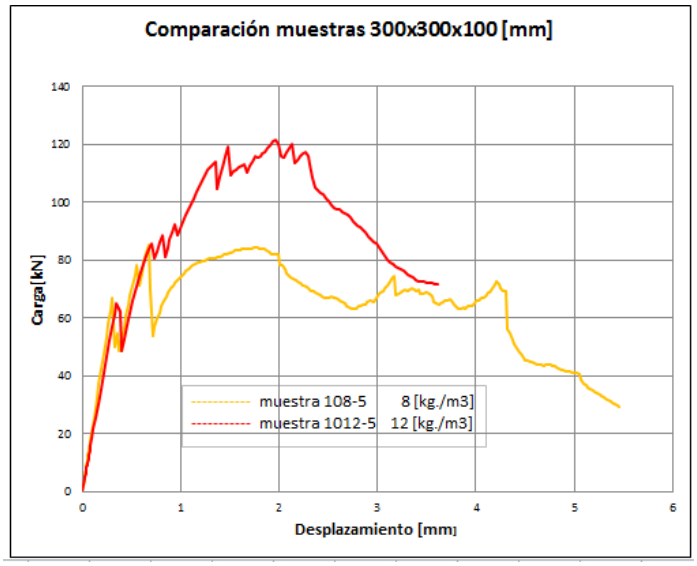


Ilustración 13 - Comparación ensayos 300x300x100 [mm]

Dentro de los resultados obtenidos de las muestras de 150 [mm] de altura, presentadas en la Ilustración 14, se observa un mayor efecto de flexión siendo, nuevamente, más estable la dosificación de 12 kg/m^3 de cuantía de fibras. Además, se observa un aumento de la carga máxima de flexión y de la energía residual, aumentando su resistencia después del agrietamiento cuando empiezan a trabajar las fibras.

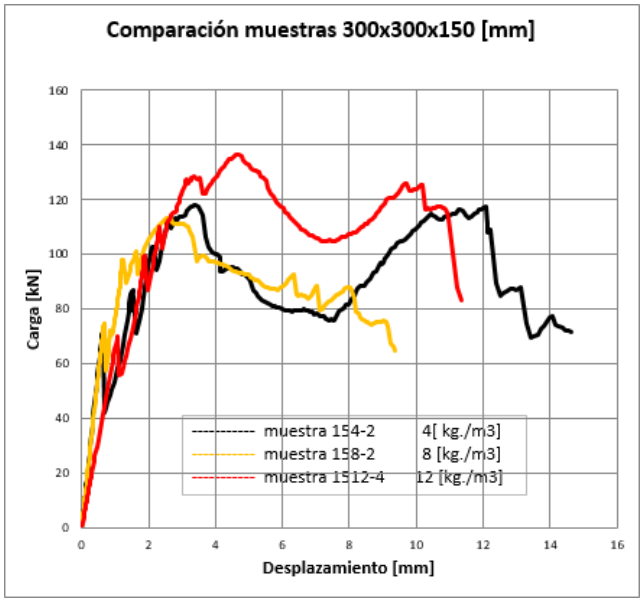


Ilustración 14 - Comparación ensayos 200x300x150 [mm]

El siguiente análisis consiste en encontrar el primer máximo de punzonamiento mediante el análisis de los gráficos obtenidos de cada muestra, los cuales son presentados en la Tabla 4. Se agrupan por tamaño de la muestra y contenido de fibras, además de incluir el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación;

Tabla 4 - Primer máximo punzonamiento con respectivos promedios por tipo de muestra

	primer máximo punzonamiento					
Muestras	carga [kN]	desplazamiento [mm]	cargamáxima[kN]	promedio primer máximo de punzonamiento	Desviación estándar	CV
54-1	17,20	5,99	18,84	16,64	1,83	10,99
54-2	16,04	4,80	19,32			
54-3	15,00	9,63	14,78			
54-4	14,87	6,96	17,75			
54-5	19,04	13,08	0,00			
58-1	24,51	13,40	28,62	24,60	2,28	9,25
58-2	26,63	10,19	26,52			
58-3	34,21	7,42	32,13			
58-4	27,42	8,40	25,46			
58-5	28,62	12,10	0,00			
512-1	23,00	2,08	31,00	18,55	2,09	11,27
512-2	24,44	6,40	22,77			
512-3	17,49	4,41	19,15			
512-4	26,58	9,18	26,58			
512-5	26,76	7,23	24,99			
108-1	82,60	0,76	77,60	63,18	8,56	13,55
108-2	90,90	0,34	96,90			
108-3	73,70	0,24	90,10			
108-4	75,40	4,70	71,50			
108-5	81,90	1,99	81,90			
1012-1	117,20	2,26	72,20	60,64	7,60	12,54
1012-2	65,00	0,30	113,60			
1012-3	88,60	0,37	116,30			
1012-4	76,30	1,16	72,90			
1012-5	89,00	0,35	114,40			
154-1	80,36	0,97	94,79	71,58	1,90	2,65
154-2	112,23	2,60	117,89			
154-3	68,82	2,99	77,43			
154-4	93,14	4,47	122,98			
154-5	81,03	5,37	82,23			
158-1	89,58	5,68	120,56	81,45	10,42	12,80
158-2	101,12	1,63	113,38			
159-3	110,41	5,31	95,69			
158-4	104,38	6,26	109,18			
158-5	111,15	5,53	111,94			
1512-1	115,20	0,93	169,70	99,45	27,39	27,54
1512-2	126,16	6,96	126,16			
1512-3	131,98	1,21	155,94			
1512-4	127,70	3,14	136,63			
1512-5	125,34	5,62	118,57			

En la Tabla 4 se observa, con respecto al coeficiente de variación, un bajo coeficiente en los resultados en las muestras 154 (C.V.= 2,65) y un alto coeficiente en las muestras 1512 (C.V. = 27,54)

Con respecto a las muestras de 50 [mm] de altura (54-58-512) se observa u aumento en el primer máximo de punzonamiento con una dosis de 8 kg/m^3 de fibras, con un coeficiente de variación similar entre 9,25% y 11,27%.

Las muestras de 100 [mm] presentan un promedio similar en el primer máximo de punzonamiento, con una desviación estándar similar. El coeficiente de variación similar entre las muestras de 8 kg/m^3 y 12 kg/m^3 (13,56% y 12,54%), un poco mayor que las de 50 [mm].

En las muestras de 150 [mm] de altura, la carga donde se presenta el primer máximo de punzonamiento va aumentando a medida que aumenta el contenido de fibras, al igual que la desviación estándar y el coeficiente de variación.

De todas las muestras, las que presentan menor variación son las de 150 [mm] de altura y 4 kg/m^3 de contenido de fibras con un 2,65%.

A continuación, se analizarán las curvas desde el primer máximo de punzonamiento, dejando como origen dicho punto (desplazamiento cero cuando ocurre el primer máximo de punzonamiento), analizando el promedio de muestras y agrupando según altura de muestra y cuantía de fibras (promedio de 5 muestras);

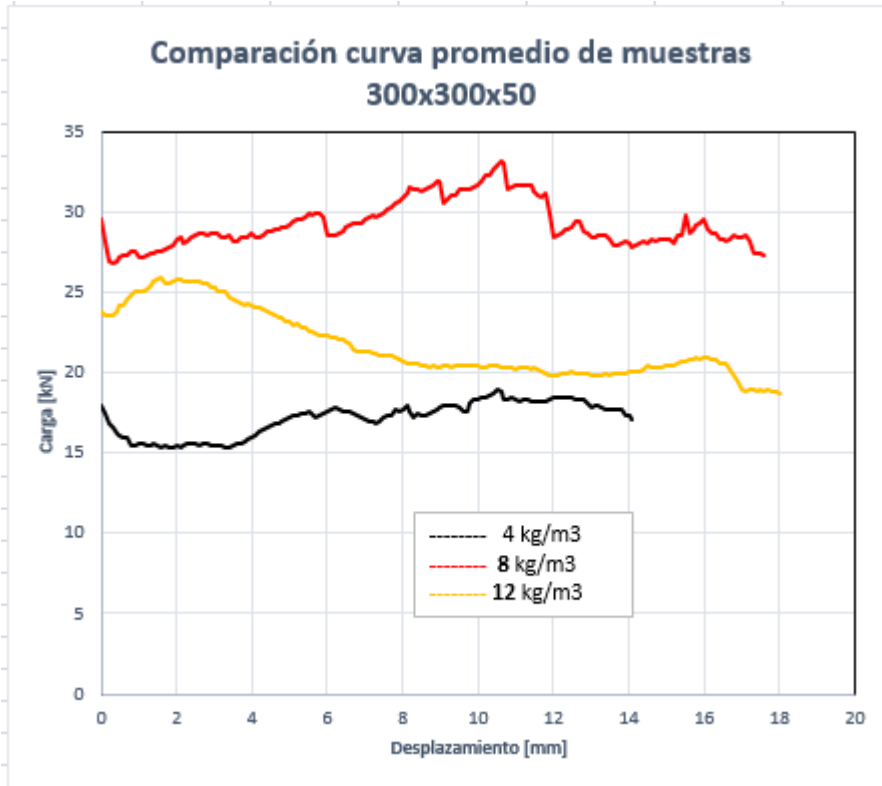


Ilustración 15 - Comparación curvas 300x300x50 [mm]

Como se aprecia en la Ilustración 15, el primer máximo de punzonamiento ocurre a menor carga con una dosificación de 4 kg/m^3 y a mayor carga con una dosificación de 8 kg/m^3. En todas las muestras comparadas en la ilustración se muestra una gran ductilidad después del agrietamiento.

En la Ilustración 16, donde se comparan las muestras de 100 [mm] de altura, se observa una carga similar en el primer máximo de punzonamiento y un bajo desplazamiento.

En la Ilustración 17, donde se comparan las muestras de 150 [mm] de altura se observa un aumento del máximo de punzonamiento a medida que se aumenta el contenido de fibras y un desplazamiento máximo similar.

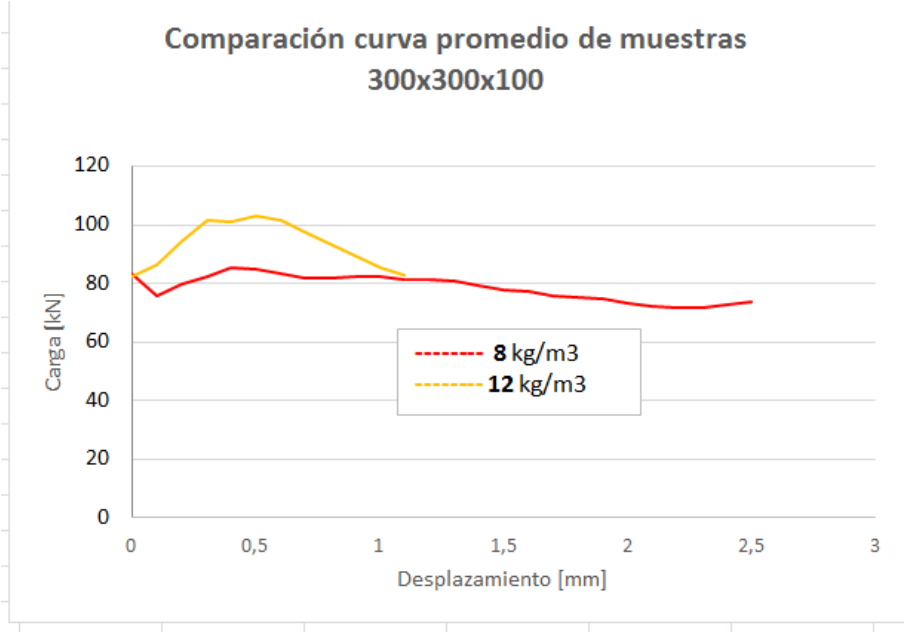


Ilustración 16 - Comparación curvas 300x300x100 [mm]

Analizando la Ilustración 17 referida a las muestras de 150 [mm] de altura se observa un aumento del primer máximo de punzonamiento a medida que de aumenta el contenido de fibras.

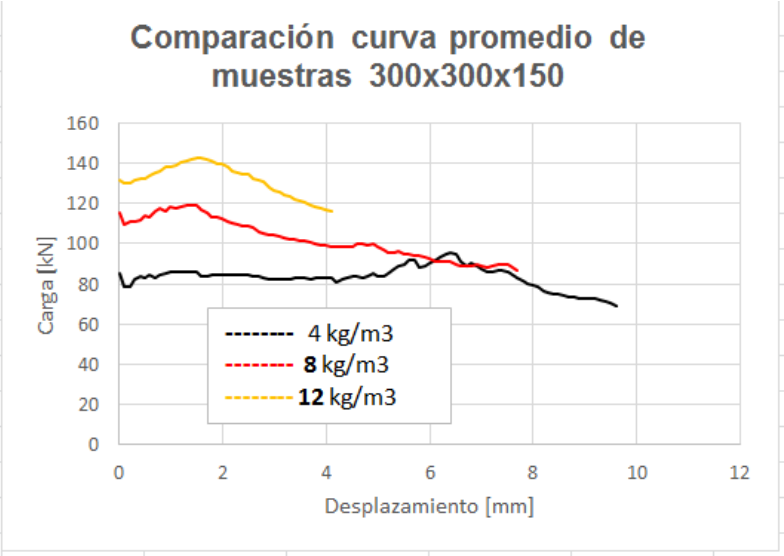


Ilustración 17 - Comparación curvas 300x300x150 [mm]

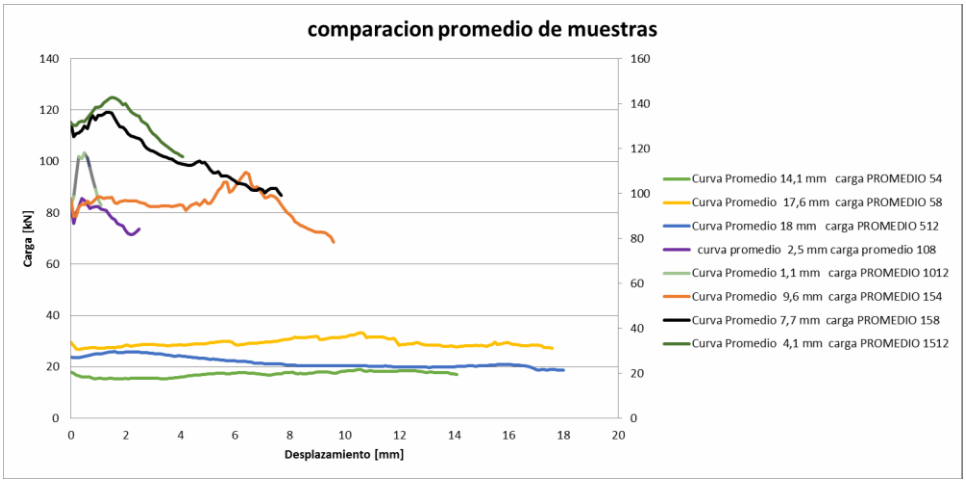


Ilustración 18 - Comparación promedio de muestras desde máximo de punzonamiento

En la Ilustración 18 se comparan todos los promedios anteriormente analizados siendo el promedio de muestras de las probetas 1512 y 158 las que se obtuvo la mayor resistencia al punzonamiento y las menores resistencias las muestras 58, 512 y 54

El área bajo estas curvas, desde el primer máximo de punzonamiento, representa la energía residual o energía absorbida por las fibras. En la Tabla 5 se presenta la energía obtenida en el ensayo, expresado en [J], además de la deflexión máxima alcanzada, y datos estadísticos por cada contenido de fibras.

Analizando la energía absorbida y separándolas por dimensión de la muestra se observa que;

- La muestra de 50 [mm] de altura presenta más absorción de energía en las que contienen 8 kg/m^3 (C.V. 14.13%) y menor las que contienen 4 kg/m^3 (C.V. 8,23%)
- Las muestras de 100 [mm] presentan mayor energía absorbida en las muestras de 8 kg/m^3 de contenido de fibras (C.V. 6,97%) y menor en las muestras de 12 kg/m^3 de fibras (C.V. 9,19%)
- Las muestras de 150 [mm] de altura presentan una absorción de energía similar para contenido de fibras de 4 kg/m^3 y 8 kg/m^3 (C.V. de 13,27% y 11,52% respectivamente)

Tabla 5 - Energía residual muestras

muestra	Energía [kN*mm] - [J]	deflexión [mm]	Desviación estándar	CV
54-1	217,47	14,10		
54-2	227,53	14,10		
54-3	258,43	14,10	19,79	
54-4	235,74	14,10		
54-5	263,37	14,10		
promedio 54	240,51	14,10	19,79	8,23
58-1	478,50	17,60		
58-2	483,33	17,60		
58-3	595,28	17,60	72,46	
58-4	425,83	17,60		
58-5	580,57	17,60		
promedio 58	512,70	17,60	72,46	14,13
512-1	437,86	18,00		
512-2	348,96	18,00		
512-3	290,97	18,00	67,66	
512-4	439,26	18,00		
512-5	435,91	18,00		
promedio 512	390,59	18,00	67,66	17,32
108-1	178,29	2,50		
108-2	206,88	2,50		
108-3	207,38	2,50	13,66	
108-4	203,02	2,50		
108-5	184,34	2,50		
promedio 108	195,98	2,50	13,66	6,97
1012-1	114,77	1,10		
1012-2	110,61	1,10		
1012-3	103,83	1,10	9,55	
1012-4	90,23	1,10		
1012-5	100,05	1,10		
promedio 1012	103,90	1,10	9,55	9,19
154-1	808,98	9,60		
154-2	937,09	9,60		
154-3	663,07	9,60	106,07	
154-4	854,53	9,60		
154-5	733,58	9,60		
promedio 154	799,45	9,60	106,07	13,27
158-1	706,02	7,70		
158-2	704,71	7,70		
158-3	761,41	7,70	90,39	
158-4	837,85	7,70		
158-5	914,02	7,70		
promedio 158	784,80	7,70	90,39	11,52
1512-1	539,59	4,10		
1512-2	553,88	4,10		
1512-3	583,60	4,10	25,91	
1512-4	513,10	4,10		
1512-5	558,42	4,10		
promedio 1512	549,72	4,10	25,91	4,71

Tabla 6 - Promedio energía absorbida por tipo de muestra

muestra	Energía [kN*mm] - [J]	deflexión [mm]	promedio	CV
promedio 54	240,51	14,10	240,51	8,23
promedio 58	512,70	17,60	512,70	14,13
promedio 512	390,59	18,00	390,59	17,32
promedio 108	195,98	2,50	195,98	6,97
promedio 1012	103,90	1,10	103,90	9,19
promedio 154	799,45	9,60	799,45	13,27
promedio 158	784,80	7,70	784,80	11,52
promedio 1512	549,72	4,10	549,72	4,71

Analizando los promedios de la energía absorbida se observa que el máximo coeficiente de variación es de 17,32% para el promedio de muestras 512 y el mínimo de 4,71% para el promedio de muestras 1512

Otro de los análisis a realizar es el esfuerzo al corte que ocurre al momento que se presenta el primer máximo de punzonamiento.

Se presenta en la Tabla 7, el esfuerzo al cortante máximo de las muestras de 50 [mm] de altura; se observa que el promedio mayor se obtiene con una dosificación de 8 kg/m^3 con una resistencia al corte de 0,99 [N/mm^2]

Tabla 7 - Corte en muestras de 300x300x50 [mm]

	primer máximo punzonamiento							
Muestras	carga [kN]	desplazamiento [mm]	a [mm]	d [mm]	b [mm]	v [N/mm^2]	promedio v [N/mm^2]	área p
54-1	17,20	1,62	100,00	50,00	600,00	0,57		10000,00
54-2	16,04	1,54	100,00	50,00	600,00	0,53		10000,00
54-3	19,10	1,15	100,00	50,00	600,00	0,64	0,60	10000,00
54-4	20,74	1,64	100,00	50,00	600,00	0,69		10000,00
54-5	16,76	1,12	100,00	50,00	600,00	0,56		10000,00
58-1	27,51	9,81	100,00	50,00	600,00	0,92		10000,00
58-2	28,63	6,63	100,00	50,00	600,00	0,95		10000,00
58-3	35,09	3,81	100,00	50,00	600,00	1,17	0,99	10000,00
58-4	30,90	4,81	100,00	50,00	600,00	1,03		10000,00
58-5	25,66	8,26	100,00	50,00	600,00	0,86		10000,00
512-1	23,00	2,08	100,00	50,00	600,00	0,77		10000,00
512-2	23,55	2,95	100,00	50,00	600,00	0,78		10000,00
512-3	17,49	4,41	100,00	50,00	600,00	0,58	0,80	10000,00
512-4	31,24	5,81	100,00	50,00	600,00	1,04		10000,00
512-5	24,10	3,92	100,00	50,00	600,00	0,80		10000,00

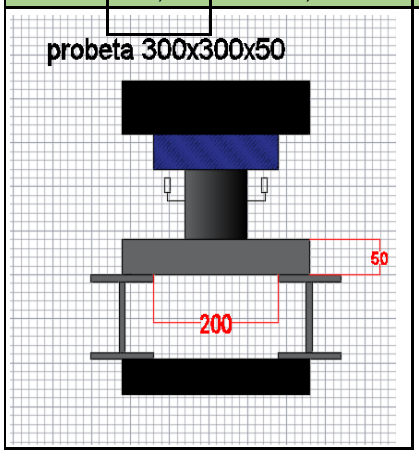
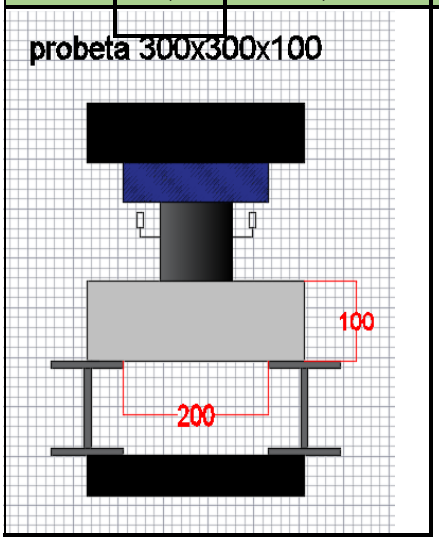


Tabla 8 - Corte en muestras de 300x300x100 [mm]

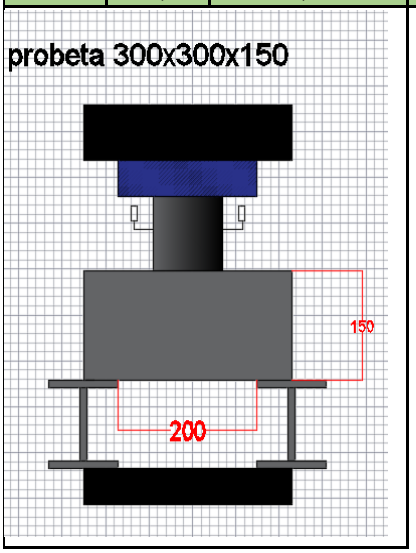
	primer máximo punzonamiento							
Muestras	carga [kN]	desplazamiento [mm]	a [mm]	d [mm]	b [mm]	v [N/mm^2]	promedio v [N/mm^2]	área p
104-1	23,77	3,37	100	100	800	0,30	0,30	10000
108-1	83,00	0,14	100	100	800	1,04		10000
108-2	90,90	0,34	100	100	800	1,14		10000
108-3	73,70	0,24	100	100	800	0,92	1,04	10000
108-4	83,30	1,65	100	100	800	1,04		10000
108-5	85,20	0,67	100	100	800	1,07		10000
1012-1	86,00	0,70	100	100	800	1,08		10000
1012-2	65,00	0,30	100	100	800	0,81		10000
1012-3	88,60	0,37	100	100	800	1,11	1,03	10000
1012-4	84,00	0,36	100	100	800	1,05		10000
1012-5	89,00	0,35	100	100	800	1,11		10000



En la Tabla 8 se presenta el corte en las muestras de 100 [mm] de altura con un promedio similar entre las muestras de 8 kg/m^3 y 12 kg/m^3 (1,04 y 1,03 [N/mm^2] respectivamente)

Tabla 9 – Corte en muestras de 300x300x150 [mm]

	primer máximo punzonamiento							
Muestras	carga [kN]	desplazamiento [mm]	a [mm]	d [mm]	b [mm]	v [N/mm^2]	promedio v [N/mm^2]	área p [mm^2]
154-1	80,36	0,97	100	150	800	0,67		10000
154-2	112,23	2,60	100	150	800	0,94		10000
154-3	68,82	2,99	100	150	800	0,57	0,71	10000
154-4	89,11	0,94	100	150	800	0,74		10000
154-5	76,89	1,79	100	150	800	0,64		10000
158-1	120,56	2,42	100	150	800	1,00		10000
158-2	101,12	1,63	100	150	800	0,84		10000
158-3	112,18	2,02	100	150	800	0,93	0,97	10000
158-4	127,44	2,69	100	150	800	1,06		10000
158-5	117,92	1,66	100	150	800	0,98		10000
1512-1	115,20	0,93	100	150	800	0,96		10000
1512-2	143,86	3,94	100	150	800	1,20		10000
1512-3	131,98	1,21	100	150	800	1,10	1,10	10000
1512-4	127,70	3,14	100	150	800	1,06		10000
1512-5	138,67	2,06	100	150	800	1,16		10000



En la Tabla 9 se observa un aumento de la resistencia al corte a medida que aumenta el contenido de fibras, siendo el máximo de 1,01 [N/mm^2] en la muestra de 12 kg/m^3 de contenido de fibras.

Para obtener los esfuerzos de punzonamiento se requieren las cargas aplicadas a un determinado desplazamiento desde que ocurre el punzonamiento, esto se analizara a 1, 5 y 10 [mm]. Se presenta una tabla general (Tabla 10) y luego una tabla promedio (Tabla 11) por cada tipo de muestra (cargas expresadas en [kN]);

Tabla 10 - Cargas a los 1, 5 y 10 [mm] desde el primer máximo de punzonamiento

Muestras	δPz	1 [mm]	5 [mm]	10 [mm]
54-1	1,62	17,11	15,16	16,54
54-2	1,54	13,69	15,61	16,81
54-3	1,15	15,23	20,37	19,03
54-4	1,64	13,04	15,40	21,14
54-5	1,12	18,92	19,53	18,14
58-1	1,50	26,16	25,86	31,71
58-2	0,96	26,46	26,90	30,52
58-3	0,62	32,94	31,00	38,25
58-4	1,10	24,74	32,80	23,59
58-5	1,62	25,91	29,54	34,43
512-1	1,28	27,15	25,40	23,45
512-2	1,63	24,76	21,75	16,94
512-3	1,04	16,15	18,64	16,72
512-4	1,23	30,41	24,77	22,13
512-5	1,68	26,98	25,30	22,85
108-1	0,07	70,50	_	_
108-2	0,09	87,81	_	_
108-3	0,09	86,13	_	_
108-4	0,65	83,43	75,80	49,70
108-5	0,30	83,71	_	_
1012-1	0,34	112,65	_	_
1012-2	0,22	103,67	_	_
1012-3	0,14	65,76	_	_
1012-4	0,21	70,89	_	_
1012-5	0,16	73,73	_	_
154-1	0,56	75,44	87,19	59,77
154-2	0,62	114,58	76,97	85,73
154-3	0,53	73,70	86,19	_
154-4	0,44	85,05	87,20	72,55
154-5	0,51	82,65	80,34	53,91
158-1	0,79	107,28	83,38	_
158-2	0,67	113,35	84,63	_
159-3	0,63	110,49	95,41	74,01
158-4	0,40	131,01	114,52	_
158-5	0,64	127,98	113,35	95,35
1512-1	0,09	128,98	_	_
1512-2	3,94	139,64	112,73	_
1512-3	0,41	155,12	123,73	142,29
1512-4	1,07	130,38	108,25	_
1512-5	0,61	137,58	114,84	92,59

Tabla 11 - Promedio cargas a los 1, 5 y 10 [mm] desde el primer máximo de punzonamiento

Muestras	δPz [mm]	1 [mm]	5 [mm]	10 [mm]
54	1,42	15,60	17,21	18,33
58	1,16	27,24	29,22	31,70
512	1,37	25,09	23,17	20,42
108	0,24	82,32	75,80	49,70
1012	0,21	85,34	_	_
154	0,53	86,28	83,58	67,99
158	0,62	118,02	98,26	84,68
1512	1,22	138,34	114,89	117,44

Analizando el resumen presentado en la Tabla 11 se observa que la mayoría de las muestras llega, a lo menos, a 10 [mm] de deflexión contados a partir del primer máximo de punzonamiento, exceptuando a las probetas de 100 [mm] de altura y 12 kg/m^3 de contenido de fibras.

Analizando las cargas que se ejercen sobre la probeta a un determinado desplazamiento (1, 5 y 10 [mm]) medido desde la deflexión donde ocurre el primer máximo de punzonamiento, se observa que las muestras de 50 [mm] de altura aumentan su resistencia al aumentar la deflexión, exceptuando la muestra de 12 kg/m^3 de fibras, la cual disminuye su resistencia a partir de los 5 mm de desplazamiento.

Las muestras de 100 [mm] se observa una disminución en la capacidad de soporte a medida que se deflacta, incluso a fallar antes de los 10 [mm] en el caso de las muestras de 12 kg/m^3.

Las muestras de 150 [mm] de altura se observa una leve disminución en la capacidad de soporte entre los 1 y 5 [mm] y un descenso mayor a los 10[mm] exceptuando por las muestras de 12 kg/m^3 de fibras en la cual se produce un leve aumento en la capacidad de soporte a las 10 [mm]

De los gráficos obtenidos anteriormente se pueden obtener el cálculo de los esfuerzos de punzonamiento, considerando el perímetro crítico presentado en la Ilustración 19, donde se produce la concentración de esfuerzos;

Ahora se analizará los resultados alrededor del perímetro crítico teórico de falla [4] como se observa en la Ilustración 19;

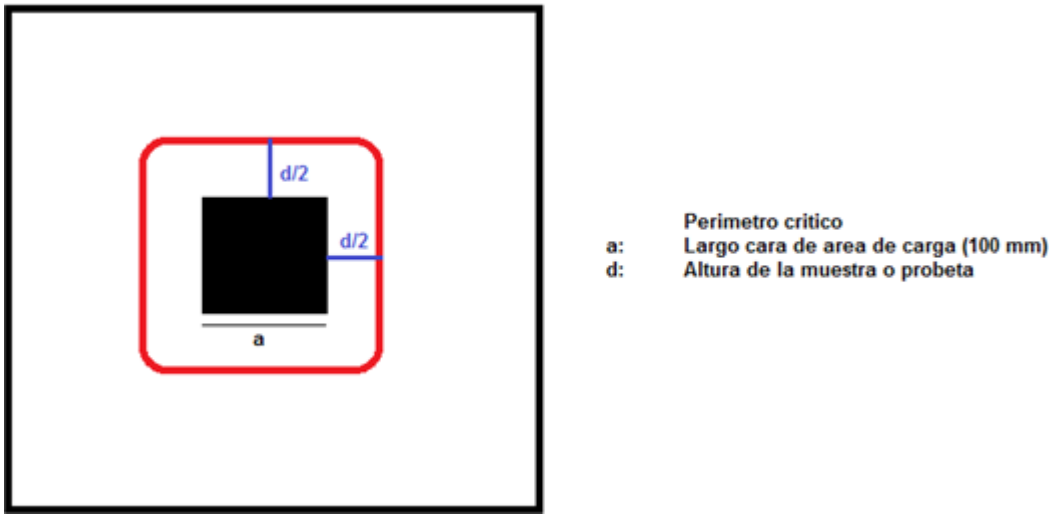


Ilustración 19 -perímetro critico

Esta zona crítica es donde se produce el mecanismo de falla presentado en la Ilustración 20, donde se combinan los esfuerzos de flexión, tracción y corte.

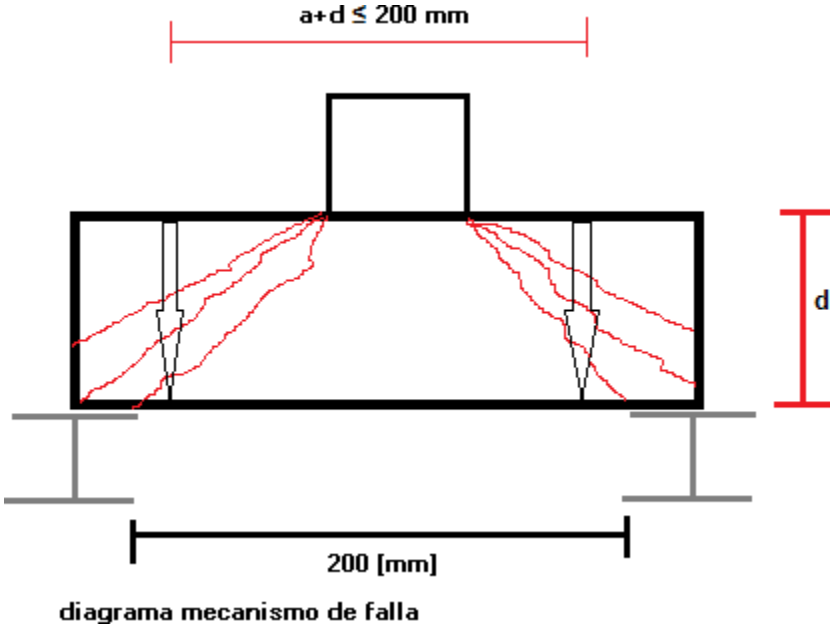


Ilustración 20 - Diagrama mecanismo de falla por punzonamiento

El esfuerzo de punzonamiento se obtiene a través de la siguiente ecuación

$$vPz = \frac{P_z}{d*b_o} \quad [N/mm2] \quad \text{Donde;}$$

$b_0 = 4 * (a + d) \leq 800\ [mm]$

P_z= carga donde se produce el primer máximo de punzonamiento, en [N]

d= alto de la muestra, en [mm]

b_0= perímetro de la sección critica en [mm], donde teóricamente se produce la falla por punzonamiento.

a= ancho del punzón o zona de concentración de carga, en [mm]

Tabla 12 - esfuerzos de punzonamiento por promedio de muestras

Muestras	Pz [kN]	a [mm]	d [mm]	bo [mm]	vPz [N/mm2]
54	16,64	100,00	50	600	0,55
58	24,60	100,00	50	600	0,82
512	18,55	100,00	50	600	0,62
108	63,18	100,00	100	800	0,79
1012	60,64	100,00	100	800	0,76
154	71,58	100,00	150	800	0,60
158	81,45	100,00	150	800	0,68
1512	99,45	100,00	150	800	0,83

En la Tabla 12 se presenta el promedio de esfuerzos de punzonamiento agrupados según dimensión de la muestra y contenido de fibras. Para la muestra de 50 [mm] de altura se observa una mayor capacidad de soporte de esfuerzos en las muestras que contienen 8 kg/m^3 con un valor obtenido de 0,82 [N/mm^2].

En las muestras de 100 [mm] de altura se observa una resistencia similar para las muestras de 8 y 12 kg/m^3 con valores de 0,79 y 0,76 N/mm^2.

En las muestras de 150 [mm] de altura de observa un aumento en el esfuerzo de punzonamiento a medida que se aumenta el contenido de fibras.

Realizando una comparación visual de cada tipo de muestra ensayada, las cuales se presentan en la Ilustración 21 por su lado anverso y en la Ilustración 22 por el reverso, se observa que;

- En las muestras de 50 [mm] de espesor; La falla por flexión en la muestra de 12 kg/m3 no se ve reflejada en la cara de carga, lo que si ocurre en la muestra de 8 kg/m3 (representada por grieta en forma de x en la superficie) que incluso falla por punzonamiento en forma acorde a la teoría (perímetro crítico). Analizando la parte inferior se observa falla por flexión en las tres muestras y rotura por punzonamiento en la muestra de 4 kg/m3.

- En las muestras de 100 [mm] de espesor; se observa penetración del vástago de carga en las tres muestras, la muestra de 12 kg/m3 se observa una penetración menor. Por la cara de apoyo se observa en la muestra de 4 kg/m3 de fibras la rotura alrededor de todo el perímetro. A medida que aumenta el contenido de fibra la rotura va aumentando y se nota menos la falla por flexión llegando a notarse solo falla por flexión en la muestra de 4 kg/m3 de contenido de fibras.

- En las muestras de 150 [mm] se observa la penetración del vástago en las 3 muestras analizadas de forma notoria. Por la cara de apoyo se observa corte en la muestra de 12 kg/m3 el cual va disminuyendo a medida que disminuye el contenido de fibras. Con respecto al efecto de la flexión, esta va disminuyendo a medida que aumenta el contenido de fibras.

- Comparando las muestras de 12 kg/m3 de cuantía de fibras se observa mayor punzonamiento en la muestra de 50 [mm] y 150 [mm] aunque se observa efecto de flexión en la cara de carga en la muestra de 50 [mm]. En la parte posterior se observa falla por flexión, notoria en las muestras de 100 [mm] y 150 [mm] y falla por corte en la muestra de 50 [mm].

- En las muestras de 8 kg/m3 de cuantía de fibras se observa, en la cara de carga, punzonamiento en las muestras de 100 [mm] y 150 [mm] y solo efecto de flexión en la muestra de 50 [mm]. En la cara de apoyo se observa corte en la muestra de 50 [mm] y efecto combinado de flexión y corte en las muestras de 100 [mm] y 150 [mm].

- En las muestras de 4 kg/m3 de cuantía de fibras se observa, por la cara de carga, penetración del vástago en la muestra de 150 [mm], casi nula penetración en la muestra de 100 [mm] y grietas por flexión en la muestra 50 [mm]. Por la cara de apoyo se observa un aumento del efecto del corte (deslizamiento del cono de falla) a medida que aumenta el contenido de fibras, todas acompañadas de efecto de flexión.

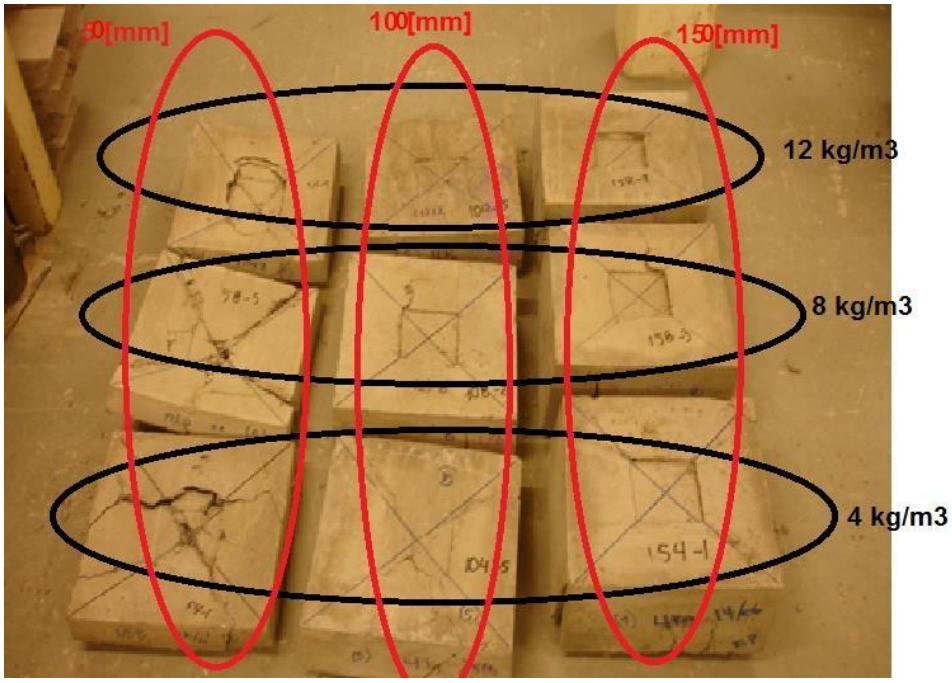


Ilustración 21 - comparación general muestra, cara de carga

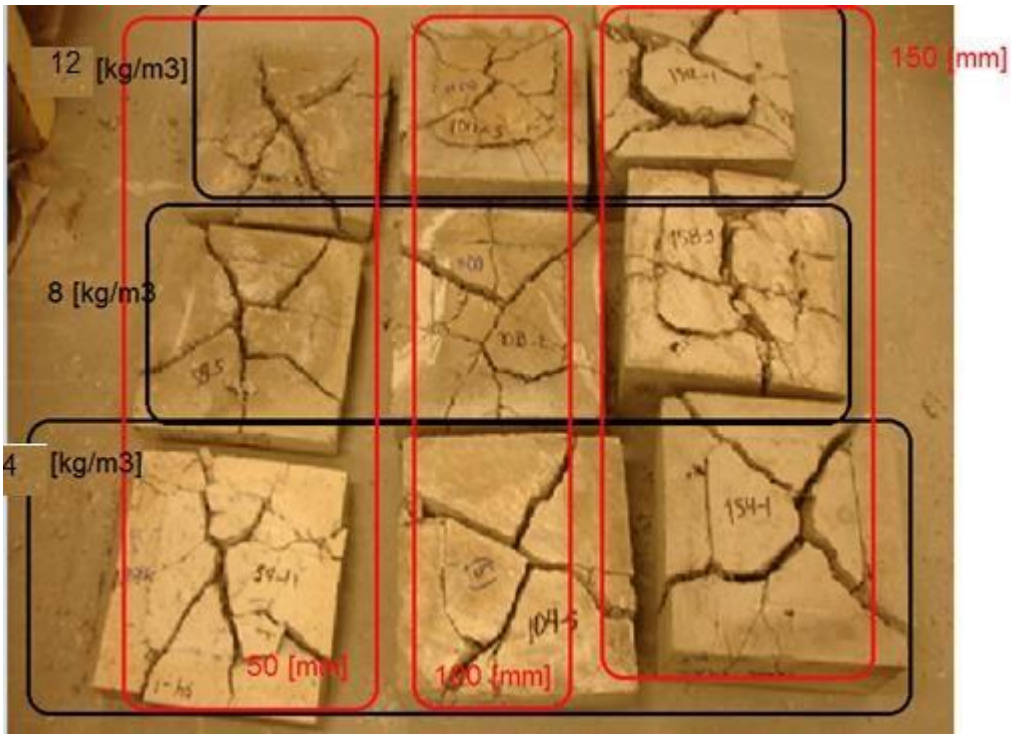


Ilustración 22 - Comparación general de muestras, lado de apoyo

A continuación se realiza una medición de la magnitud del punzonamiento en cada una de las muestras medida en la grieta ubicada en la cara de carga y por la parte inferior en las muestras presentadas en la Ilustración 21 e Ilustración 22 las cuales representan a una muestra por altura de muestra y cuantía de fibras.

El sistema de medición se presenta en la Ilustración 23 donde el número representa la medición por el lado de carga y la letra la medición por el lado de apoyo

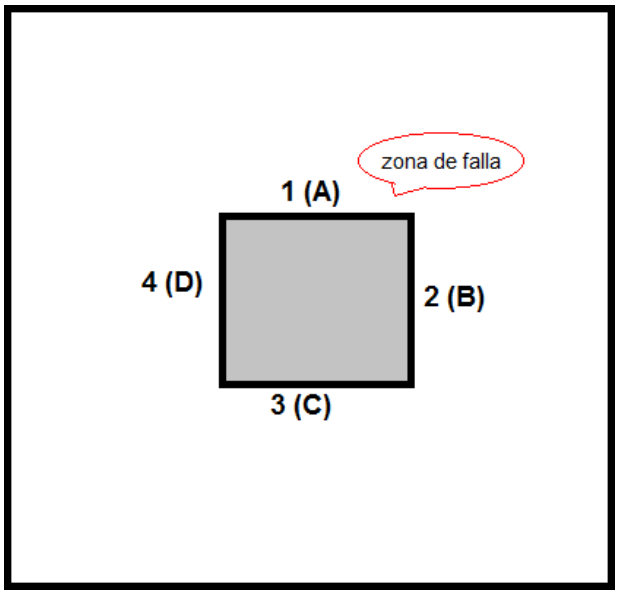


Ilustración 23 - Sistema de medición punzonamiento

– muestras 54

Tabla 13 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 54

MUESTRA	lado					
300x300x50-4	1	2	3	4	PROMEDIO	
1	0,67	7,00	9,67	2,67	5,00	[mm]
2	8,00	3,00	4,67	5,67	5,33	[mm]
3	19,67	0,33	0,00	0,67	5,17	[mm]
4	4,00	4,33	12,67	0,00	5,25	[mm]
5	0,67	0,00	0,67	3,67	1,25	[mm]
	6,60	2,93	5,53	2,53	4,40	

Tabla 14 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 54 -1

MUESTRA	lado				
54-1	1	2	3	PROMEDIO	
A	10	0	0	3,33	[mm]
B	12	12	8	10,67	[mm]
C	15	5	12	10,67	[mm]
D	8	0	7	5,00	[mm]
	11,25	4,25	6,75	7,42	

Las muestras de 300x300x50 [mm] y 4 kg/m3 de contenido de fibras muestran punzonamiento por el lado de carga alcanzando un promedio de 4,4 [mm]. Por el lado de apoyo presentan rotura en la cara de carga produciéndose fractura en todo su perímetro obteniéndose un promedio de 7,42 [mm] en su perímetro.

- muestras 58

Tabla 15 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 58

MUESTRA	lado					
300x300x50-8	1	2	3	4	PROMEDIO	
1	0	4,5	1	0	1,38	[mm]
2	0	10	2	25	9,25	[mm]
3	0	0	0,75	0,7	0,36	[mm]
4	10,05	11,05	0	0	5,28	[mm]
5	0,5	0	0,5	0	0,25	[mm]
	2,11	5,11	0,85	5,14	3,30	

Tabla 16 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 58-5

MUESTRA	lado				
58-5	1	2	3	PROMEDIO	
A	0	0	0	0,00	[mm]
B	0	0	0	0,00	[mm]
C	0	0	0	0,00	[mm]
D	0	0	0	0,00	[mm]

Las muestras de 300x300x50 [mm] y 8 kg/m3 de contenido de fibras presentan casi nulo punzonamiento por la cara de carga y se ve reflejada la falla por flexión en dicha cara. Por la cara de apoyo solo ve falla por flexión produciéndose a su vez la aparición del cono característico de la falla por punzonamiento, pero sin desplazamiento relativo a la probeta.

– muestras 512

Tabla 17 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 512

MUESTRA	lado					
300x300x50-12	1	2	3	4	PROMEDIO	
1	3	2	13	0	4,50	[mm]
2	0	0	8	0	2,00	[mm]
3	0	0	11	0	2,75	[mm]
4	10,05	0	12	0	5,51	[mm]
5	23	24	12	0	14,75	[mm]
	7,21	5,2	11,2	0	5,90	

Tabla 18 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 512-4

MUESTRA	lado				
512-4	1	2	3	PROMEDIO	
A	5	0	7	4,00	[mm]
B	3	1	0	1,33	[mm]
C	3	1	0	1,33	[mm]
D	0	0	13	4,33	[mm]

Las muestras de 300x300x50 [mm] y 12 kg/m3 de contenido de fibras presentan punzonamiento en la superficie de carga. Esta falla se produce en el área exterior del punzón con presencia de flexión en la zona central. Por el lado de apoyo se observa notoriamente el efecto de flexión y un leve desplazamiento relativo. En algunos lados no se forma falla debido al deslizamiento de la probeta al producirse la flexión.

– muestras 104

Tabla 19 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 104

MUESTRA	lado					
300x300x100-4	1	2	3	4	PROMEDIO	
1	0	2	0	5,5	1,88	[mm]
2	1	1	0	0	0,50	[mm]
3	12	12	10,5	8,5	10,75	[mm]
4	12	6	1	6	6,25	[mm]
5	3,5	5,5	7,5	8	6,13	[mm]
	5,7	5,3	3,8	5,6	5,10	

Tabla 20 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 104-5

MUESTRA	lado				
104-5	1	2	3	PROMEDIO	
A	3	1	0	1,33	[mm]
B	0	0	0	0,00	[mm]
C	0	0	0	0,00	[mm]
D	0	0	1	0,33	[mm]

Las muestras de 300x300x100 [mm] y 4 kg/m3 de contenido de fibras presentan en la superficie de carga falla por punzonamiento en 4 de las 5 muestras ensayadas, obteniéndose un promedio de 5,10 [mm]. Por la cara de apoyo se observa notoriamente falla por flexión y casi nulo desarrollo del cono de falla.

- muestras 108

Tabla 21 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 108

MUESTRA	lado					
300x300x100-8	1	2	3	4	PROMEDIO	
1	0	1	5	5	2,75	[mm]
2	3,5	2	9	9,5	6,00	[mm]
3	0	0,5	1	0,5	0,50	[mm]
4	0	4	5	3,5	3,13	[mm]
5	2	4	6,5	2	3,63	[mm]
	1,1	2,3	5,3	4,1	3,20	

Tabla 22 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 108-2

MUESTRA	lado				
108-2	1	2	3	PROMEDIO	
A	4	3	0	2,33	[mm]
B	0	0	0	0,00	[mm]
C	9	9	9	9,00	[mm]
D	11	10	0	7,00	[mm]

Las muestras de 300x300x100 [mm] y 8 kg/m3 de contenido de fibras presentan punzonamiento de magnitud relativamente similar entre las muestras. Por la cara de carga se presentan variaciones en la formación del cono de rotura (presentándose de forma irregular) observándose falla por flexión de manera mayoritaria.

– muestras 1012

Tabla 23 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 1012

MUESTRA	lado					
300x300x100-12	1	2	3	4	PROMEDIO	
1	3	5,5	5	4,5	4,50	[mm]
2	12	12	10,5	8,5	10,75	[mm]
3	3	3	4	4	3,50	[mm]
4	12	6	1	6	6,25	[mm]
5	3,5	5,5	7,5	8	6,13	[mm]
	6,7	6,4	5,6	6,2	6,23	

Tabla 24 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 1012-5

MUESTRA	lado				
1012-5	1	2	3	PROMEDIO	
A	4	3	3	3,33	[mm]
B	6	10	8	8,00	[mm]
C	9	11	6	8,67	[mm]
D	4	7	6	5,67	[mm]

Las muestras de 300x300x100 [mm] y 12 kg/m3 de contenido de fibras presentan punzonamiento obteniéndose una magnitud uniforme comparada con las otras medidas de altura y contenido de fibras, obteniéndose una magnitud promedio de 6,23 [mm] de descenso del cono de fallo. Por la cara de apoyo se observa una línea acorde a la teoría de cono de ruptura y falo por flexión dentro de la zona de fallo.

– muestras 154

Tabla 25 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 154

MUESTRA	lado					
300x300x150-4	1	2	3	4	PROMEDIO	
1	8	8,5	5	7,5	7,25	[mm]
2	6	6	6	5,5	5,88	[mm]
3	4,5	3,5	1	2	2,75	[mm]
4	2	1	2	3,5	2,13	[mm]
5	7	5	7,5	7,5	6,75	[mm]
	5,5	4,8	4,3	5,2	4,95	

Tabla 26 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 154-1

MUESTRA	lado				
154-1	1	2	3	PROMEDIO	
A	2	0	0	0,67	[mm]
B	0	1	1	0,67	[mm]
C	1	0	0	0,33	[mm]
D	0	1	2	1,00	[mm]

Las muestras de 300x300x150 [mm] y 4 kg/m3 de contenido de fibras presentan en su cara de carga una medida de punzonamiento con un promedio de descenso del punzón de 4,95 [mm] sin presencia de falla por flexión visible en la cara superior. En la cara inferior ocurre un evidente fallo por flexión, no se desarrolla en la cara inferior, el cono de ruptura característico del fallo por punzonamiento.

- muestras 158

Tabla 27 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 158

MUESTRA	lado					
300x300x150-8	1	2	3	4	PROMEDIO	
1	8	6	5	2	5,25	[mm]
2	3	2	4	1	2,50	[mm]
3	9	3	5	10	6,75	[mm]
4	7,5	6	4,5	4	5,50	[mm]
5	6,5	4	2,5	7	5,00	[mm]
	6,8	4,2	4,2	4,8	5,00	

Tabla 28 - Tabla 24 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 158-3

MUESTRA	lado				
158-3	1	2	3	PROMEDIO	
A	10	8	7	8,33	[mm]
B	7	9	8	8,00	[mm]
C	0	5	0	1,67	[mm]
D	2	9	10	7,00	[mm]

Las muestras de 300x300x150 [mm] y 8 kg/m3 de contenido de fibras presentan en la cara de carga presentan una magnitud de punzonamiento estable con un promedio de 5,00 [mm] entre las 5 muestras. Por la cara de apoyo se observa una combinación de fallo por flexión y desarrollo del cono de punzonamiento.

- muestras 1512

Tabla 29 - Magnitud de punzonamiento cara de carga muestras 1512

MUESTRA	Lado					
300x300x150-12	1	2	3	4	PROMEDIO	
1	15	15	16	22	17,00	[mm]
2	3,5	4,5	2,5	2,5	3,25	[mm]
3	5	4	4,5	4	4,38	[mm]
4	5	2,5	2	3	3,13	[mm]
5	5	4,5	3,5	5,5	4,63	[mm]
	6,7	6,1	5,7	7,4	6,48	

Tabla 30 - Tabla 24 - Magnitud de punzonamiento cara de apoyo muestras 1512-1

MUESTRA	lado				
1512-1	1	2	3	PROMEDIO	
A	21	23	7	17,00	[mm]
B	6	5	12	7,67	[mm]
C	10	12	19	13,67	[mm]
D	21	23	22	22,00	[mm]

Las muestras de 300x300x150 [mm] y 12 kg/m3 de contenido de fibras presentan un marcado descenso del cono de fallo en la cara superior con un promedio de descenso de 6,48 [mm] en el perímetro de falla. En la cara de apoyo se observa a simple vista la forma del cono formado tras el ensayo y falla por flexión, principalmente dentro la zona de fallo.

Capítulo 5 – Conclusiones

5.1 Comportamiento de los HRF sintéticas frente a cargas de punzonamiento

En la representación de un ensayo tipo de carga v/s deformación se pueden identificar puntos críticos para el análisis que se pueden observar en una curva característica presentada en la Ilustración 24. Las cargas donde se producen la flexión se pueden identificar por la caída abrupta de la carga en el momento que se produce la falla. Otro punto importante en el análisis de la carga donde comienza el punzonamiento que se produce cuando en la curva carga deformación entra en la zona dúctil, donde actúan las fibras que evitan la apertura de la grieta y comienza a penetrar el punzón en la muestra. El área bajo la curva entre el primer máximo de punzonamiento y la rotura representa la energía absorbida por las fibras.

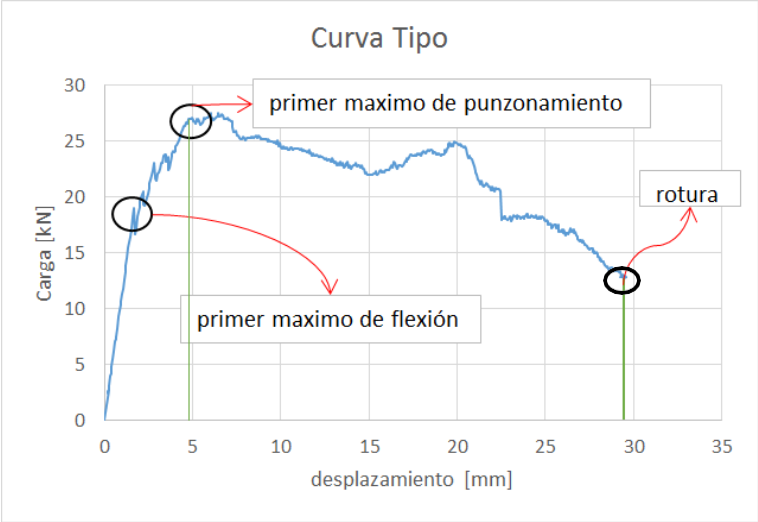


Ilustración 24 - Curva tipo, elaboración propia

En algunas muestras, como la presentada en la Ilustración 25 que representa a la muestra de 100 [mm] de altura y 8 kg/m3 de cuantía de fibras sintéticas, se observa una serie de fallos por flexión en la primera parte de la curva carga – desplazamiento, luego se produce el primer máximo de punzonamiento en conjunto con la carga máxima aplicada en el ensayo. Luego que se produce la falla por punzonamiento empiezan a actuar las fibras, aumentando la carga de soporte para luego producirse una segunda falla por flexión originada en la cara inferior de la muestra bajo el área de punzado. Esta falla ocurre en muestras de 100 [mm] de altura y 4 y8 kg/m3 de fibras y muestras de 150 [mm] de 4 y 8 kg/m3 de fibras.

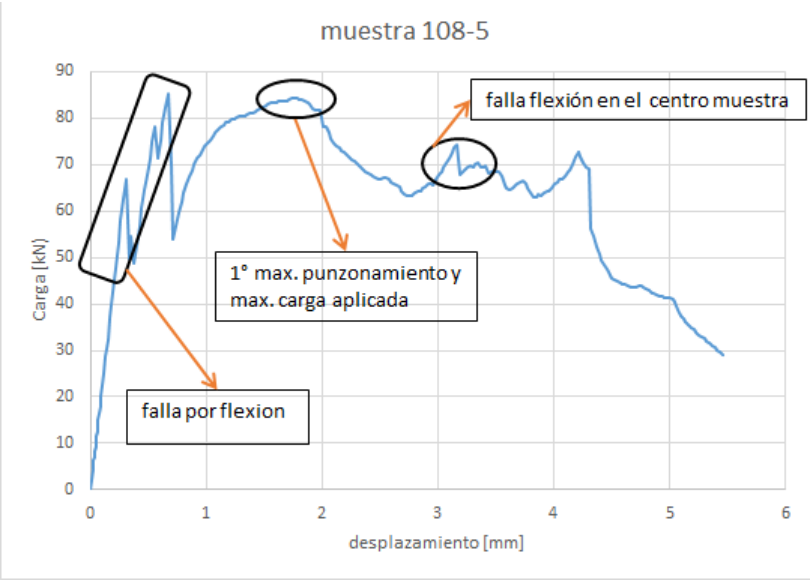


Ilustración 25 – Curva tipo 2, elaboración propia

5.2 Factores que influyen en los ensayos

5.2.1 Altura de la muestra

La influencia de la altura en el ensayo de punzonamiento realizado se observa que, según Tabla 4 (Pág.23), la carga con la cual ocurre el primer máximo de punzonamiento va aumentando a medida que aumenta la altura de la probeta, obteniéndose cargas aproximadas de 20 kN para muestras de 50 [mm] de altura, 60[kN] para muestras de 100[mm] de altura y 80 [kN] para muestras de 150 [mm] de altura. Respecto a la variabilidad de estos resultados se observa que el menor coeficiente de variación lo presentan las muestras de 50 [mm] de altura con alrededor de 5% de C.V., les sigue las muestras de 100 [mm] de altura con un C.V. de alrededor de 12% por lo que se consideran fiables. A diferencia de las muestras anteriormente analizadas, las muestra de 150 [mm] se observa que el C.V. se ve influido por el contenido de fibras, existiendo baja variabilidad en muestras similares.

5.2.2 Contenido de fibras

Para las muestras de 50 [mm] de alturas y resultados obtenidos representados en la Ilustración 15 (pág. 24) se observa que la mayor resistencia al punzonamiento se obtiene con 8 kg/m3 de fibras, luego disminuyendo la resistencia al punzonamiento debido al exceso de fibras para las muestras de 12 kg/m3 y una disminución mayor por falta de fibras para dosificaciones de 4 kg/m3.

Para las muestras de 100[mm] y resultados obtenidos comparados en la Ilustración 16 (pág. 25) se puede concluir que tienen un comportamiento similar en el máximo de punzonamiento, independientemente al contenido de fibras.

Para las muestras de 150 [mm] se observa según la comparación realizada en la Ilustración 17 (pág. 25) se observa un aumento de la carga aplicada para la ocurrencia del primer máximo de punzonamiento acorde a la teoría presentada en el marco teórico por lo que se consideran probetas válidas para un análisis de punzonamiento.

5.2.3 Forma de cono de fractura

Según al análisis realizado en el ANEXO “D.2 Comparación visual de ensayos” (Pág. 100 - 102) se observa en las muestras de 50 [mm] de altura punzonamiento en la superficie, no alcanzándose a formar cono de ruptura, lo que se traduce que el efecto de flexión es mayor. Las muestras fallan primero por flexión y existe penetración del punzón cuando empiezan a trabajar las fibras.

Las muestras de 100 [mm] de altura se obtiene punzonamiento en la superficie en todas las muestras. Se produce la formación del cono de fallo teórico en las muestras de 8 y 12 kg/m3 de fibras, siendo más notorio a medida que aumenta el contenido de fibras produciéndose la fractura del cono en la cara inferior en todo su perímetro con la cuantía de 12 kg/m3 de fibras.

Las muestras de 150 [mm] de altura se produce punzonamiento en la cara de carga en todas las muestras, por la cara inferior se produce falla combinada de corte y punzonamiento produciéndose una forma del cono de falla de forma de cono invertido propagándose la grieta desde la cara inferior hacia los costados y no hacia la placa de carga, lo que se refleja en la abertura de los costados, efecto que se puede explicar por la luz fija del ensayo de 20 [cm] siendo el perímetro crítico para esta probeta de 30 [cm], según teoría.

5.2.4 Energía absorbida

Se puede concluir analizando la Tabla 6 - promedio energía absorbida por tipo de muestra (pág. 28) que las muestras con menos variabilidad son las de 100 [mm] de altura con un C.V. de a lo más 9.19%, resultados no comparables al no existir relación con otros ensayos ya establecidos, como es el caso de los paneles EFNARC. En todo caso la mayor energía absorbida ocurre con las muestras de 150 [mm] de altura y las menores con las muestras de 100 [mm] de altura debido a la baja deflexión que presentan los ensayos (bajo los 2,5 [mm] comparados con la deflexión de las otras muestras)

5.2.5 Resistencia al corte

Respecto a la resistencia al corte los resultados más uniformes se obtienen en las muestras de 100 [mm] de altura con un valor de 1,04 y 1,03 [N/mm2] para 8 y 12 kg/m3 de contenido de fibras, en cambio en las muestras de 150 [mm] de altura la resistencia al corte va aumentando a medida que se aumenta el contenido de fibras de forma logarítmica con respecto al contenido de fibras.

5.3 Recomendaciones para futuras investigaciones

Según los resultados y experiencia obtenida al realizar en esta memoria se propone;

- Diseñar un bastidor con luz variable para ensayar probetas de diferentes alturas, recomendando alturas entre 100 y 150 [mm]. Ver Ilustración 26 - bastidor propuesto
- Se recomienda usar un bastidor en el cual se pueda ajustar la luz con el fin de asegurar que esta sea igual al ancho de la zona crítica, esto es, el ancho del vástago que actúa como punzón más la altura de la probeta.
- Generar un sistema de apoyo que evite el roce de la probeta con el bastidor para así poder generar la falla por corte en la cara inferior y no se desplace a medida que se deflecta como ocurrió en algunas muestras.

- Comparar los resultados con respecto a la energía absorbida y resistencia al corte con ensayo normalizado para encontrar equivalencia entre ensayos.
- utilizar diferentes diámetros de fibras sintéticas y de diferentes materiales comúnmente utilizados como fibras metálicas.

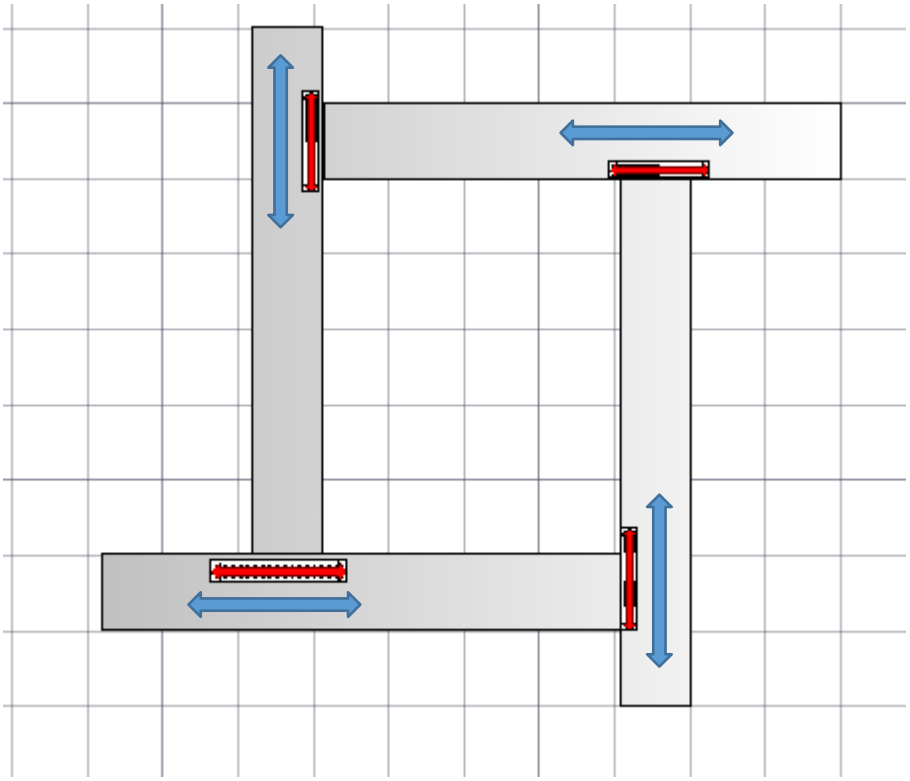


Ilustración 26 - Bastidor propuesto

Capítulo 6 – Referencias

1. según UNE-EN 14889-2: fibras para hormigón. Fibras poliméricas, Parte 2. Esta norma define a las fibras poliméricas como: “Elementos rectos o deformados de material extruido, orientado y cortado, apropiados para su mezcla homogénea o con hormigón o mortero”.
2. http://www.prontubeam.com/Pag_prontu_punzonamiento.php
3. el elemento falla por corte (cortante por penetración) en la dirección de mayor esfuerzo o esfuerzos principales, el cual ocurre a 45° con respecto a la carga aplicada. Libro “Mecánica De Materiales” Hibbeler, Cap. 9.7 “esfuerzo cortante máximo absoluto”.
4. ACI 318-08 Cap. 11.11 y 11.12.1.2
5. Ensayos Granulométricos realizados por Yenko Odriz
6. Ficha técnica Fiber48 Sika http://esp.sika.com/dms/getdocument.get/efe2da84-ceb2-3774-b001-ab20a860617b/SikaFiber%20R-48.pdf
7. Catalogo “Concrete, Hormigón reforzado con fibras”, SIKA.
8. Artículo “Empleo y aplicaciones de hormigones reforzados con fibras sintéticas estructurales” https://revista-anales.icai.es/web/n_8/seccion_6.html
9. Falla por punzonamiento losa de entrepiso (forjado) https://twitter.com/mundo_hormigon/status/854714744879677440
10. Hormigón armado tomo I 9° edición, Cap. 19.1 y 19.2 pág. 381-388 , Prof. P. Jiménez Montoya, A. García Meseguer, F. Moran Cabre
11. “PUNZONAMIENTO CENTRADO EN LOSAS SIN ARMADURA DE CORTE”, curso Hormigón armado II, Universidad Nacional De La Plata http://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/C0113/descargar.php?doc=460_TP4-Punzonamiento(2010).pdf. Pág. 1-6
12. Ficha Técnica Barchip48 https://es.scribd.com/document/189118072/Barchip-48
13. Articulo “Punzonamiento (Estructuras)” http://www.construmatica.com/construpedia/Punzonamiento_(estructuras)
14. Revista anales de mecánica y electricidad, sección 6 “Empleo y aplicaciones de hormigones reforzados con fibras sintéticas estructurales”
15. Libro “Diseño de concreto reforzado” 5° Edicion, Mc Cormac Cap. 7.3, 7.5. Pág. 23, 249, 251 ,579
16. “Fibras para hormigón parte 2: Fibras poliméricas; definiciones, especificaciones y conformidad ”UNE-EN 14845-2:2008
17. “Equipos de Ensayo para la industria de la construcción” Catalogo General 2015, CONTROLS S.R.L. Pág. 220-221

ANEXO A – DOSIFICACION

Dosificación de amasadas: cada dosificación es separada por el contenido de fibras que contiene y la cantidad de moldes disponibles (5 o 10 moldes por amasada)

Tabla 31 - Anexo A – Dosificación hormigón

Dosificación		
Descripción	Unidad	Dosificación HP1
Cemento Melón Extra	Kg/m3	380
Arena Gruesa	Kg/m3	1354
Arena Correctora	Kg/m3	339
Agua	Kg/m3	216
Plastocrete MX-1390	Kg/m3	1,9
ViscoCrete 5100	Kg/m3	1,9
Sílice Coloidal	Kg/m3	2,66
Fibra Plástica	Kg/m3	4_8_12

Tabla 32 -Anexo A – Dosificación amasadas 300x300x50 [mm]

AMASADAS											
								30X30X5 [cm]			
Amasada N° 1 (4 kg/m3)			Amasada N° 2 (8 kg/m3)			Amasada N° 3 (12 kg/m3)					
Elemento	Cantidad	Volumen	Elemento	Cantidad	Volumen	Elemento	Cantidad	Volumen			
Panel	5	22,5	Panel	5	22,5	Panel	5	22,5			
Viga 600	0	0	Viga 600		0	Viga 600		0			
Viga 530	0	0	Viga 530		0	Viga 530		0			
Cilindro	0	0	Cilindro		0	Cilindro		0			
Pérdida	4,5	4,5	Pérdida	4,5	4,5	Pérdida	4,5	4,5			
Total		27	Total		27	Total		27			
Dosificación HP1											
Material		Cantidad	Material		Cantidad	Material		Cantidad	Unidad		
Cemento		10,26	Cemento		10,26	Cemento		10,26	kg/m3		
Arena Gruesa		36,56	Arena Gruesa		36,56	Arena Gruesa		36,56	kg/m3		
Arena Correctora		9,15	Arena Correctora		9,15	Arena Correctora		9,15	kg/m3		
Agua		5,83	Agua		5,83	Agua		5,83	kg/m3		
Plastocrete MX-1390		0,05	Plastocrete MX-1390		0,05	Plastocrete MX-1390		0,05	kg/m3		
ViscoCrete		0,05	ViscoCrete		0,05	ViscoCrete		0,05	kg/m3		
Sílice Coloidal		0,07	Sílice Coloidal		0,07	Sílice Coloidal		0,07	kg/m3		
Fibra		0,11	Fibra		0,22	Fibra		0,32	kg/m3		
Total Material											
Material	UNIDAD	Cantidad	Material		Cantidad	SACOS DE CEMENTO					
Cemento	KG	30,78	Plastocrete MX-1390		0,15						
Arena Gruesa	KG	109,67	ViscoCrete		0,15	1					
Arena Correctora	KG	27,46	Sílice Coloidal		0,22						

Tabla 33 - Anexo A – dosificación amasada 300x300x100 [mm]

AMASADAS

30x30x10 [cm]

Amasada N° 1 (4 kg/m3)			Amasada N° 2 (8 kg/m3)			Amasada N° 3 (12 kg/m3)		
Elemento	Cantidad	Volumen	Elemento	Cantidad	Volumen	Elemento	Cantidad	Volumen
Panel	5	45	Panel	5	45	Panel	5	45
Viga 600	0	0	Viga 600		0	Viga 600		0
Viga 530	0	0	Viga 530		0	Viga 530		0
Cilindro	0	0	Cilindro		0	Cilindro		0
Pérdida	3,15	3,15	Pérdida	3,15	3,15	Pérdida	3,15	3,15
Total		48,15	Total		48,15	Total		48,15

Dosificación HP1

Material	Cantidad	Material	Cantidad	Material	Cantidad	Unidad
Cemento	18,30	Cemento	18,30	Cemento	18,30	kg/m3
Arena Gruesa	65,20	Arena Gruesa	65,20	Arena Gruesa	65,20	kg/m3
Arena Correctora	16,32	Arena Correctora	16,32	Arena Correctora	16,32	kg/m3
Agua	10,40	Agua	10,40	Agua	10,40	kg/m3
Plastocrete MX-1390	0,09	Plastocrete MX-1390	0,09	Plastocrete MX-1390	0,09	kg/m3
ViscoCrete	0,09	ViscoCrete	0,09	ViscoCrete	0,09	kg/m3
Sílice Coloidal	0,13	Sílice Coloidal	0,13	Sílice Coloidal	0,13	kg/m3
Fibra	0,19	Fibra	0,39	Fibra	0,58	kg/m3

Total Material

Material	UNIDAD	Cantidad	Material	Cantidad	SACOS DE CEMENTO
Cemento	KG	54,89	Plastocrete MX-1390	0,27	2
Arena Gruesa	KG	195,59	ViscoCrete	0,27	
Arena Correctora	KG	48,97	Sílice Coloidal	0,38	

Tabla 34 - dosificación amasada 300x300x150 [mm]

Día Actual:

AMASADAS

30X30X15

Amasada N° 1 (4 kg/m3)			Amasada N° 2 (8 kg/m3)			Amasada N° 3 (12 kg/m3)		
Elemento	Cantidad	Volumen	Elemento	Cantidad	Volumen	Elemento	Cantidad	Volumen
Panel 20	5	67,5	Panel 20	5	67,5	Panel 20	5	67,5
panel 5	0	22,5	Panel 5	0	0	panel 5	0	0
Viga 530	0	0	Viga 530		0	Viga 530		0
Cilindro	0	0	Cilindro		0	Cilindro		0
Pérdida	8,1	8,1	Pérdida	6,075	6,075	Pérdida	6,075	6,075
Total		98,1	Total		73,575	Total		73,575

Dosificación HP1

Material	Cantidad	Material	Cantidad	Material	Cantidad	Unidad
Cemento	37,28	Cemento	37,28	Cemento	37,28	kg
Arena Gruesa	132,83	Arena Gruesa	132,83	Arena Gruesa	132,83	kg
Arena Correctora	33,26	Arena Correctora	33,26	Arena Correctora	33,26	kg
Agua	21,19	Agua	21,19	Agua	21,19	kg
Plastocrete MX-1390	0,19	Plastocrete MX-1390	0,19	Plastocrete MX-1390	0,19	kg
ViscoCrete	0,19	ViscoCrete	0,19	ViscoCrete	0,19	kg
Sílice Coloidal	0,26	Sílice Coloidal	0,26	Sílice Coloidal	0,26	kg
Fibra	0,39	Fibra	0,59	Fibra	0,88	kg

Total Material

Material	UNIDAD	Cantidad	Material	Cantidad	SACOS DE CEMENTO
Cemento	kg	111,83	Plastocrete MX-1390	0,56	3
Arena Gruesa	kg	398,48	ViscoCrete	0,56	
Arena Correctora	kg	99,77	Sílice Coloidal	0,78	

ANEXO B – GRANULOMETRIA

B.1 Granulometría arena gruesa

De acuerdo a los procedimientos descritos en la norma NCh 165, se realiza el ensayo de granulometría de áridos fino, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 35 - Granulometría arena gruesa. Fuente: informe Yenko Odriz

Tamiz	Peso retenido	% Ret Parcial	% Ret acumulado	% Que pasa
3/8¨	0	0	0	100
N°4	52	9,45	9,45	90,55
N°8	131	23,82	33,27	66,73
N°16	71	12,91	46,18	53,82
N°30	90	16,36	62,55	37,45
N°50	88	16	78,55	21,45
N°100	78	14,18	92,73	7,27
Bajo N°100	40	7,27	100	0

Ilustración 27- Anexo B - granulometría arena gruesa. Fuente: informe Yenko Odriz

Luego, y de acuerdo a los valores recomendados en la NCh 163, se compara la granulometría obtenida con los límites para la arena señalada en la norma.

Tabla 36 – Anexo B - Granulometría recomendada según norma NCh 163

Tamices	% mín que debe pasar	% máx que debe pasar	Granulometría obtenida
Bajo N°100	0	0	0
N°100	2	10	7,27
N°50	10	30	21,45
N°30	25	60	37,45
N°16	50	85	53,82
N°8	80	100	66,73
N°4	95	100	90,55
3/8¨	100	100	100,00

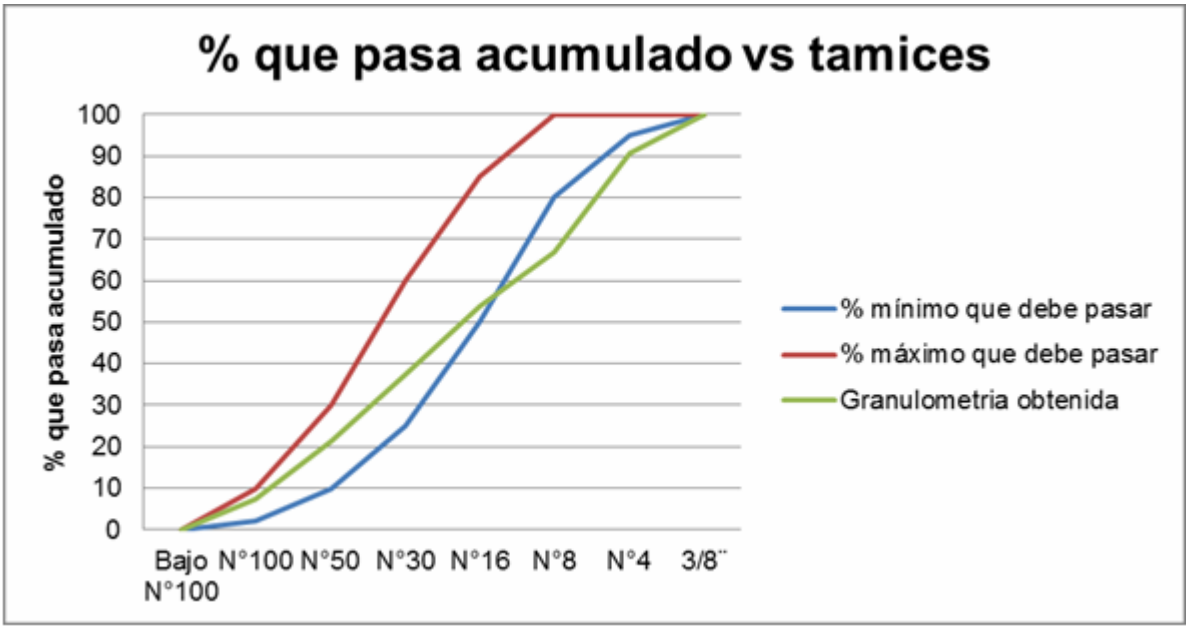


Ilustración 28 – Anexo B - Comparación granulometría obtenida V/S recomendada por norma NCH 163

Además, de observa como la diferencia porcentual entre la masa inicial del ensayo, y la fracción retenida en los tamices y el depósito es mucho menor a un 3% (Nch165), por lo que se acepta la validez del ensayo.

Masa inicial	551
Masa final	550
Diferencia porcentual	0,18 %

B.2 Densidad real, neta, y absorción

Estos ensayos fueron realizados según NCh 1239, obteniendo los siguientes resultados:

M_S= 305 [g]

M_A= 687 [g]

M_S= 301 [g]

M_M= 876 [g]

Con estos resultados, y según los cálculos señalados en la norma, se obtiene:

Tabla 37 - Anexo B - Densidad real, neta, y absorción

Densidad real del árido saturado superficialmente seco	**2.629 [kg/m³]**
Densidad real del árido seco	**2.595[kg/m³]**
Densidad neta	**2.687 [kg/m³]**
Absorción de agua	**1,32 %**

B.3 Densidad aparente

Estos ensayos fueron realizados según NCh 1116, con 2 muestras gemelas, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 38 - Anexo B - Densidad aparente

Densidad aparente suelta muestra #1	1684 [kg/m³]
Densidad aparente suelta muestra #2	1722 [kg/m³]
Densidad aparente suelta (promedio #1 y #2)	1700 [kg/m³]

Densidad aparente compactada muestra #1	1872 [kg/m³]
Densidad aparente compactada #2	1882 [kg/m³]
Densidad aparente compactada (promedio #1 y #2)	1877 [kg/m³]

B.4 Determinación del contenido de humedad

Este ensayo fue realizado según NCh 1515 Of. 79 obteniendo los siguientes resultados:

```
w  =  ( Ww / Ws ) * 100      ( % )

donde:
w              = contenido de humedad expresado en %
Ww        = peso del agua existente en la masa de suelo
Ws        = peso de las partículas sólidas
```

Contenido de humedad de arena gruesa para muestras 300x300x100 y 300x300x150 [mm]

Peso inicial de la muestra: 0,837 [gr]
Peso final de la muestra: 0.806 [gr]

W_w= 0.031 [gr]
W_s= 0.806 [gr]

W= 3.7%

Contenido de humedad de arena gruesa para muestras 300x300x50 [mm]

Peso inicial de la muestra: 1.423 [gr]
Peso final de la muestra: 1.342 [gr]

W_w= 0.081 [gr]
W_s= 1.342 [gr]

W= 5.69%

ANEXO C - MATERIALES

C.1 CEMENTO

El cemento es del tipo puzolánicos de alta resistencia (Polpaico 400), el cual, según sus especificaciones, cumple con la norma NCh 148.Of68 “Cemento – Terminología, clasificación y especificaciones generales”

Este tipo de cemento se comercializa bajo pedido en sacos de 42.5 Kg.

– Características:

Tabla 39 – Anexo C – Características físicas y químicas del Cemento Polpaico 400

Características físicas y químicas	NCH 148 Of. 68 [10]	Cemento Polpaico 400
expansión en autoclave %	1 máx.	0.06
Perdida de calcinación %	5,0 máx.	4.0
Residuo insoluble %	50,0 máx.	15.3
Contenido de SO3 %	4,0 máx.	2.1
peso específico kg/dm3	-	2.9
tiempo de fraguado, Vicat		
- Inicial, minutos	45 min.	130
-Final, minutos	600 máx.	180
Finura, Blaine, cm2/g	-	4700

Aplicaciones:

- Shotcrete para túneles, canales y taludes.
- Inyección en roca, suelos y ductos de postensado.
- Pavimentos y pisos industriales.
- Sistemas constructivos de desmoldes a corto plazo
- Construcciones generales, como edificaciones en altura.

<u>La dosificación utilizada en esta memoria es de 380 kg/m³</u>

C.2 Fibra sintética Barchip48

- Es una fibra de tipo estructural, diseñada para estructuras de hormigón con una resistencia a la compresión menor que 350 kg/cm^2.
- El efecto de la fibra en el mezclado podría bajar entre 1 a 5 cm el cono al proporcionar 5 kg/m^3
- La dosis recomendada por el proveedor (Elasto Plastic Concrete) varía entre 2,5 kg/m^3 a 10,0 kg/m^3.
- Para el bombeo de la mezcla, el diámetro mínimo de la manguera a utilizar es de 50 mm.

Tabla 40 - Anexo C - Propiedades Fibra Sintética Barchip 48[12]

Propiedades	
Resina	Olefina modificada
Largo	48 mm
Resistencia a la tracción	6400 kg/cm2
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

Dosis

La dosis de Barchip48 puede variar desde 2,5 kg/m^3 hasta 10,0 kg/ m^3. Se calcula la dosis en base a la exigencia de la aplicación o las especificaciones técnicas. La dosis típica para un radier común es de 2,5 kg/ m^3. Para pisos industriales, la dosis puede variar entre 2,5 y 5,03 kg/ m^3.

Ilustración 29 - Anexo C - fibra sintética Barchip 48

<u>La dosis utilizada en esta memoria es de 4 kg/m^3, 8 kg/m^3 y 12 kg/m^3.</u>

C.3 Sika® Plastocrete® MX-1390 CL reductor de agua – retardador

Es un aditivo reductor de agua con efecto retardador para el hormigón.

Usos

- En hormigón premezclados, hormigón bombeado, hormigón fluido, hormigón en tiempo caluroso y transporte a larga distancia.

Características / ventajas

- Reduce el agua de amasado, aumentando las resistencias mecánicas del hormigón. Retarda el tiempo de fraguado permitiendo el transporte a larga distancia del hormigón y en tiempo caluroso.
- Liquido color café oscuro de densidad de 1.16 +/- 0.01 Kg/dm^3

Dosificación recomendada por el fabricante

Diluido en el agua de amasado del hormigón en dosis de 0.4% a 0.7% referido al peso del cemento.

La dosis utilizada en las dosificaciones es de 0.5% referido al peso del cemento.

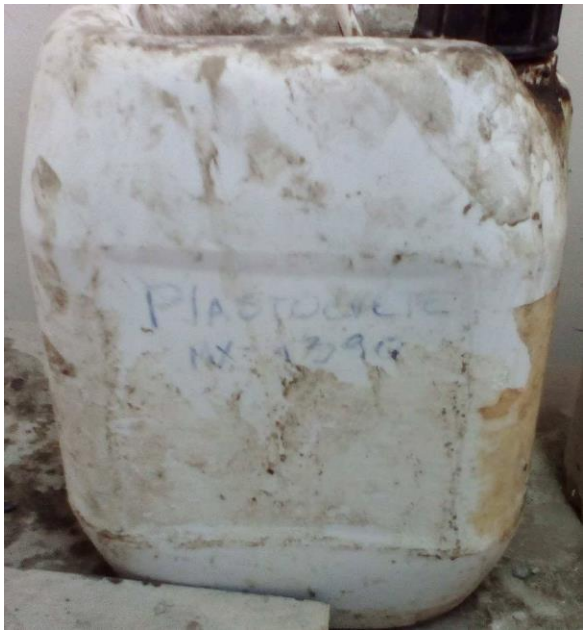


Ilustración 30 - Anexo C - Sika® Plastocrete® MX-1390 CL reductor de agua – retardador

C.4 Sika® ViscoCrete®-5100 CL – Reductor de agua de alta eficiencia

Aditivo de apta capacidad de reducción de agua, basado en polímeros sintéticos que permite alta fluidez, alta cohesión y mantener la trabajabilidad de la mezcla en forma prolongada.

Usos

- Hormigón autocompactante sin necesidad de vibración
- Hormigón con máxima reducción de agua.
- Hormigón de alta resistencia hormigón bajo agua y hormigón bombeado.
- Hormigón a la vista sin defectos estéticos

Características/ ventajas

- 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.
- 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.
- Incremento del desarrollo de alta resistencia inicial
- Mejoramiento del comportamiento en fluencia y retracción. Reducida velocidad de carbonatación del hormigón.

Sika® ViscoCrete®-5100 CL no contiene cloruros u otro ingrediente promotor de la corrosión, por lo que puede ser utilizado sin restricciones en hormigón armado y pre-tensado.

CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con los requisitos especificados para superplastificantes en las normas SIA 162 (1989) y EN 934-2.

Dosis recomendada

Se utiliza en dosis de 0,3 a 1,5% del peso del cemento, dependiendo del efecto deseado.

La dosis utilizada en las dosificaciones es de 0,5% referido al peso del cemento.

C.5 Sílice coloidal TYTRO® RC 430

La sílice coloidal es usada para mejorar la trabajabilidad del hormigón bombeable y proyectable, incrementado la cohesión. Contiene una dispersión líquida de partículas manométricas dispersas, esféricas y uniformemente distribuidas de sílice para su uso en hormigón proyectado.

Asegura una adhesión fuerte y los lazos cohesivos con la estructura de la mezcla. Está formulado para cumplir con las especificaciones de para aditivos químicos para concreto, ASTM C494 tipo S “Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto”.

Ventajas / desventajas

Requiere dosis bajas para mejorar la pulverización de la mezcla. Aumenta el espesor de la capa por cada paso lo que se traduce en un menor costo de instalación con respecto al humo de sílice.

Mayor desarrollo de fuerza a edad temprana y mayor durabilidad y alta resistencia a la penetración de agua.

En algunos casos requiere agregar más agua a la dosificación por la reducción de % de agua debido al aditivo.

Disminuye el efecto de segregación y exudación de la mescla.

Disminuye la permeabilidad del hormigón, aumentando su durabilidad.

Usos

Se utiliza como reemplazo de polvo de silicona y otros aditivos puzolánicos, conveniente para uso en hormigón proyectable.

Dosificación

Varía según el tipo de aplicación, contenido de materiales y graduaciones agregadas, pero normalmente se utiliza en dosis de 0,5 a 1,5% del peso del cemento, dependiendo del efecto deseado.

La dosis utilizada en las dosificaciones es de 0,7 % referido al peso del cemento.

ANEXO D - RESULTADOS

D.1 Resúmenes resultados

Tabla 41 - resumen resultados de ensayos

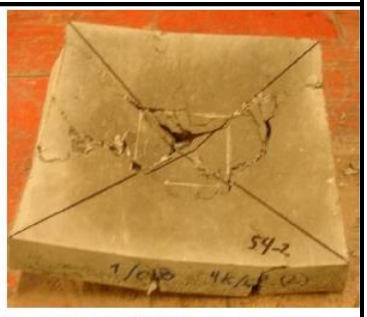
Probeta	altura [mm]	contenido de fibras [kg/m3]	1° máx. Flexión [kN]	1° máx. Punzonamiento [kN]	carga máxima [kN]
54-1	50	4	17	17	19
54-2	50	4	17	16	19
54-3	50	4	19	6	22
54-4	50	4	16	21	21
54-5	50	4	14	17	21
58-1	50	8	24	28	33
58-2	50	8	22	29	29
58-3	50	8	26	31	44
58-4	50	8	28	31	34
58-5	50	8	23	26	42
512-1	50	12	20	23	31
512-2	50	12	20	24	25
512-3	50	12	15	17	19
512-4	50	12	18	31	31
512-5	50	12	19	24	28
108-1	100	8	76	83	100
108-2	100	8	54	91	97
108-3	100	8	60	74	86
108-4	100	8	59	83	89
108-5	100	8	67	85	85
1012-1	100	12	65	86	122
1012-2	100	12	64	65	114
1012-3	100	12	55	89	116
1012-4	100	12	61	84	94
1012-5	100	12	58	89	114
154-1	150	4	75	80	95
154-2	150	4	72	112	118
154-3	150	4	71	69	77
154-4	150	4	70	89	97
154-5	150	4	71	77	85
158-1	150	8	86	121	11
158-2	150	8	75	101	113
158-3	150	8	66	112	118
158-4	150	8	89	127	132
158-5	150	8	91	118	142
1512-1	150	12	99	115	170
1512-2	150	12	144	144	144
1512-3	150	12	98	132	156
1512-4	150	12	70	128	137
1512-5	150	12	87	139	144

D.2 resultados ensayos

MUE S TR A 1	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 01-08-2017 16:35	
RESULTADOS DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]: 16,76 Carga primer máximo punzonamiento [kN]: 17,19 Carga máxima [kN]: 18,83	

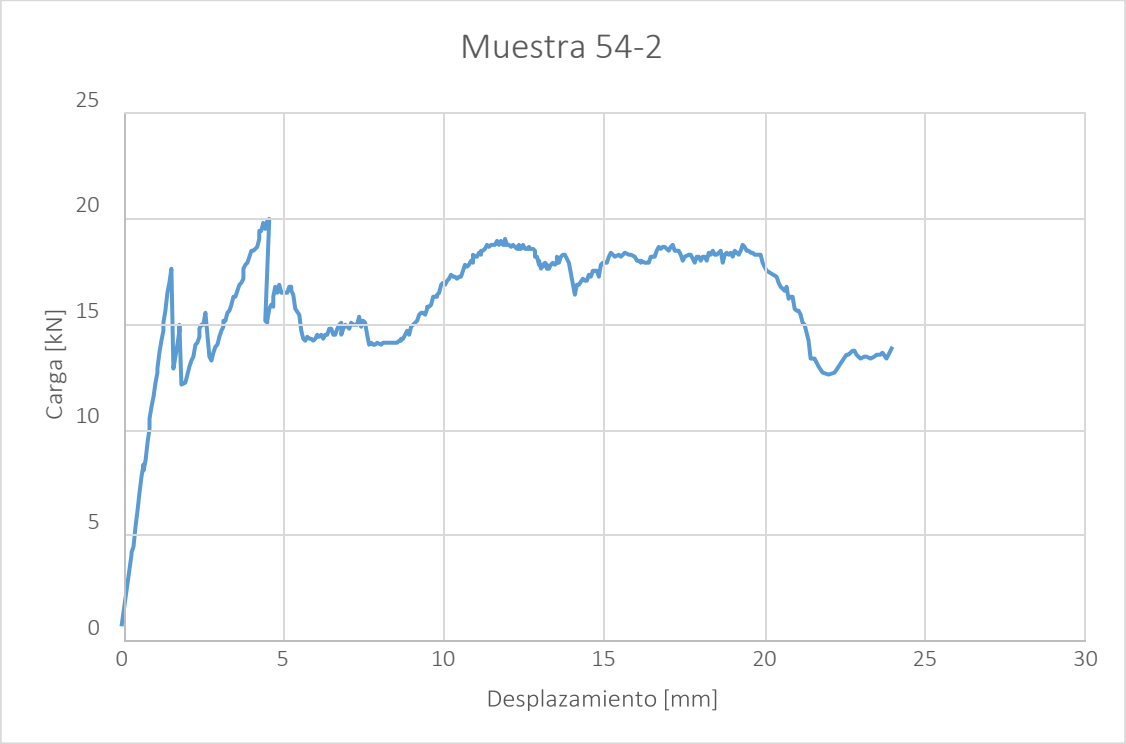
R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

FECHA DE ENSAYO:	28-08-2017
EDAD MUE STRA:	28

MUE S TR A 2	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIENTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 01-08-2017 16:35	

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	16,91
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	16,04
Carga máxima [kN]:	19,32

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

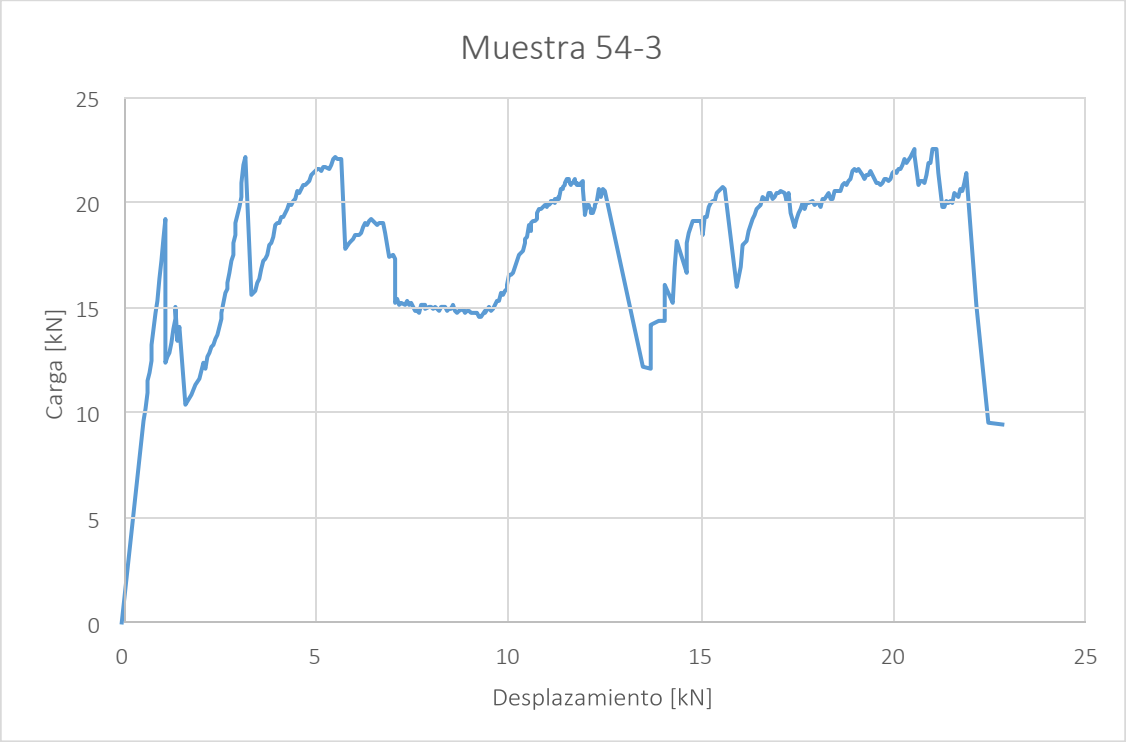


FEC HA DE ENSAYO:	28-08-2017
EDAD MUESTR A:	28

MUE S TR A 3	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIENTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 01-08-2017 16:35	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	19,31
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	6,34
Carga máxima [kN]:	22,22

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

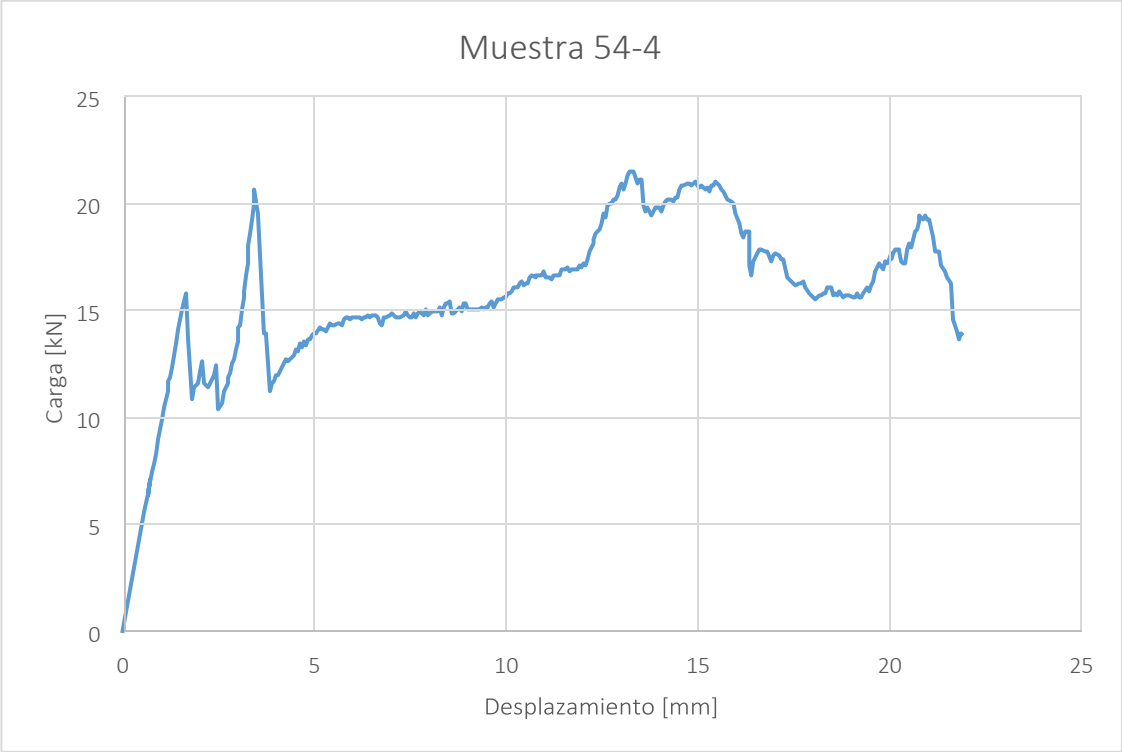


FEC HA DE ENSAYO:	28-08-2017
EDAD MUESTR A:	28

MUE S TR A 4	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIE NTO - FLEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 01-08-2017 16:35	

R E S ULTADOS DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	15,93
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	20,74
Carga máxima [kN]:	21,27

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

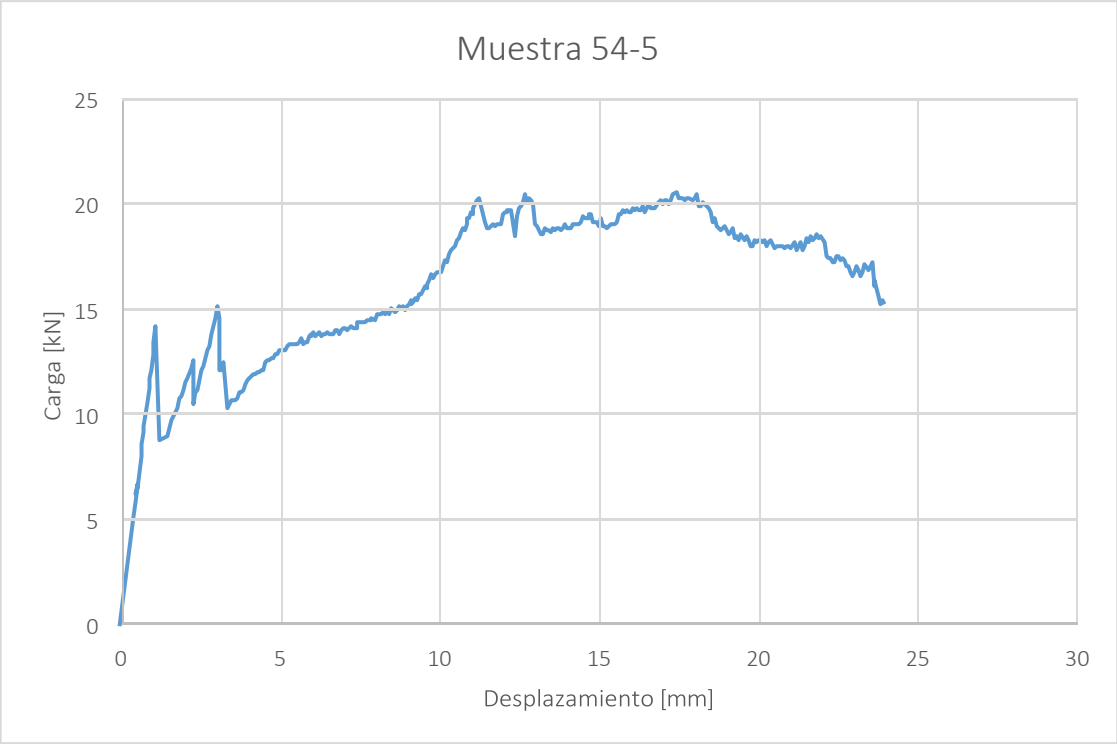


FECHA DE ENSAYO:	28-08-2017
EDAD MUE STR A:	28

MUE S TR A 5	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓ N
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 01-08-2017 16:35	

R E S ULTADO S DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	14,26
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	16,75
Carga máxima [kN]:	20,60

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

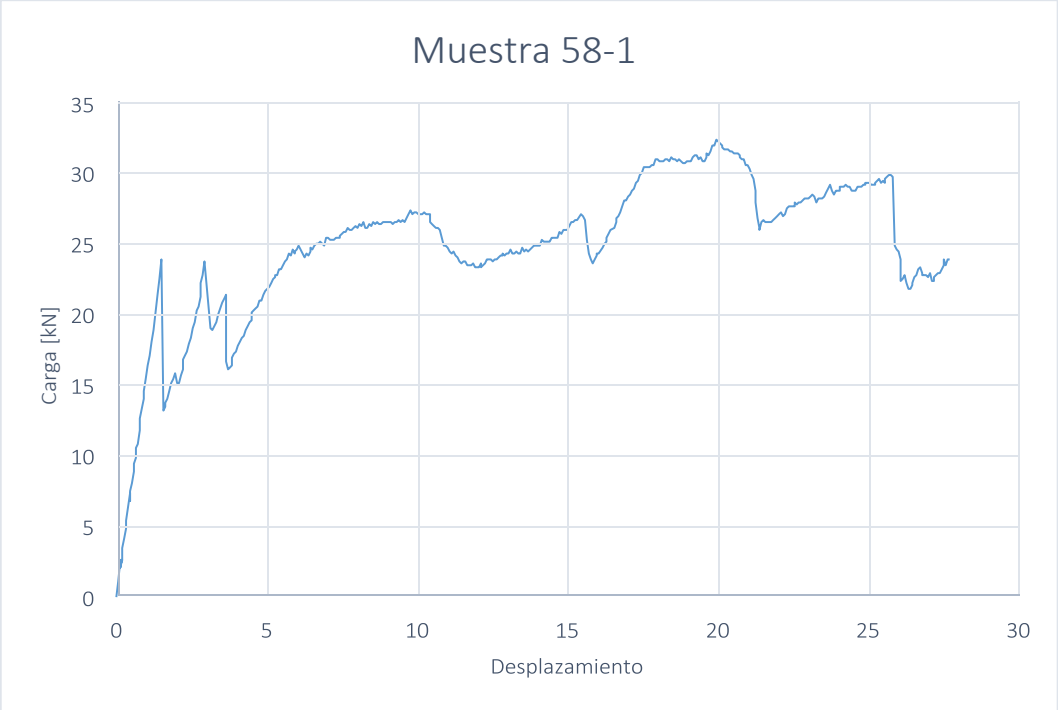


F E C HA DE ENSAYO:	28-08-2017
EDAD MUE S TR A:	28

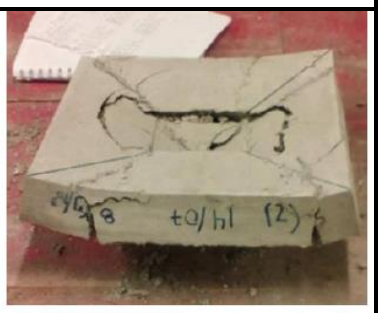
MUE S TR A 1	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓ N
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-07-2017 11:38	

R E S ULTADO S DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	23,95
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	27,50
Carga máxima [kN]:	32,50

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

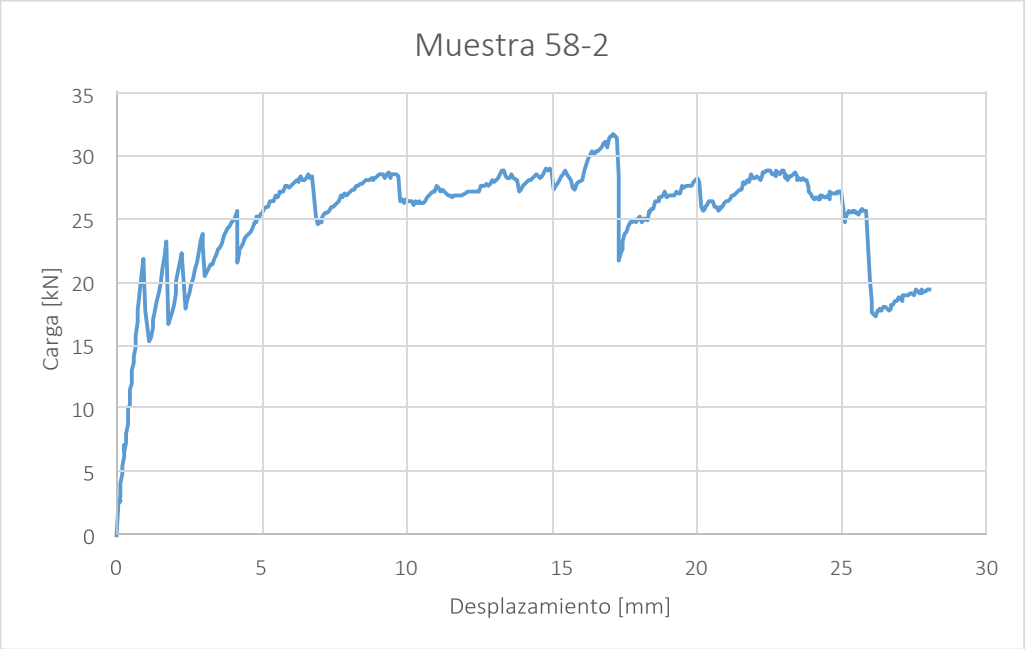


F E C HA DE ENSAYO:	10-08-2017
E DAD MUE STR A:	28

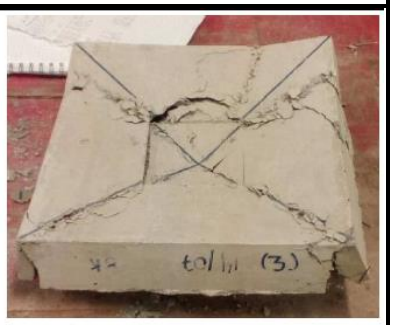
MUE S TR A 2	
DATO S DE LA MUE S TR A :	ENSAYO PUNZONAMIENTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-07-2017 11:38	

R E S ULTADOS DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	21,95
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	28,62
Carga máxima [kN]:	28,51

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

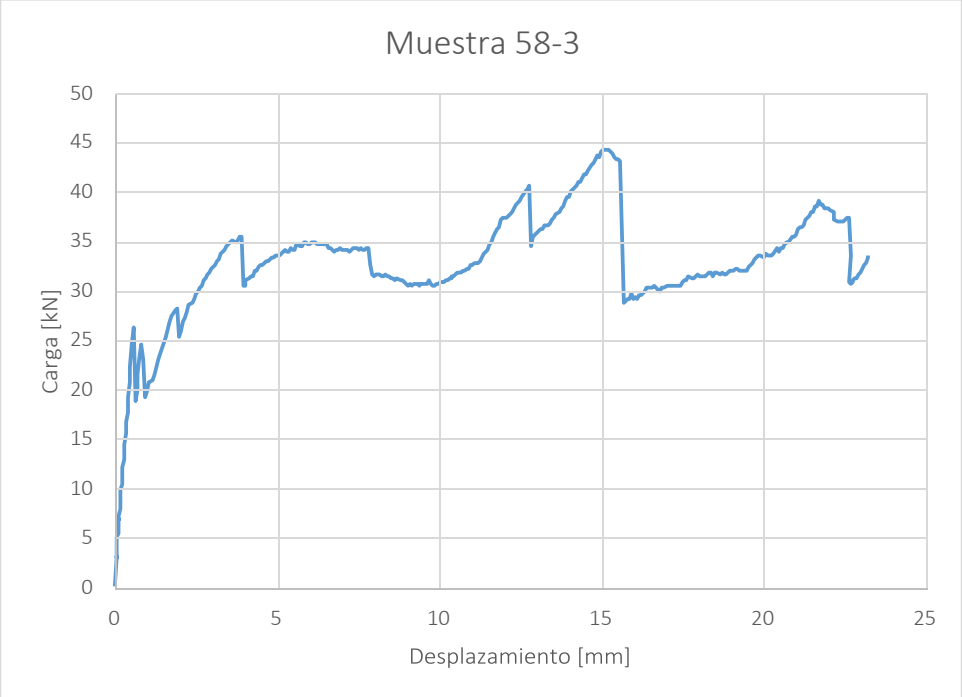


FECHA DE ENSAYO:	10-08-2017
EDAD MUESTRA:	28

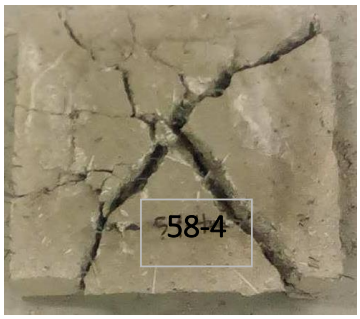
MUE S TR A 3	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NSAYO PUNZONAMIENTO - F LEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-07-2017 11:38	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	26,30
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	30,90
Carga máxima [kN]:	44,20

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

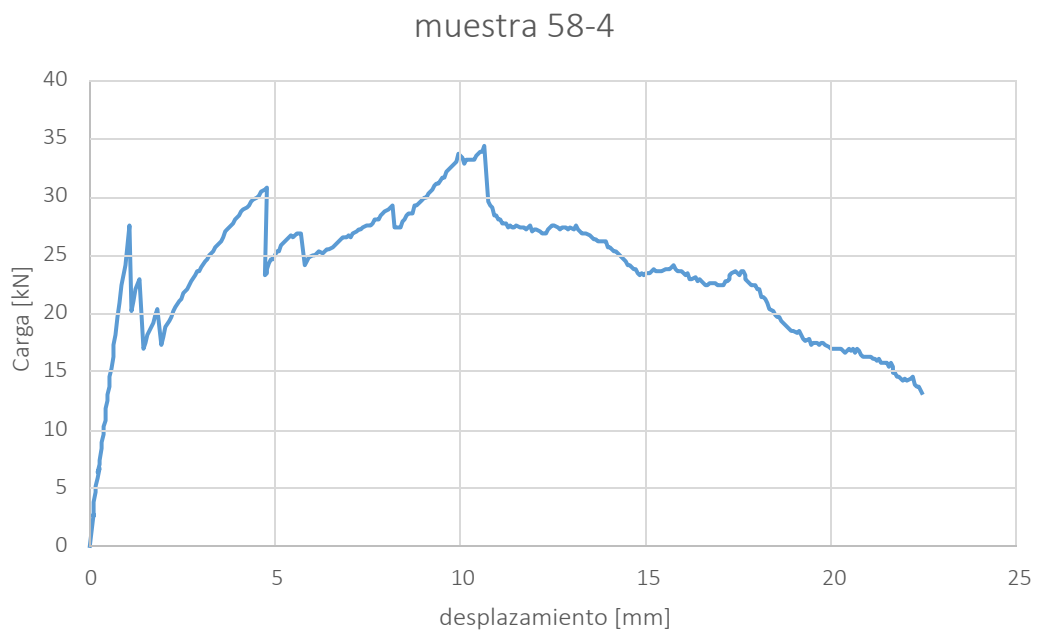


FECHA DE ENSAYO:	10-08-2017
EDAD MUE STR A:	28

MUE S TR A 4	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-07-2017 11:38	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	27,53
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	30,90
Carga máximo [kN]:	34,38

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

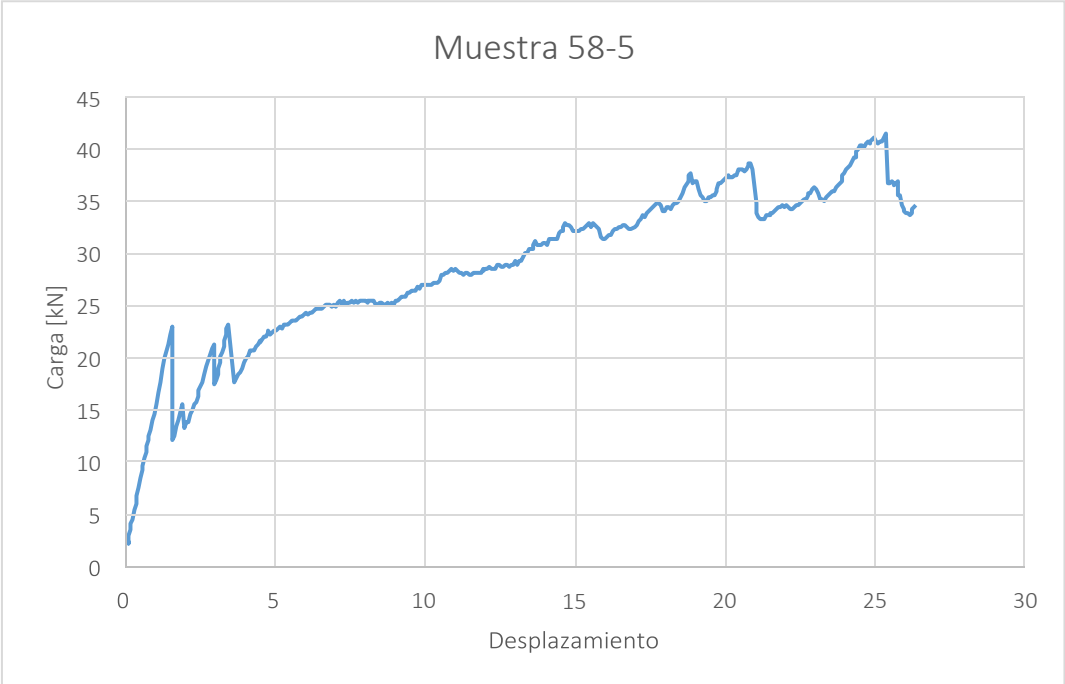


F E C HA DE E NS AYO :	10-08-2017
E DAD MUE S TR A:	28

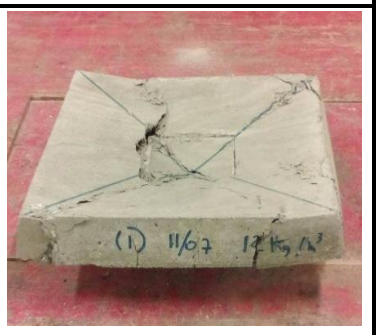
MUE S TR A 5	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NSAYO PUNZONAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-07-2017 11:38	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	23,24
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	38,15
Carga máxima [kN]:	41,76

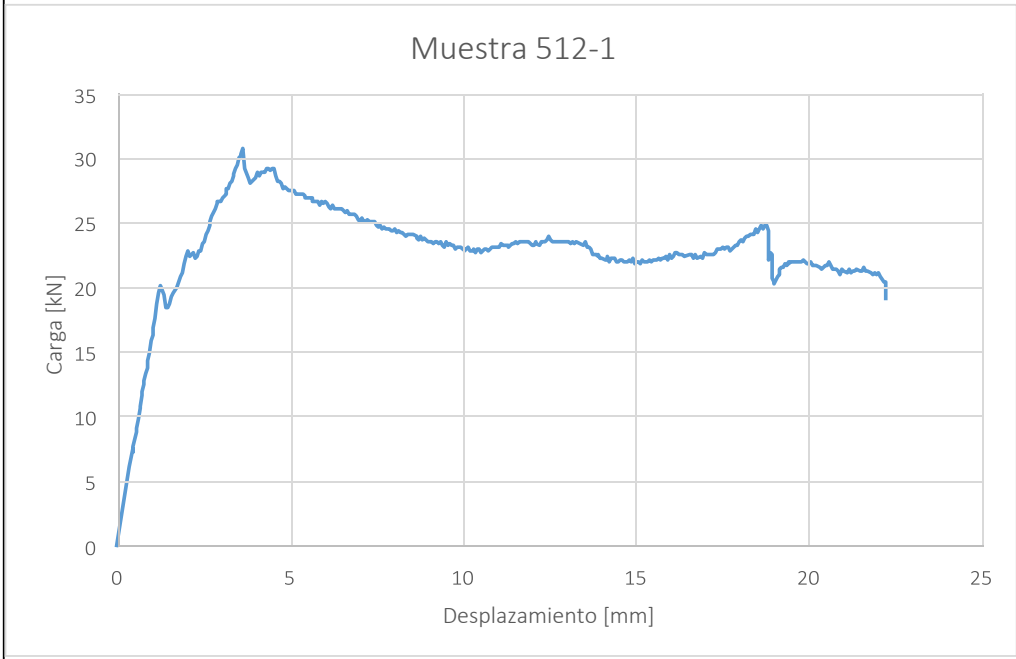
R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA



F E C HA DE ENSAYO:	10-08-2017
E DAD MUE S TR A:	28

MUE S TR A 1	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 11-07-2017 10:20	
R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]: 20,33 Carga primer máximo punzonamiento [kN]: 23,00 Carga máxima [kN]: 31,00	

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

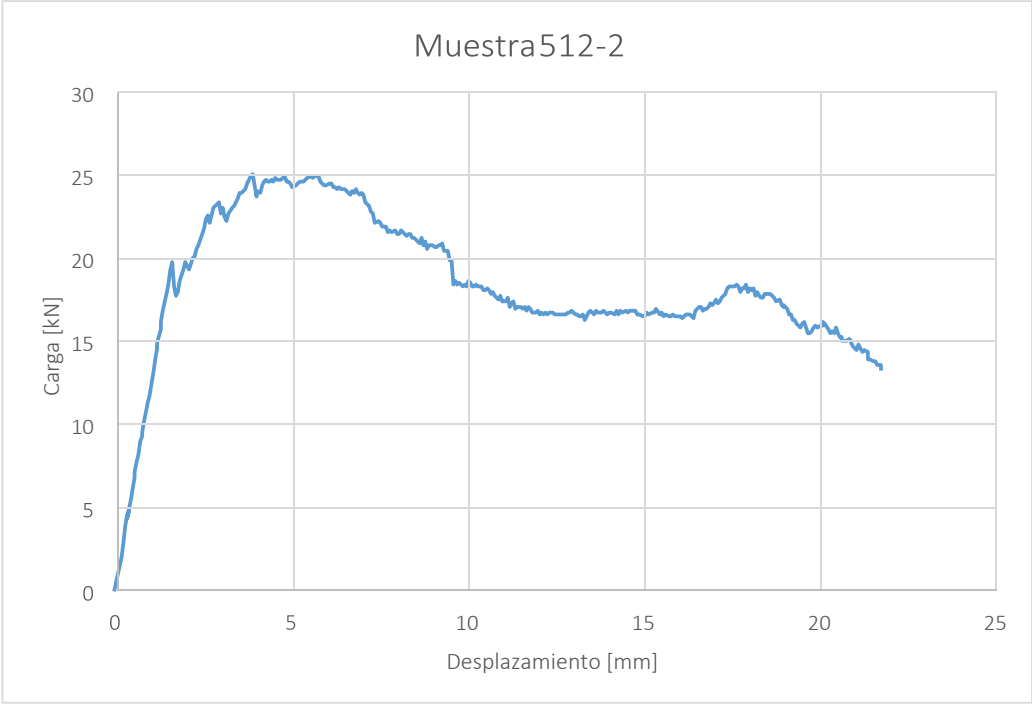


FECHA DE ENSAYO:	10-08-2017
EDAD MUESTRA:	31

MUE S TR A 2	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 11-07-2017 10:20	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	19,88
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	23,54
Carga máxima [kN]:	25,21

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

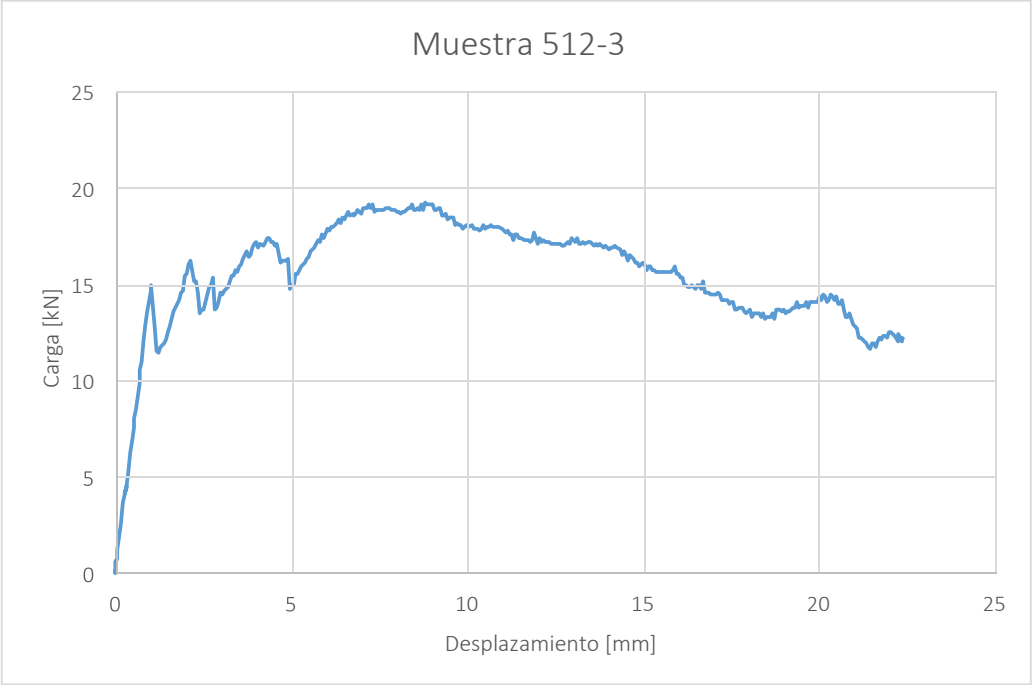


F ECHA DE ENSAYO:	10-08-2017
EDAD MUESTR A:	31

MUE S TR A 3	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIE NTO - FLEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 11-07-2017 10:20	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	15,04
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	17,48
Carga máxima [kN]:	19,15

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

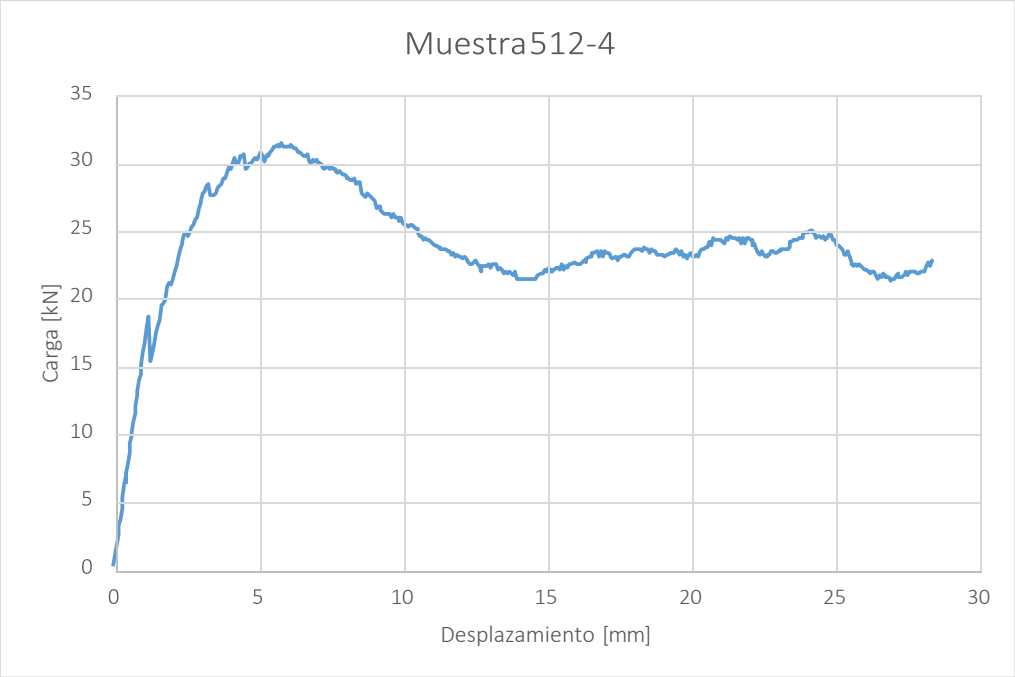


FECHA DE ENSAYO:	10-08-2017
EDAD MUESTRA:	31

MUE S TR A 4	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 11-07-2017 10:20	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	18,47
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	31,23
Carga máxima [kN]:	31,23

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

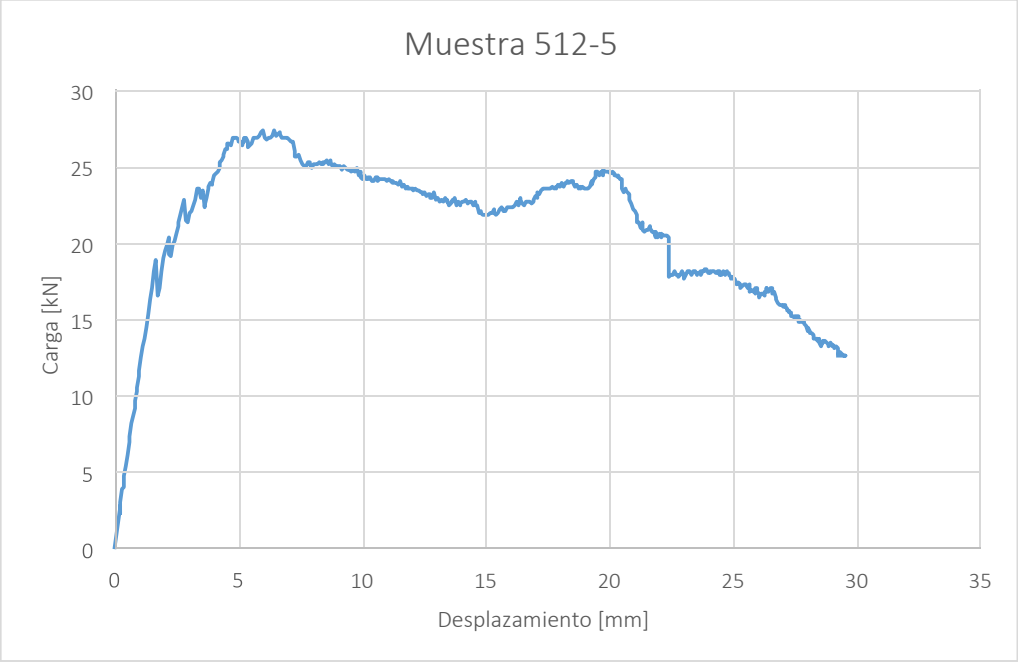


F ECHA DE ENS AYO :	10-08-2017
E DAD MUE S TR A:	31

MUE S TR A 5	
DATO S DE LA MUE S TR A:	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x50 (mm) Fecha y hora de fabricación: 11-07-2017 10:20	

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	19,00
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	24,10
Carga máxima [kN]:	27,53

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA



FECHA DE ENSAYO:	10-08-2017
EDAD MUE S TR A:	31

MUE S TR A 1	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIE NTO - F LE XIÓN

Material:
Hormigón reforzado con fibras sinteticas Barchip 50

Dosificación:
*ver anexo

contenido de fibras:
8 K g/m3

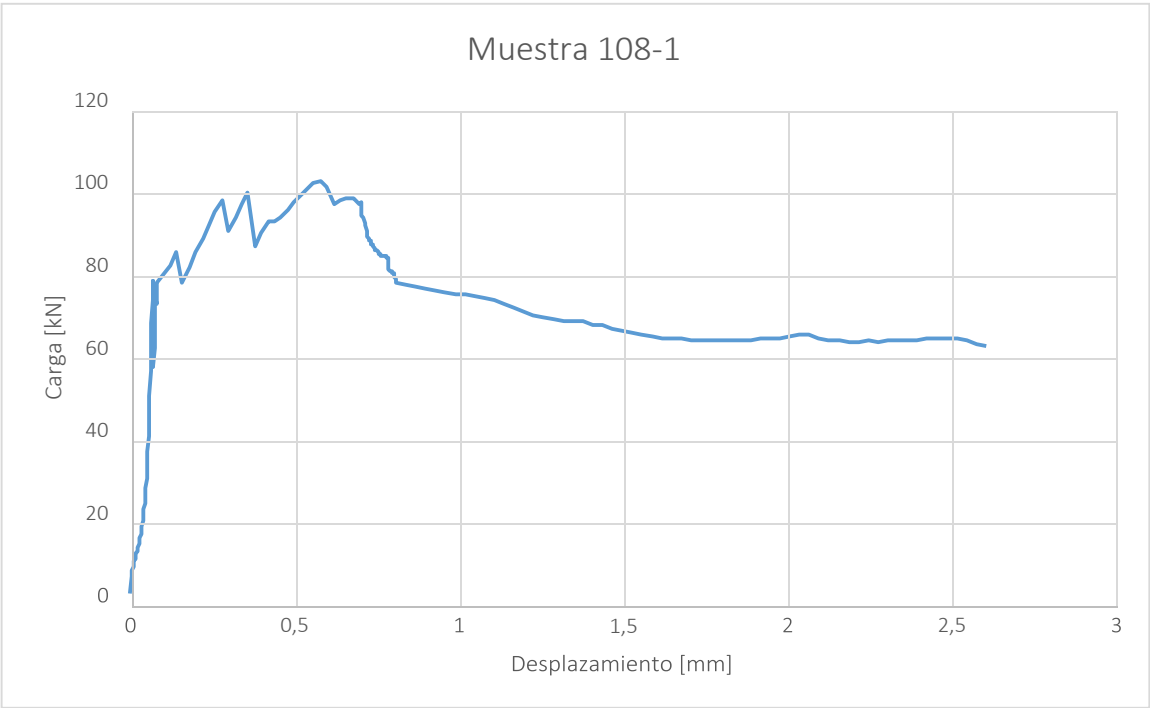
dimensiones probeta
300x300x100 (mm)

Fecha y hora de fabricación:
01-06-2017
11:18

R E S ULTADO S DE L E NS AYO

Carga primer máx. flexión [kN]:	76,00
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	83,00
Carga máxima [kN]:	100,10

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

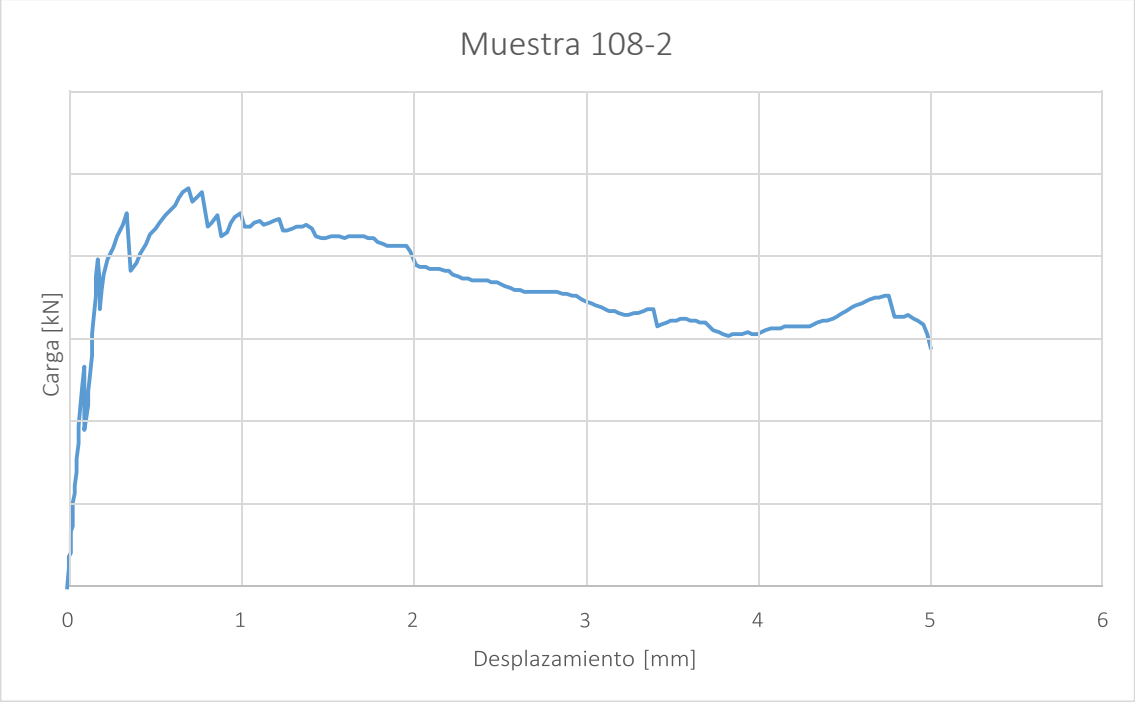


FECHA DE ENSAYO:	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	57 días

MUESTRA 2	
DATOS DE LA MUESTRA :	ENSAYO PUNZONAMIENTO - FLEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sinteticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 8 Kg/m3 dimensiones probeta 300x300x100 (mm) Fecha y hora de fabricación: 01-06-2017 11:18	

RESULTADOS DE LENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	54,00
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	90,90
Carga máxima [kN] :	96,90

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

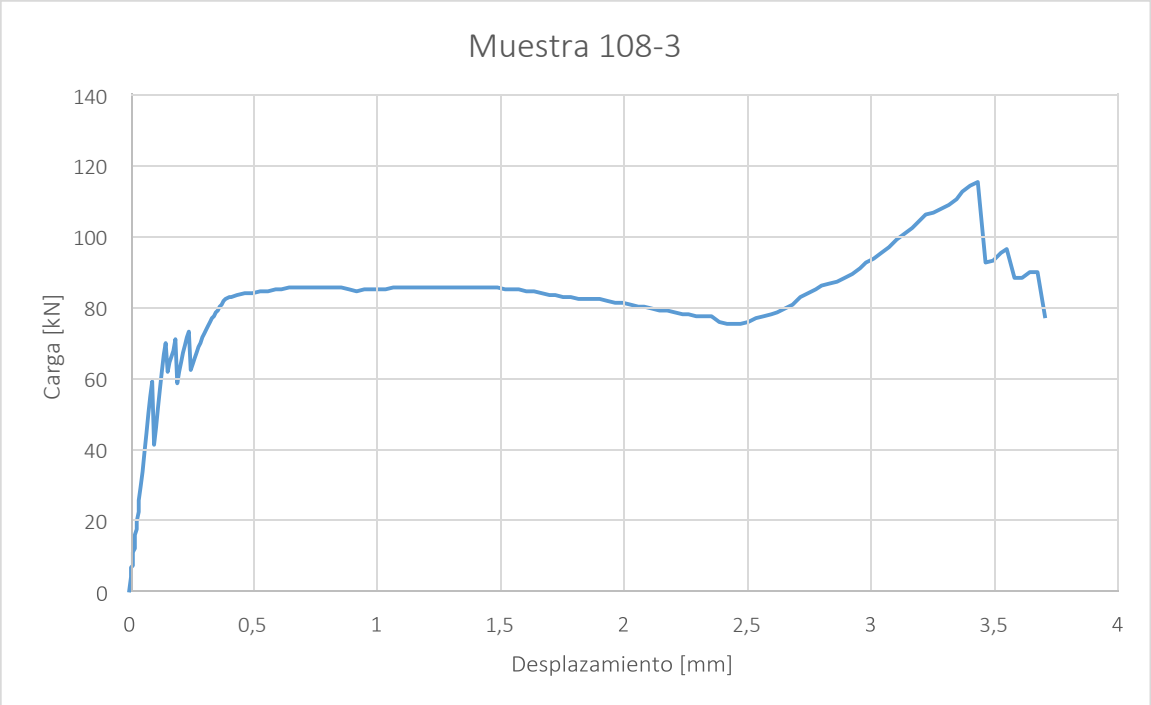


FECHA DE ENSAYO:	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	57 días

MUE S TR A 3	
DATO S DE LA MUE S TR A :	ENSAYO PUNZONAMIENTO - FLEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sinteticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 8 K g/m3 dimensiones probeta: 300x300x 100(mm) Fecha y hora de fabricación: 01-06-2017 11:18	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	59,90
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	73,70
Carga máxima [kN]:	86,20

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

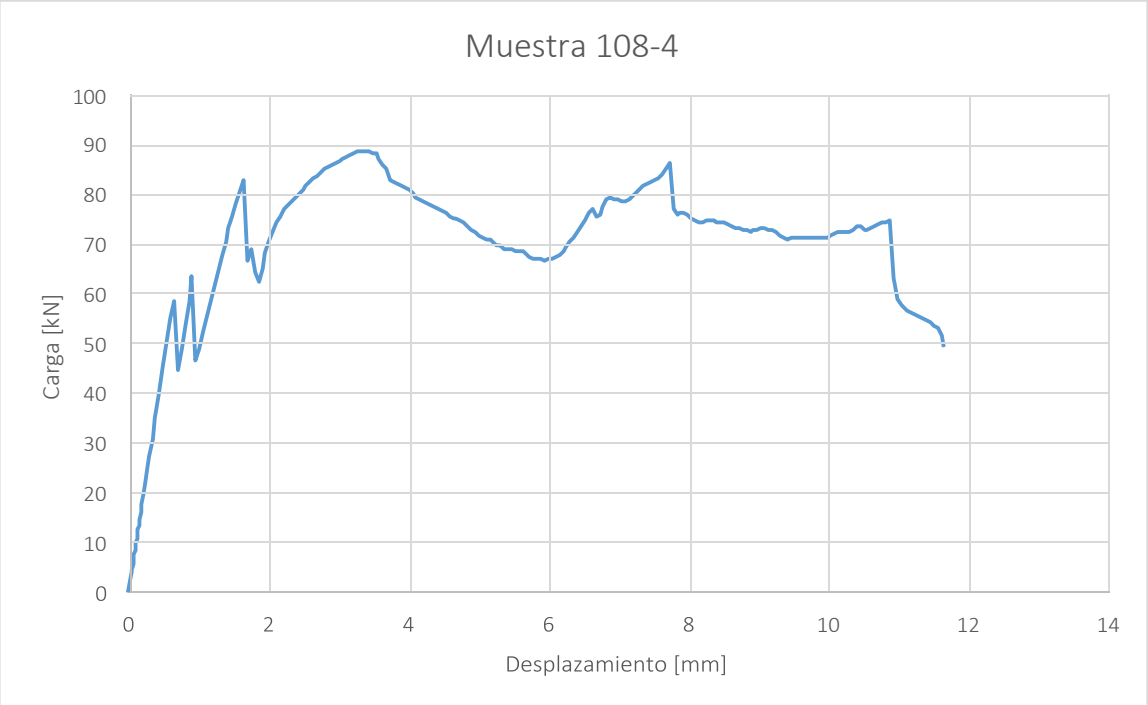


FECHA DE ENSAYO:	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	57 días

MUE S TR A 4	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sinteticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x 100(mm) Fecha y hora de fabricación: 01-06-2017 11:18	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	59,00
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	83,00
Carga máxima [kN]:	89,10

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

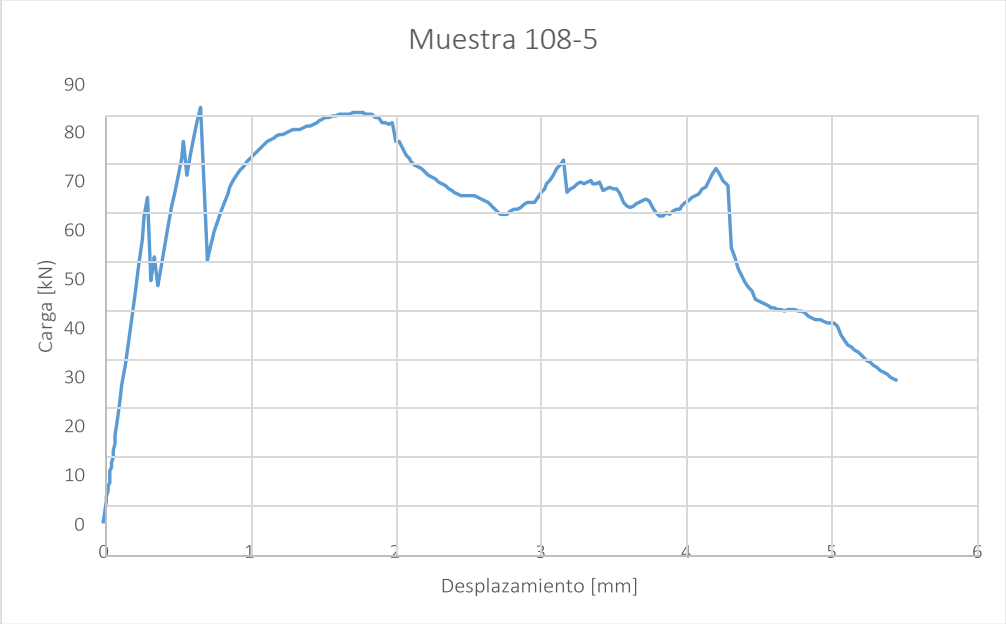


FECHA DE ENSAYO:	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	57 días

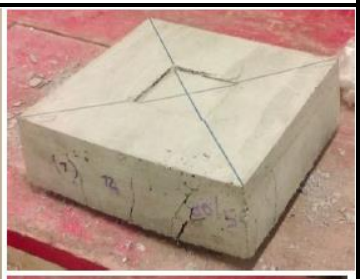
MUESTRA 5	
DATOS DE LA MUESTRA :	ENSAYO PUNZONAMIENTO - FLEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sinteticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 8 Kg/m3 dimensiones probeta 300x300x 100(mm) Fecha y hora de fabricación: 01-06-2017 11:18	

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	66,90
Carga primer máximo punzonamiento[kN]:	85,20
Carga máxima [kN]:	85,2

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

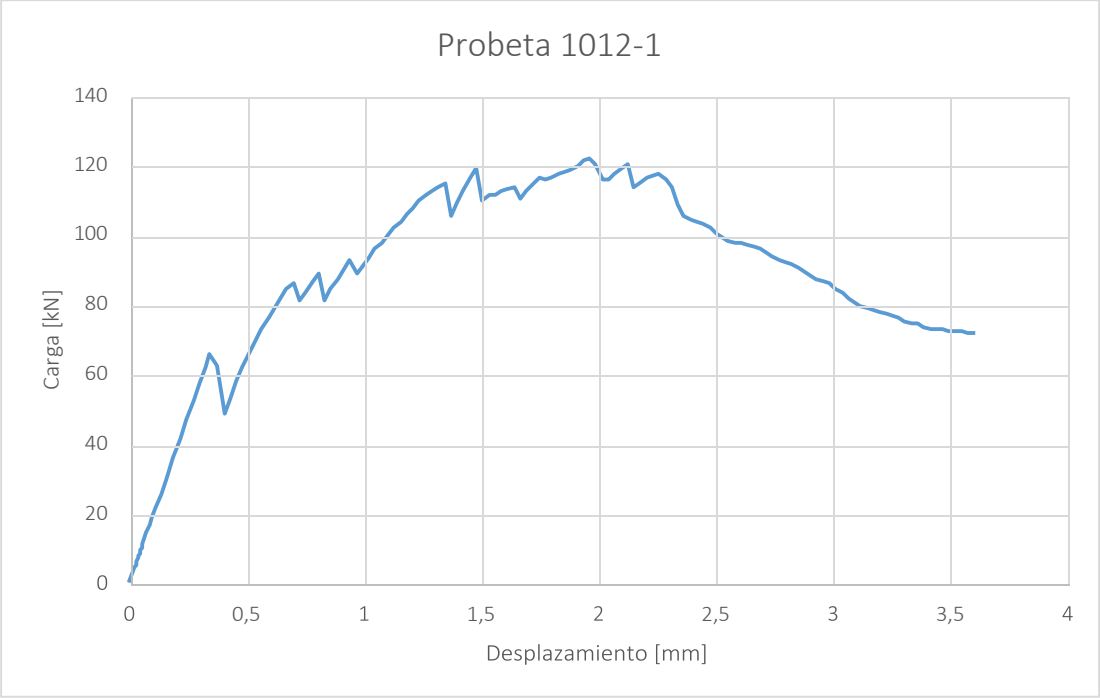


FECHA DE ENSAYO:	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	57 días

MUE S TR A 1	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x 100(mm) Fecha y hora de fabricación: 30-05-2017 9:45	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	65,20
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	86,00
Carga máxima [kN]:	121,70

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

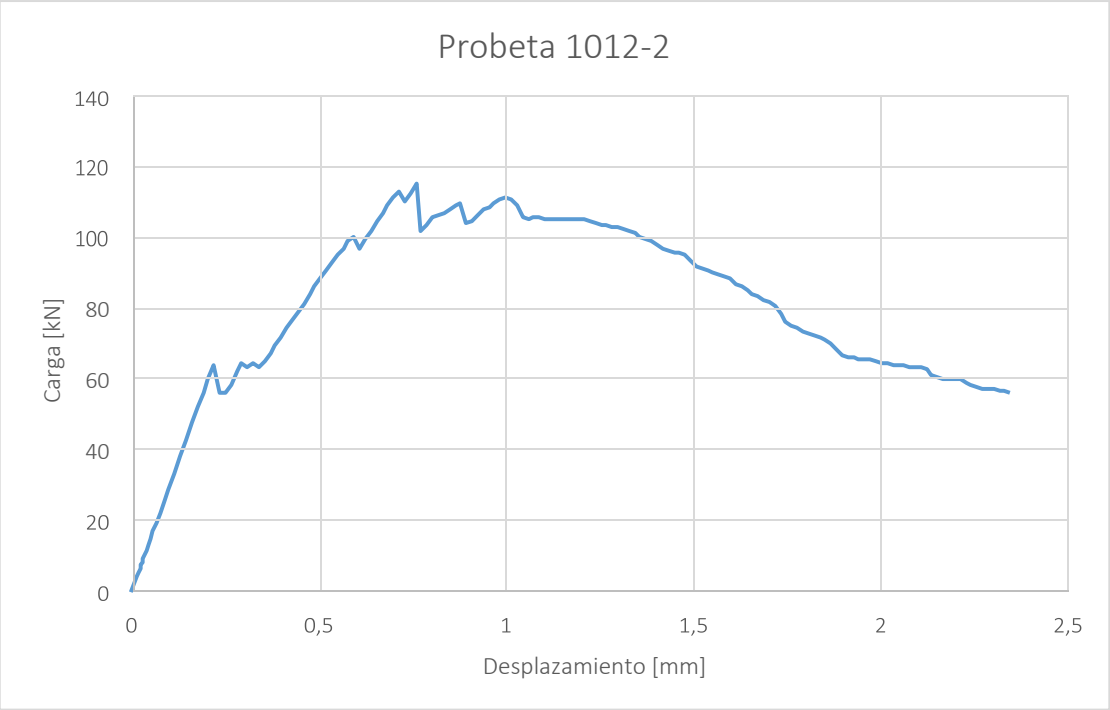


FECHA DE ENSAYO:	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	59 días

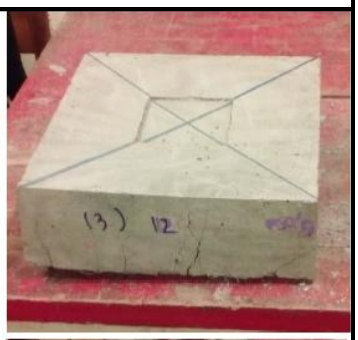
MUESTRA 2	
DATOS DE LA MUESTRA :	ENSAYO PUNZONAMIENTO - FLEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras: 12 g/m3 dimensiones probeta 300x300x 100(mm) Fecha y hora de fabricación: 30-05-2017 9:45	

RESULTADOS DE LENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	64,30
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	65,00
Carga máxima [kN]:	113,60

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

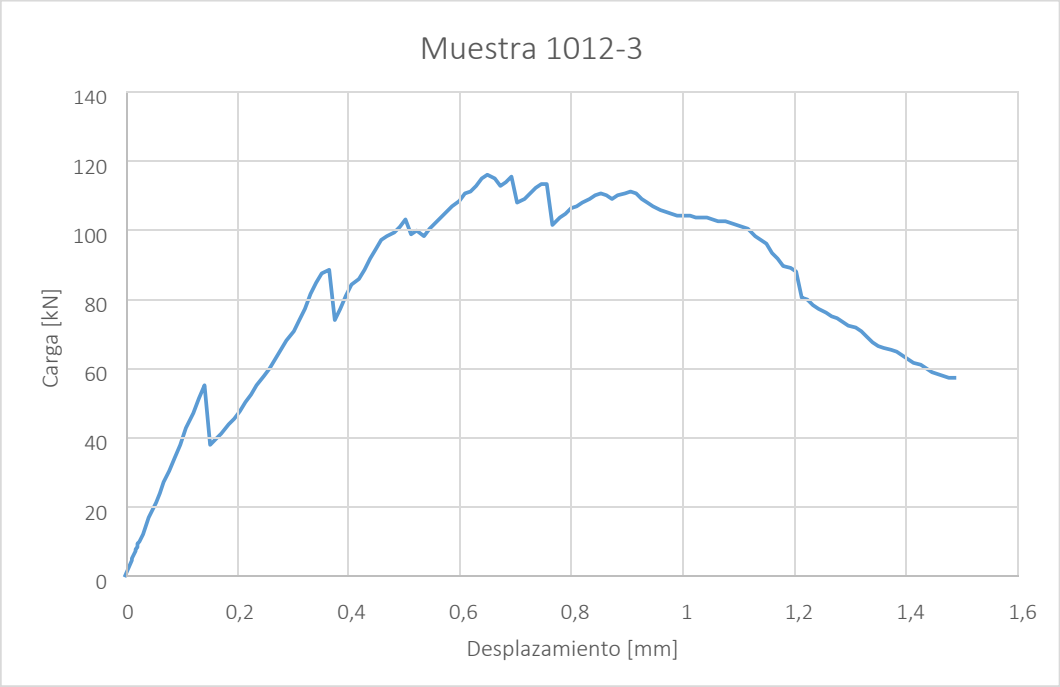


FECHA DE ENSAYO:	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	59 días

MUE S TR A 3	
DATO S DE LA MUE S TR A :	ENSAYO PUNZONAMIENTO - FLEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x 100(mm) Fecha y hora de fabricación: 30-05-2017 9:45	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	55,40
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	88,60
Carga máxima [kN]:	116,3

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

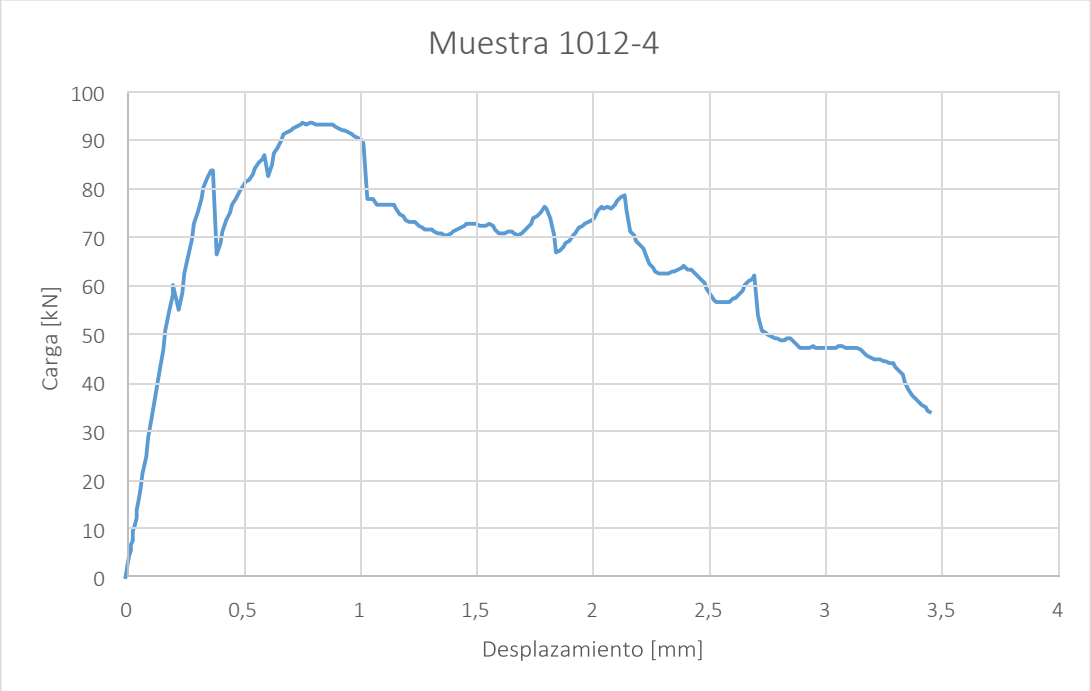


FECHA DE ENSAYO :	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	59 días

MUE S TR A 4	
DATO S DE LA MUE S TR A :	ENS AYO PUNZONAMIENTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x 100(mm) Fecha y hora de fabricación: 30-05-2017 9:45	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	60,70
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	84,00
Carga máxima [kN]:	94,00

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

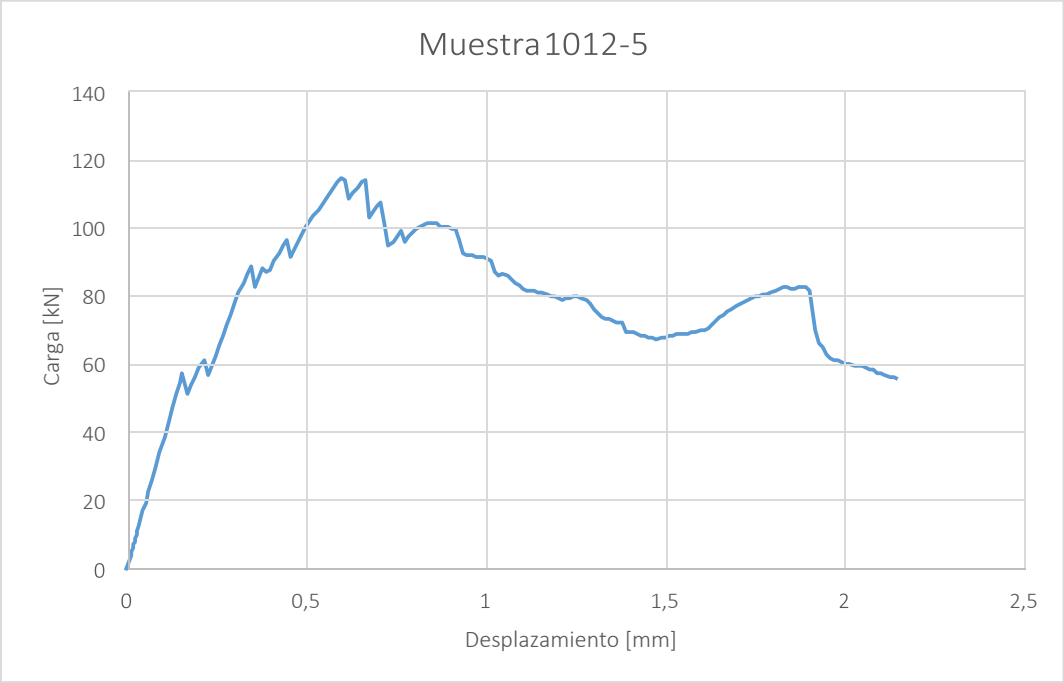


FECHA DE ENSAYO:	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	59 días

MUE S TR A 5	
DATO S DE LA MUE S TR A :	ENSAYO PUNZONAMIENTO - FLEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x 100(mm) Fecha y hora de fabricación: 30-05-2017 9:45	

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	57,60
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	89,00
Carga máxima [kN]:	114,40

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

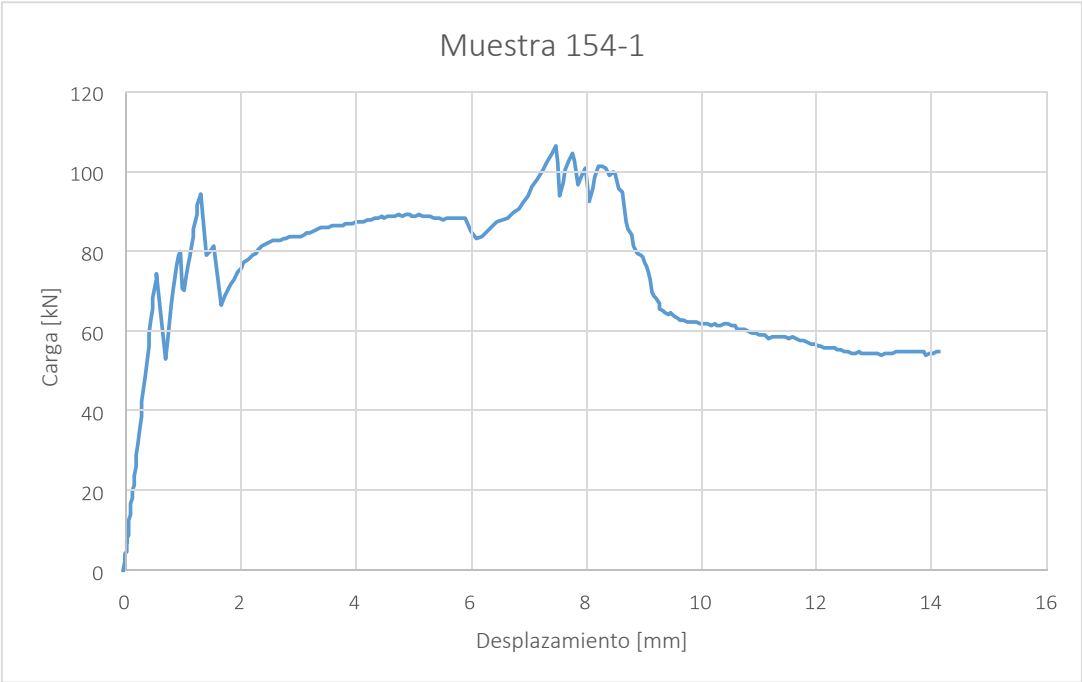


FECHA DE ENSAYO:	27-07-2017
EDAD MUESTRA:	59 días

MUE S TR A 1	
DATOS DE LA MUESTRA :	ENSAYO PUNZONAMIENTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-06-2017 13:47	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	74,76
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	80,35
Carga máxima [kN]:	94,78

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

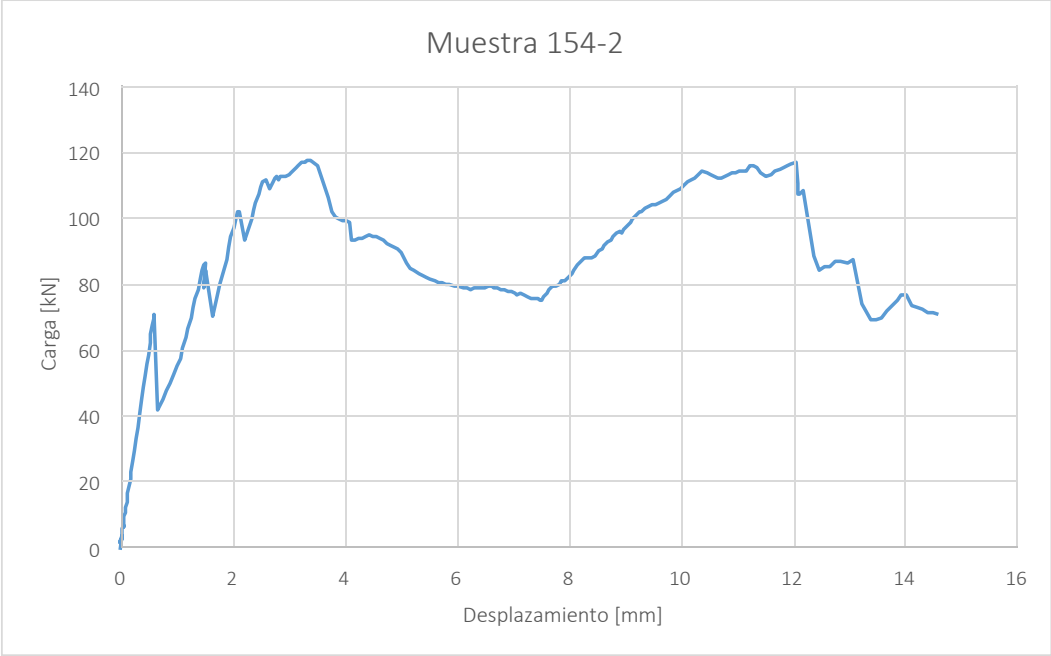


FEC HA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	45 Días

MUE S TR A 2	
DATOS DE LA MUE STR A :	ENSAYO PUNZONAMIENTO - FLEXIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-06-2017 13:47	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	71,64
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	112,23
Carga máxima [kN]:	117,88

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

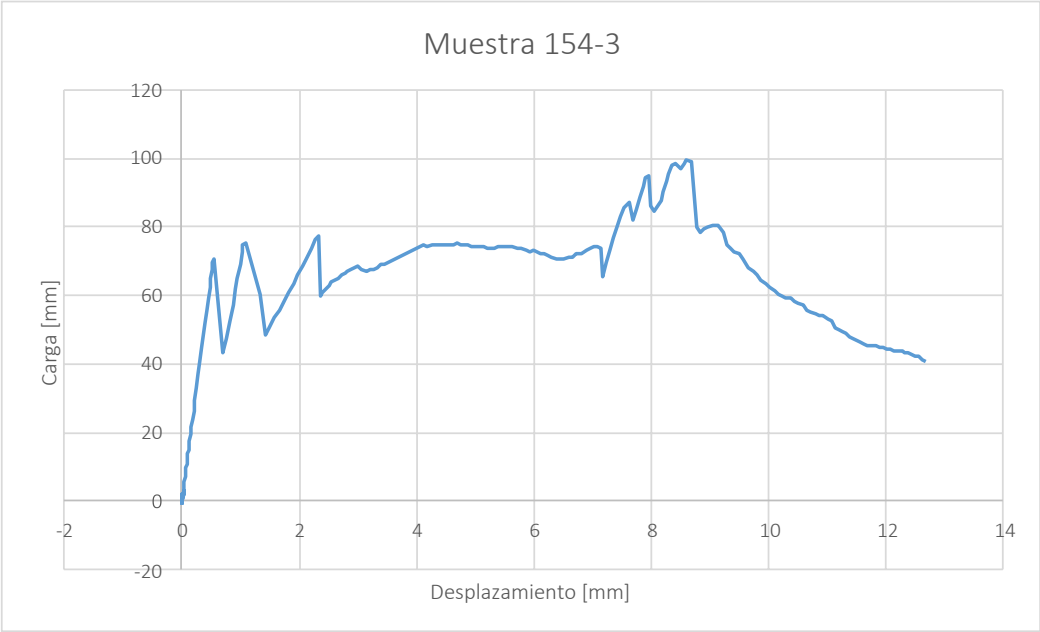


FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	45

MUE S TR A 3	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-06-2017 13:47	

R E S ULTADOS DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	70,56
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	68,82
Carga máxima [kN]:	77,42

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

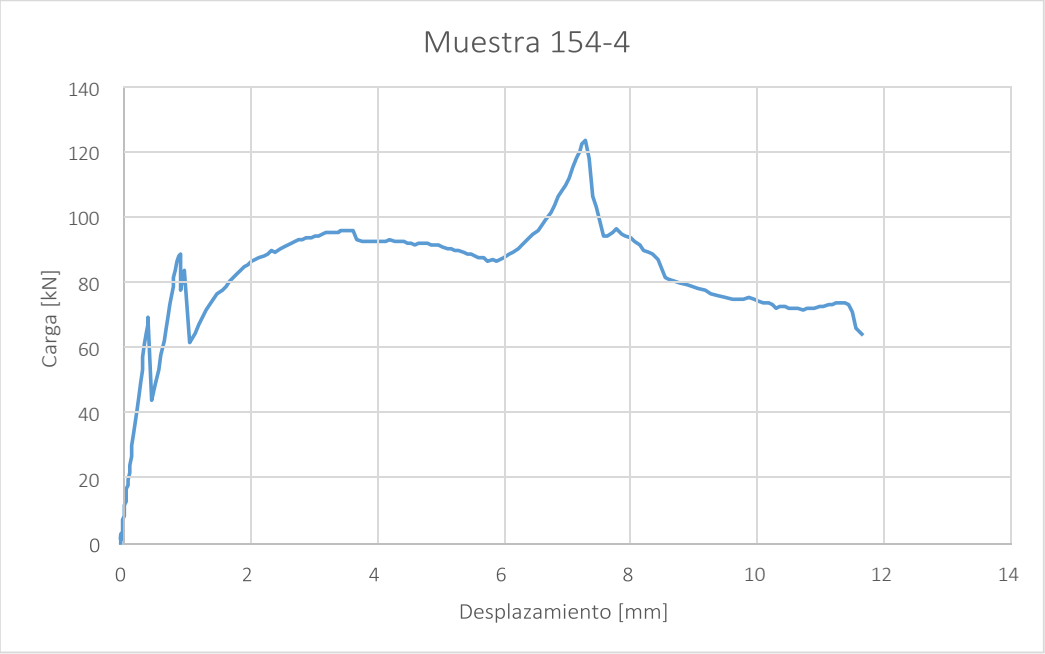


FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	45

MUE S TR A 4	
DATO S DE LA MUE STR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-06-2017 13:47	

R E S ULTADOS DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	69,83
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	89,10
Carga máxima [kN]:	96,73

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

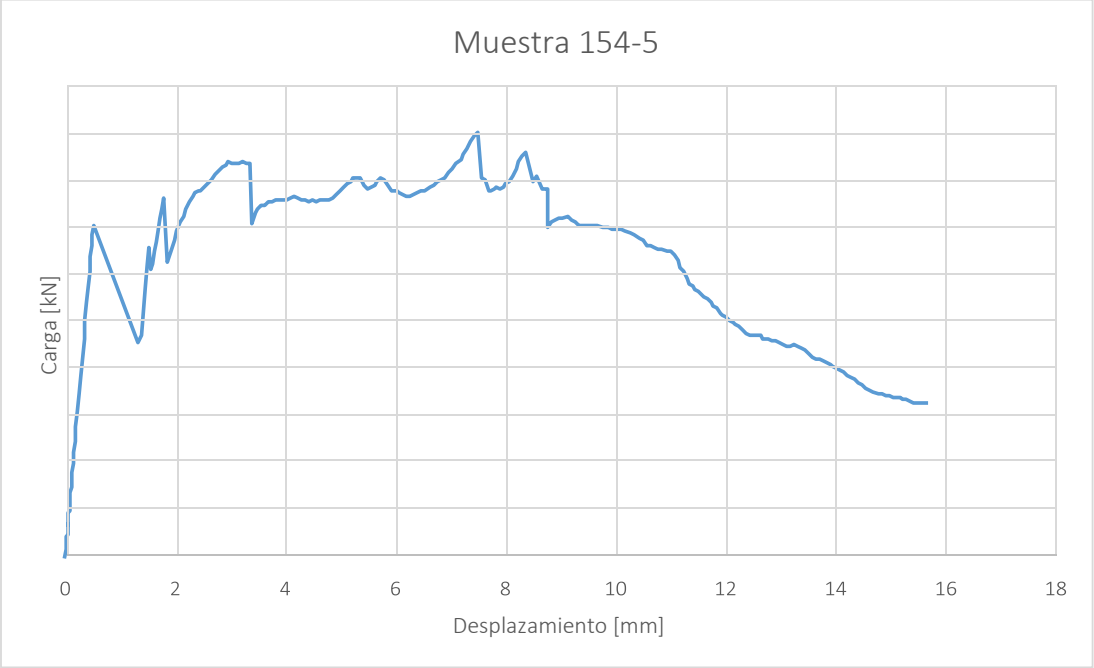


FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	45

MUE S TR A 5	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 4 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 14-06-2017 13:47	

R E S ULTADO DEL ENSAYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	71,12
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	76,89
Carga máxima [kN]:	84,62

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

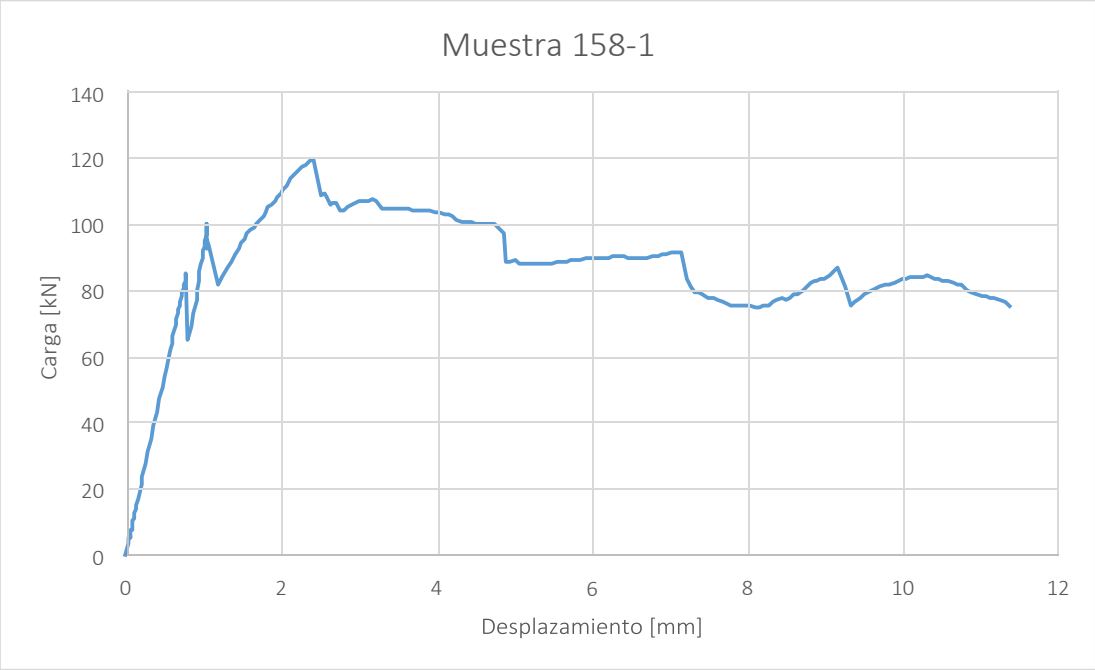


F E C HA DE E NSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	45

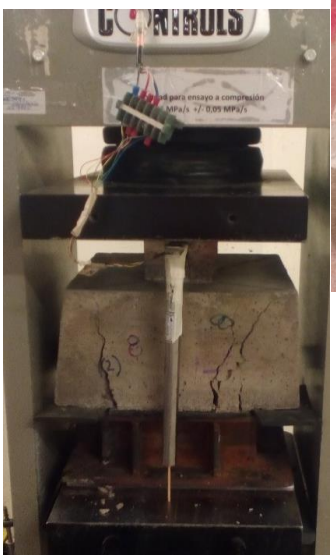
MUE S TR A 1	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIENTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 12-06-2017 13:32	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	85,65
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	120,56
Carga máxima [kN]:	120,56

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

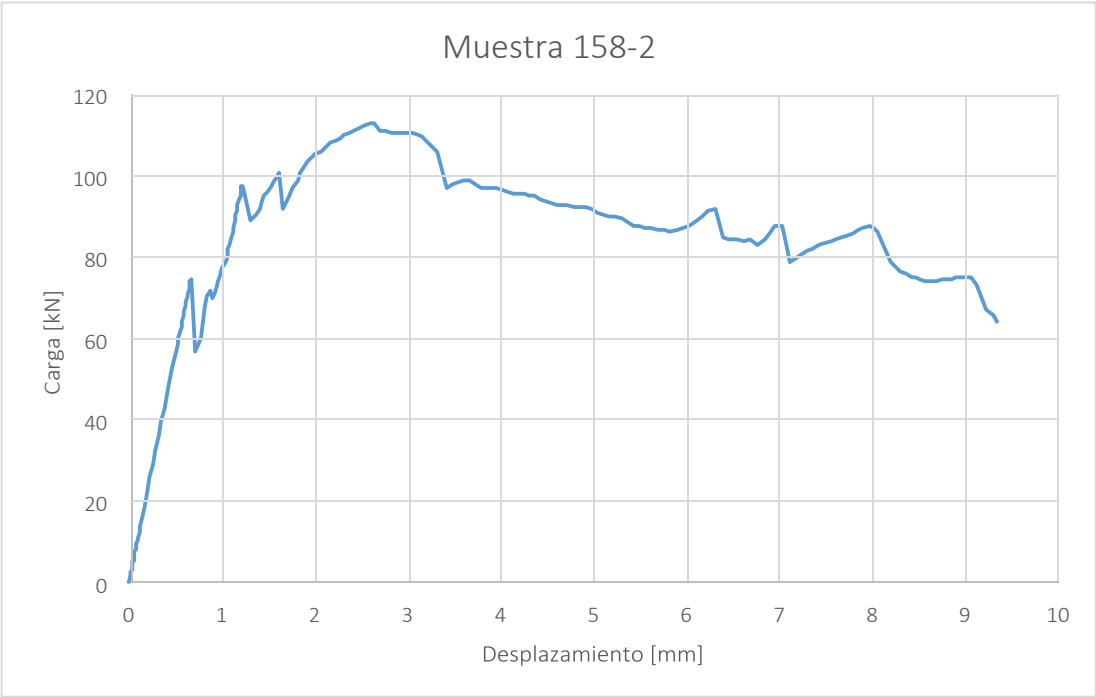


FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017	
EDAD MUESTRA:	47	

MUE S TR A 2	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZONAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 12-06-2017 13:32	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	74,99
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	101,11
Carga máxima [kN]:	113,38

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA



F E C HA DE ENSAYO:	28-07-2017
E DAD MUE S TR A:	47

MUE S TR A 3	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIENTO - F LE XIÓN

Material:
Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50
Dosificación:
*ver anexo

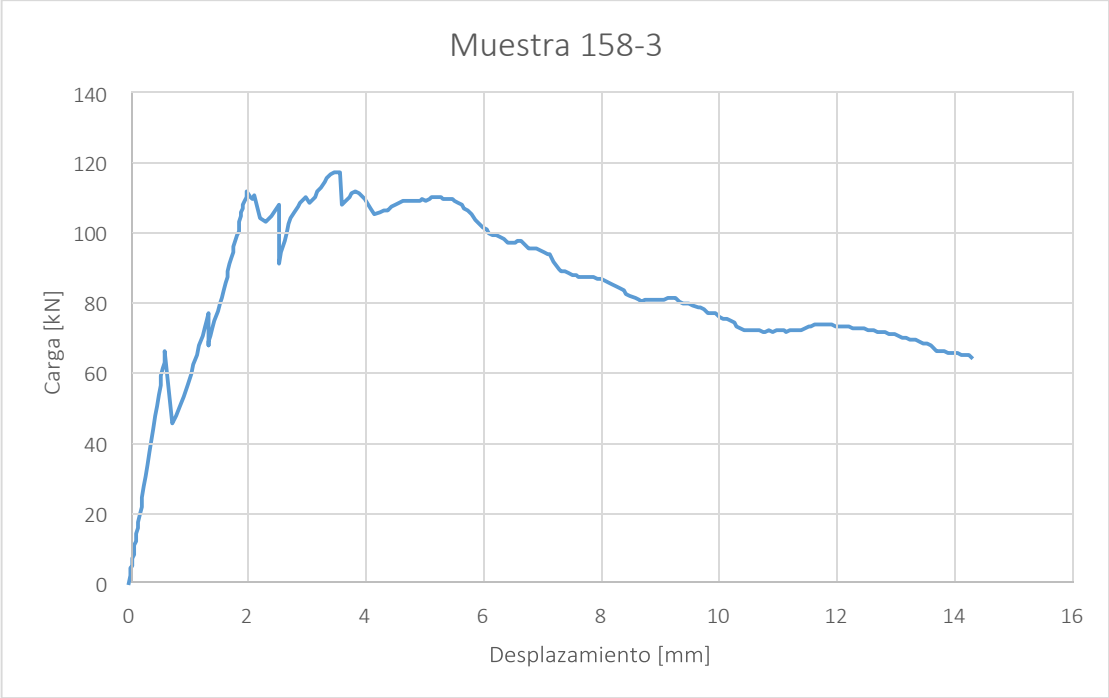
contenido de fibras :
8 K g/m3

dimensiones probeta
300x300x150 (mm)

Fecha y hora de fabricación:
12-06-2017
13:32

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	66,45
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	112,18
Carga máxima [kN]:	117,96

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

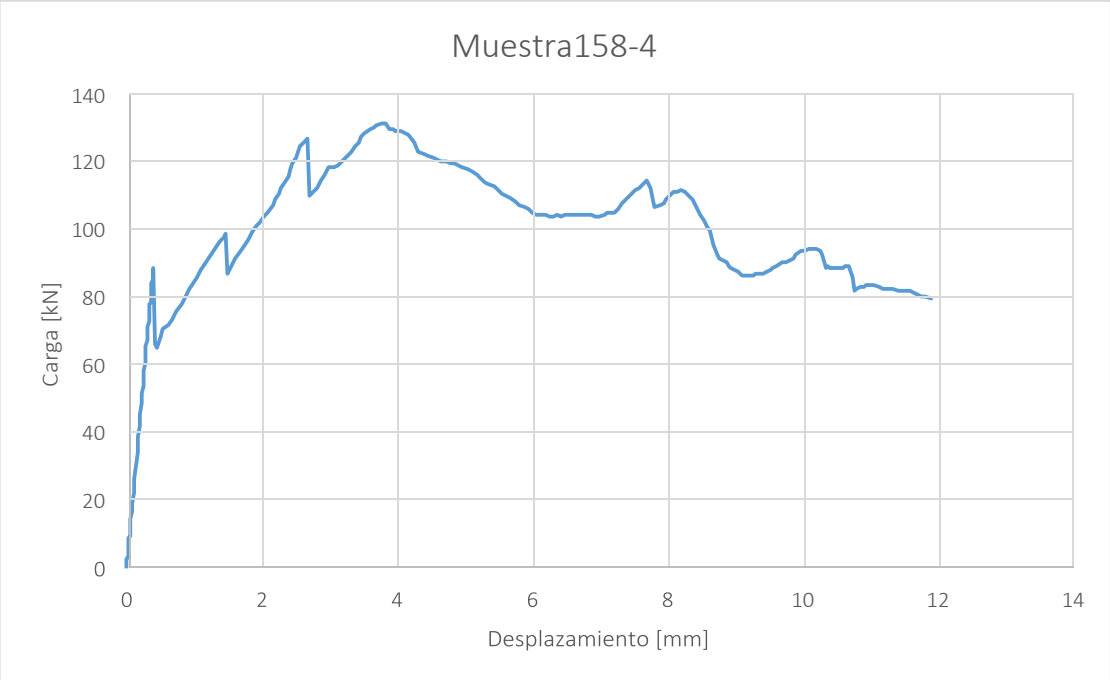


FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUES TR A:	47

MUE S TR A 4	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZONAMIE NTO - F LE XIÓ N
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 12-06-2017 13:32	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	89,06
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	127,43
Carga máxima [kN]:	131,94

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

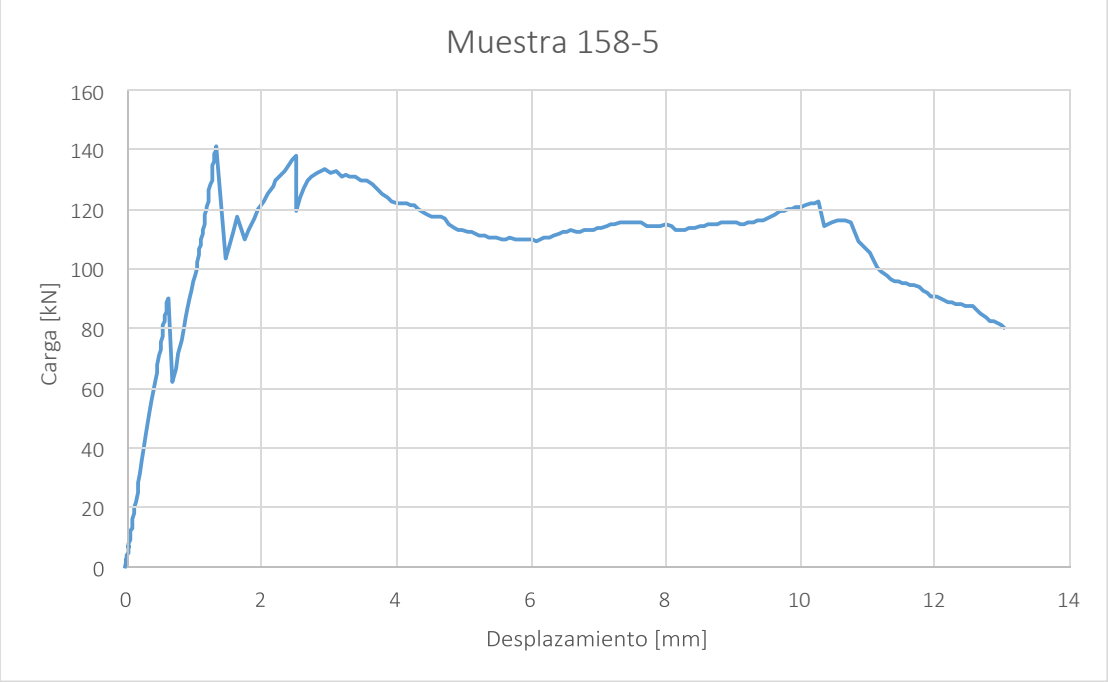


FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	47

MUE S TR A 5	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 8 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 12-06-2017 13:32	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	91,06
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	117,91
Carga máxima [kN]:	141,72

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

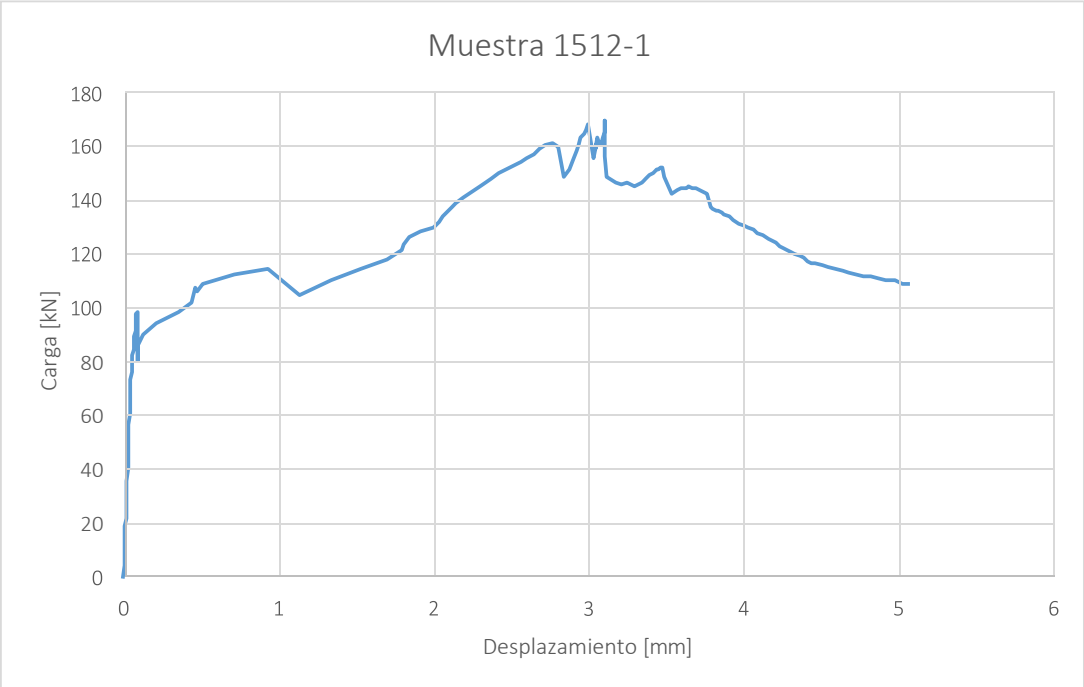


FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	47

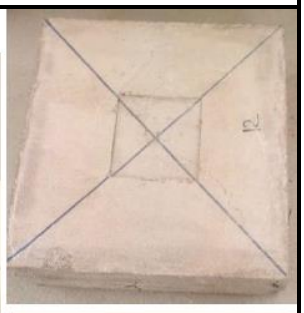
MUE S TR A 1	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 09-06-2017 15.38	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	98,90
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	115,20
Carga máxima [kN]:	169,70

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

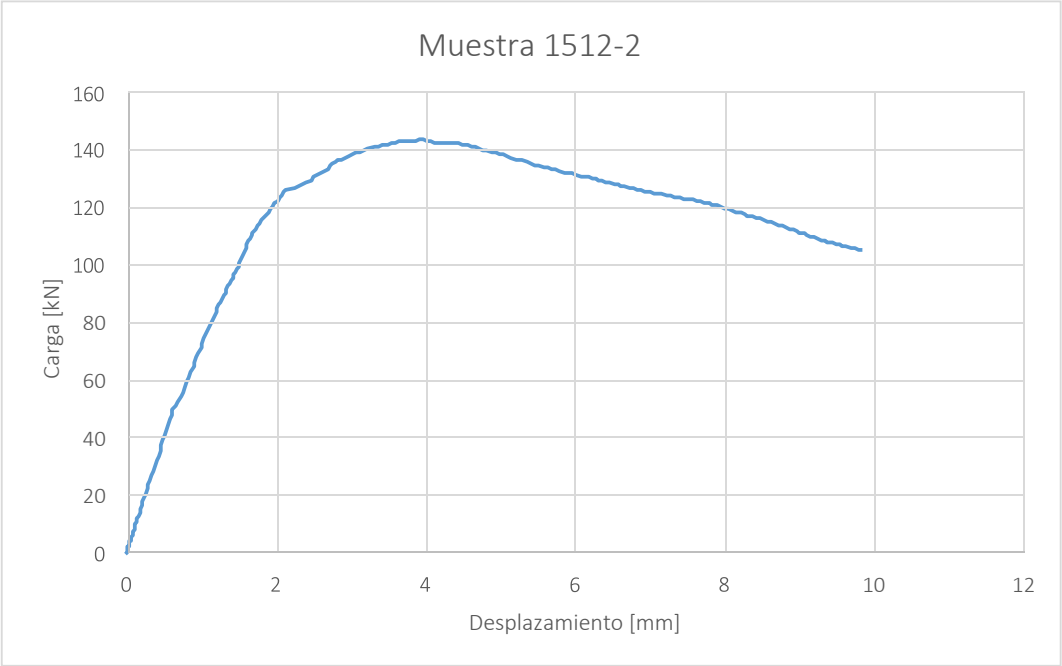


FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	50

MUE S TR A 2	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 09-06-2017 15.38	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	143,85
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	143,85
Carga máxima [kN]:	143,85

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA



FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	50

MUE S TR A 3	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO P UNZONAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 09-06-2017 15.38	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	97,51
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	131,98
Carga máxima [kN]:	155,93

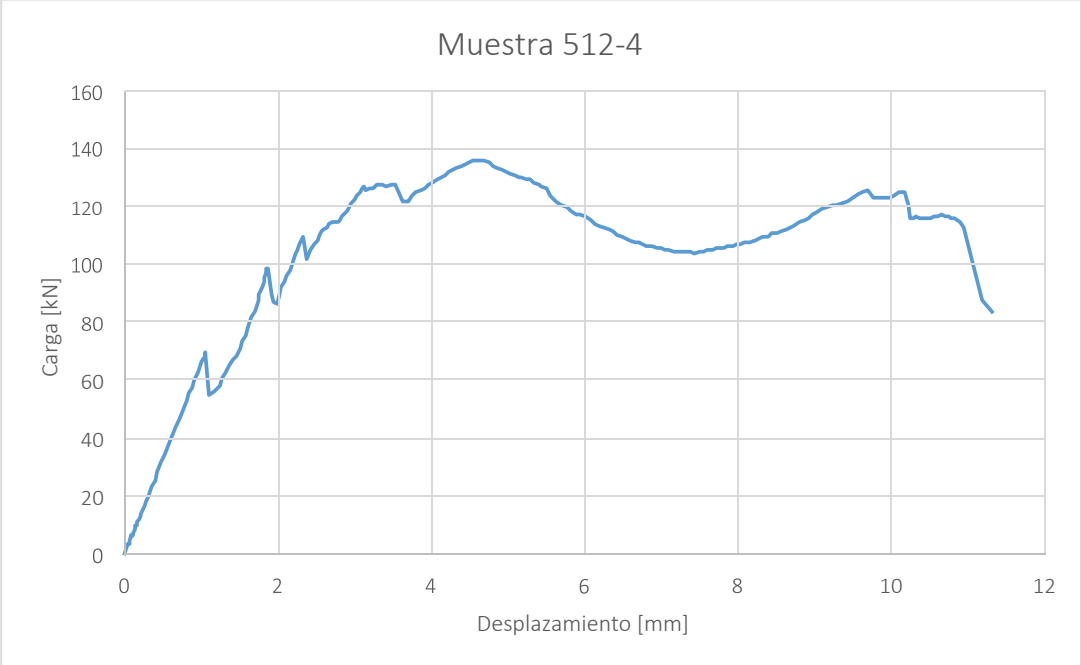
R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	50

MUE S TR A 4	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZONAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 09-06-2017 15.38	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	69,95
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	127,69
Carga máxima [kN]:	136,63

R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA

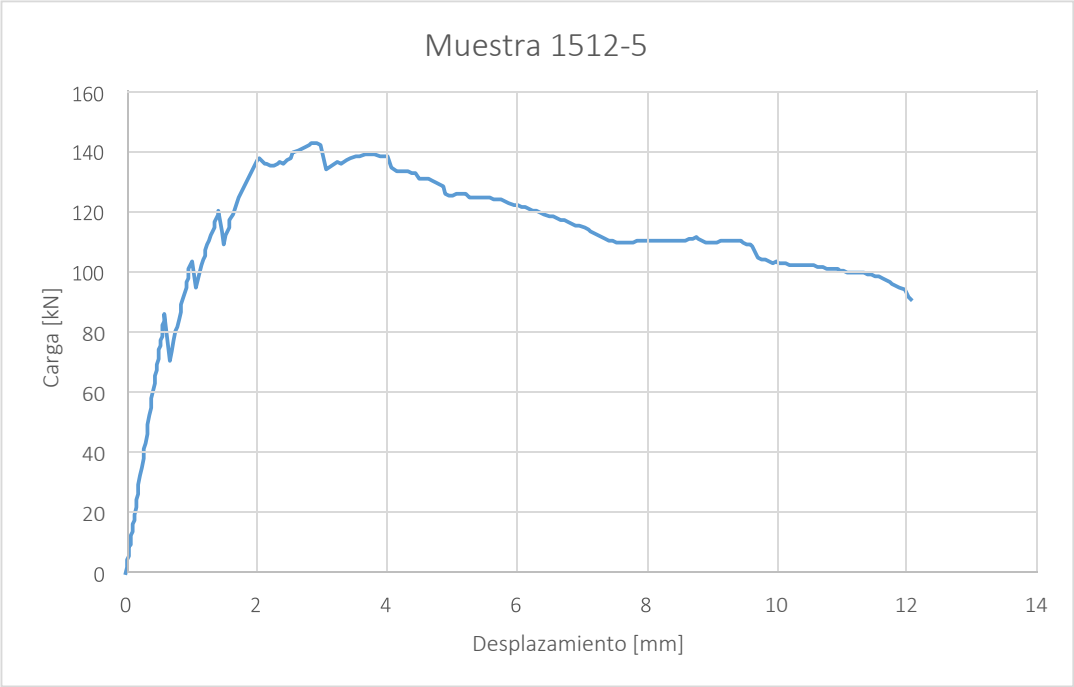


FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	50

MUE S TR A 5	
DATO S DE LA MUE S TR A :	E NS AYO PUNZO NAMIE NTO - F LE XIÓN
Material: Hormigón reforzado con fibras sintéticas Barchip 50 Dosificación: *ver anexo contenido de fibras : 12 K g/m3 dimensiones probeta 300x300x150 (mm) Fecha y hora de fabricación: 09-06-2017 15.38	

R E S ULTADO S DE L E NS AYO	
Carga primer máx. flexión [kN]:	86,99
Carga primer máximo punzonamiento [kN]:	138,67
Carga máxima [kN]:	143,77

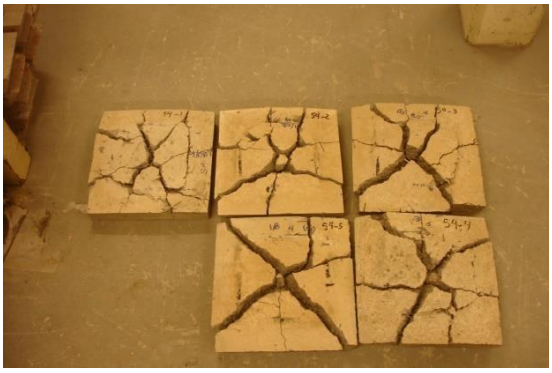
R E P R E S E NT A C IÓ N GRÁFICA



FECHA DE ENSAYO:	28-07-2017
EDAD MUESTRA:	50

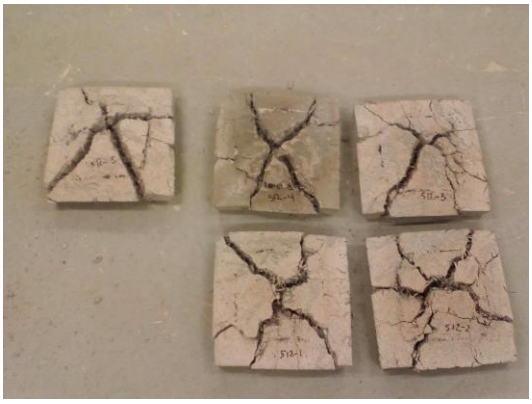
D.2 Comparación visual ensayos

D.2.1 Muestras 300x300x50-4



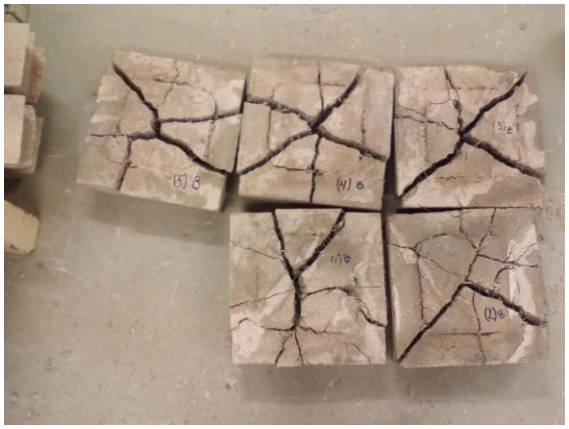
D.2.2 Muestras 300x300x50-8

D.2.3 Muestras 300x300x50-12



D.2.4 Muestras 300x300x100-4

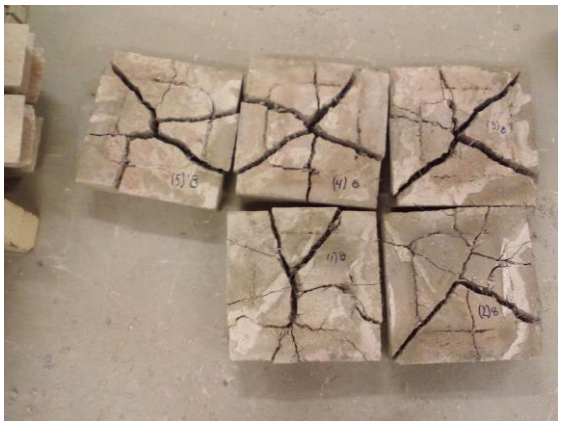
D.2.5 Muestras 300x300x100-8



D.2.6 Muestras 300x300x100-12

D.2.7 muestras 300x300x150-4

D.2.8 Muestras 300x300x150-8



D.2.9 Muestras 300x300x150-12