

INFORME ELECTRÓNICO DE ENSAYO N° 645023-01

Ensayos mecánicos a muros de hormigón confeccionados con encofrado modular perdido de poliestireno expandido de alta densidad

PARTE 1: Ensayo de impacto de cuerpo blando

CLIENTE

EXACTA LTDA.
Rut.76.058.030-9
Av. Del Cóndor Norte 844, Of. 316, Comuna de Huechuraba.
Sr. Sebastián Goldberger K.

ENSAYO

Impacto de cuerpo blando, basado en la norma chilena de ensayo de paneles estructurales NCh804.Of2003. Este ensayo consiste en someter al muro, colocado en posición vertical y simplemente apoyado en sus extremos de menor dimensión, a la acción de un impacto de cuerpo blando aplicado en la parte central del muro, en dirección perpendicular a su plano, utilizando un saco relleno con material granular (esferas de plomo). La energía de impacto se aumenta progresivamente, incrementando la altura de caída del saco, hasta alcanzar la rotura del muro, midiendo en cada impacto, la deflexión instantánea y la deflexión residual del muro.

DESCRIPCIÓN DEL MURO

Se ensayan tres muestras de un muro de hormigón, correspondientes a un módulo aislado de 1.312 m de largo x 2.40 m de alto x 194 mm de espesor y 710 kg de masa, conformado por:

- o **Encofrado modular perdido:** constituido por unidades o "ladrillos" de poliestireno expandido de alta densidad, de dimensiones nominales¹ de 1031.25 mm de largo, 187.5 mm de ancho y 300 mm de alto denominadas comercialmente como **"Exacta 18"**, fabricadas por la empresa AISLAPOL S.A.¹. Estas unidades poseen 5.5 huecos verticales, de dimensiones nominales¹ de 125 mm de largo y 117.5 mm de ancho, distribuidos uniformemente a lo largo de la unidad, además, de dos rebajes cóncavos, uno en la cara superior y otro en la cara inferior, que al materializar las "hiladas" conforman bovedillas horizontales que permite materializar los elementos horizontales de hormigón y alojar las barras de refuerzo horizontal. La unión entre las unidades se realiza con un sistema de aparejo "trabado". Para armar el encofrado las unidades poseen un "endentado" en sus caras de asiento (ver Figura 1, Anexo B).
- o **Hormigón de relleno:** Mortero premezclado en húmedo, denominado MR20.0(90)10-10, de tamaño máximo nominal de 10 mm y cono de 10 cm, transportado en camión mixer. En la Tabla 1, se presentan las características del mortero, determinadas en el Laboratorio a partir de muestras extraídas durante la construcción de las probetas.
- o **Armadura de refuerzo:** Barras de acero para hormigón de 10 mm de diámetro, grado nominal A630-420H. El refuerzo horizontal distribuido lo conforman 2 ϕ 10@600 mm (8 barras en total) y el refuerzo vertical 1 ϕ 10@ 375 mm (4 barras en total). Además, en el coronamiento del muro (sobre la última hilada), se coloca dos barras de 10 mm de diámetro (ver Figura 2, Anexo B).
- o **Revestimientos exterior e interior:** Estuco de mortero de cemento de 3 mm a 4 mm de espesor, predosificado en seco, reforzado con una malla de fibra de vidrio, denominado comercialmente como **"Estuco Exacta"**¹, el cual se prepara empleando 2.7 a 3.7 litros de agua potable por cada bolsa de 25 kg; se adiciona el agua hasta que quede con una consistencia pastosa¹.

¹ Información proporcionada por el cliente.

**Tabla 1.** Características del mortero de cemento de relleno⁽¹⁾.

Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Asentamiento (cm)	Compresión Cúbica 20 (MPa)
1	7	2260	12.0	24.6
2	28	2250		33.4
3	28	2260		32.3

Nota: (1) La determinación de las propiedades se realizó con una muestra cúbica de 150 mm, tomada en obra.

Los muros fueron diseñados por el cliente y construidos por él en dependencias de la obra ubicada en calle Balmaceda 058, comuna de Malloco. La construcción se realizó entre los días 1 y 2 de Junio de 2010 (ver Fotos 1 y 2 en el Anexo C).

MONTAJE E INSTRUMENTACIÓN

El muro se monta simplemente apoyado sobre un muro de reacción de hormigón dispuesto de forma vertical, con una luz entre apoyos de 2.2 m. El montaje del muro se materializa por medio de una serie de tubos de acero colocados en los bordes de menor longitud del muro y un conjunto de abrazaderas metálicas (ver Foto 3, Anexo C).

Para aplicar el impacto se emplea un saco de cuero relleno con esferas de plomo, con una masa total de 20.4 kg. Este saco se fija al muro del Laboratorio, en un punto ubicado sobre el muro, de modo que el impacto sea aplicado al centro del muro, perpendicular a su plano.

La instrumentación utilizada se define de acuerdo a lo especificado en la norma NCh804. Se emplea un deflectómetro con un sensor digital de resolución 0.02 mm, para medir las deformaciones fuera de plano instantánea y residual del muro en el punto de impacto y sensor de digital de desplazamiento de resolución 0.001 mm, montado sobre un marco de aluminio, para medir la deformación permanente en la cara de impacto. El deflectómetro se ubica en el eje central de la cara posterior del muro, a la altura de aplicación del impacto.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El procedimiento de ensayo consiste básicamente en:

- Fijar la muestra al muro de reacción y colocar la instrumentación.
- A continuación, se aplican los impactos a la muestra, aumentando la altura de caída en incrementos iguales de 150 mm, hasta alcanzar la rotura, o bien, una energía máxima de impacto de 420 Joule. En cada impacto, se miden las deflexiones instantánea y residual de la muestra por la cara posterior, así como la deformación residual o permanente en la cara de impacto (en el punto de impacto).
- Terminado el ensayo, se observan los daños locales y el estado final del muro.

RESULTADOS

En la Tabla 2, se indican los resultados del ensayo, correspondientes a: a) primer daño visible a simple vista en el muro; y b) el porcentaje máximo de deflexión residual con respecto a la deflexión instantánea en la zona elástica. En la Tabla 3 se presentan los resultados del ensayo para el último nivel de energía de impacto aplicado. Complementariamente, en el Anexo A, se presentan las curvas de energía de impacto – deflexión.

Tabla 2. Resultados del ensayo de impacto al muro: *Primer daño visible y deflexión residual.*

Muestra del muro (N°)	Primer daño visible a simple vista en el muro.				Deflexión residual en la zona elástica
	Energía de impacto aplicada (joule)	Deflexión instantánea ⁽¹⁾ (mm)	Deflexión residual ⁽²⁾ (mm)	Tipo de daño observado	Porcentaje máximo de la deflexión instantánea ⁽³⁾
1	270	1.00	6.58	Primera fisura concéntrica a punto de impacto.	751%
2	240	1.26	6.48		849%
3	210	0.90	4.53		908%

Tabla 3. Resultados del ensayo de impacto al muro: *Último impacto aplicado.*

Muestra del muro (N°)	Última energía de impacto aplicada			Observaciones (estado final del muro)
	Energía de impacto aplicada (joule)	Deflexión instantánea ⁽¹⁾ (mm)	Deflexión residual ⁽²⁾ (mm)	
1	420	1.60	9.80	Fisuras concéntricas a punto de impacto
2	420	1.88	16.26	
3	420	1.70	15.57	

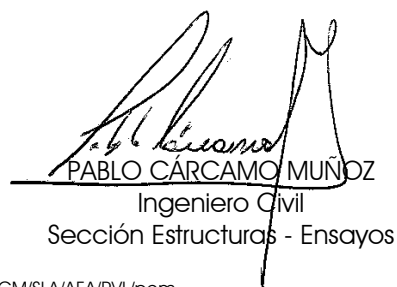
Notas:

- (1) Deformación fuera del plano instantánea del muro producto del impacto aplicado (medida al centro).
- (2) Deformación fuera de plano residual del muro luego de aplicado el impacto.
- (3) Corresponde a la deflexión residual expresada como porcentaje de la deflexión bajo carga (o instantánea) en la zona elástica (se indica el porcentaje máximo observado). La deformación residual del muro supera la deformación instantánea debido a la deformación local del revestimiento en la zona de impacto.

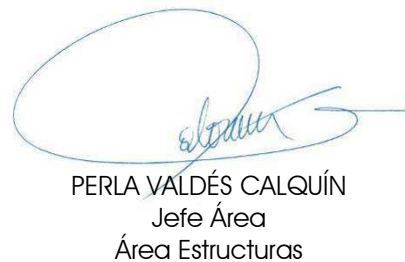
Las muestras ensayadas *no cumplen* con la totalidad de los requisitos establecidos en la norma NCh806.Eof71: "Arquitectura y Construcción. Paneles Prefabricados. Clasificación y Requisitos", para el ensayo de impacto, los cuales son: a) para una energía de 120 joule el panel no presenta deterioro aparente; b) para una energía de 240 joule el panel no se rompe; y c) la deflexión residual en la zona elástica no debe exceder del 30% de la deflexión bajo impacto (instantánea). La deflexión residual del muro en la zona elástica supera el 30% de la deformación instantánea.

Los resultados presentados en informe sólo son válidos para las muestras identificadas en él, y no pueden ser referidos a partidas o lotes. El presente informe no constituye una certificación de productos. Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe para fines publicitarios sin la autorización escrita de IDIEM.

Santiago, 16 de Diciembre de 2010



PABLO CÁRCAMO MUÑOZ
Ingeniero Civil
Sección Estructuras - Ensayos

PERLA VALDÉS CALQUÍN
Jefe Área
Área Estructuras

PCM/SLA/AFA/RVL/pcm



ANEXO A. GRÁFICOS

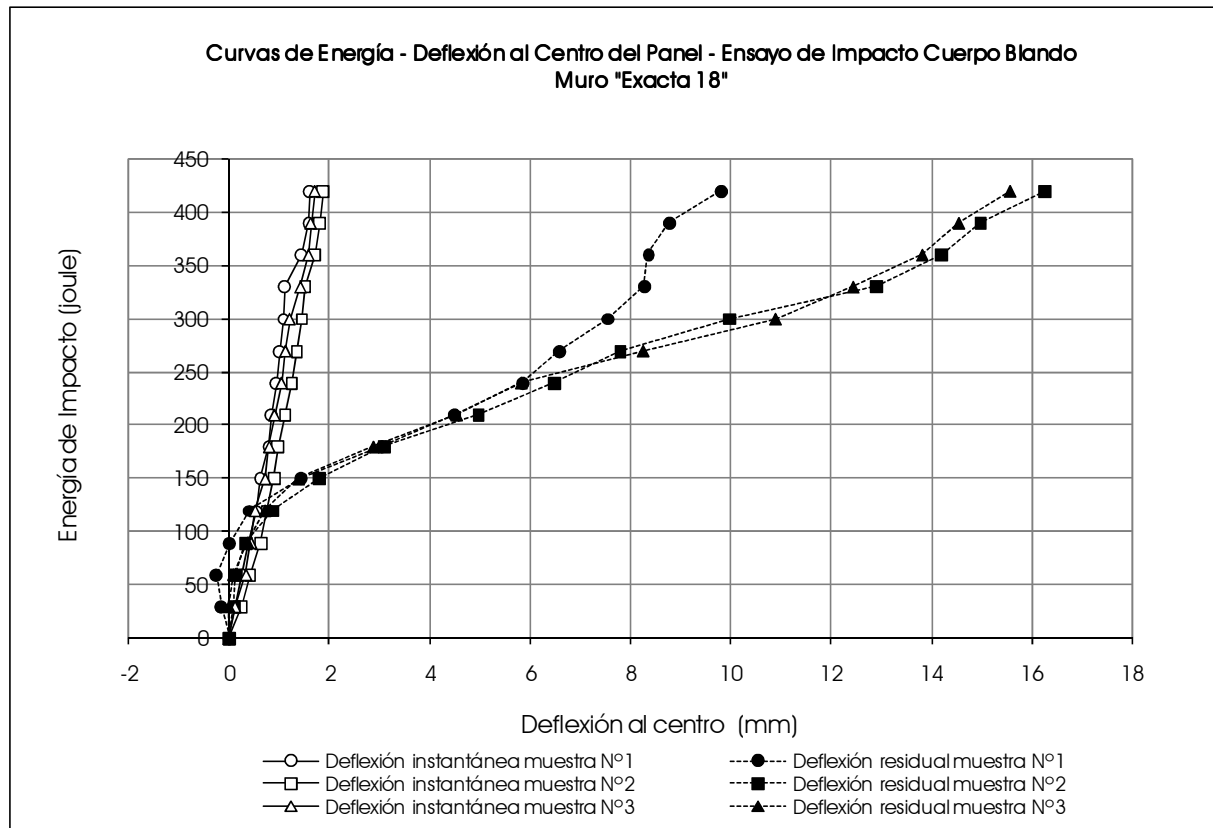


Gráfico 1. Curvas energía de impacto – deformación fuera de plano del muro.



ANEXO B. ESQUEMA ESTRUCTURA INTERNA MURO.

(Dimensiones en mm)

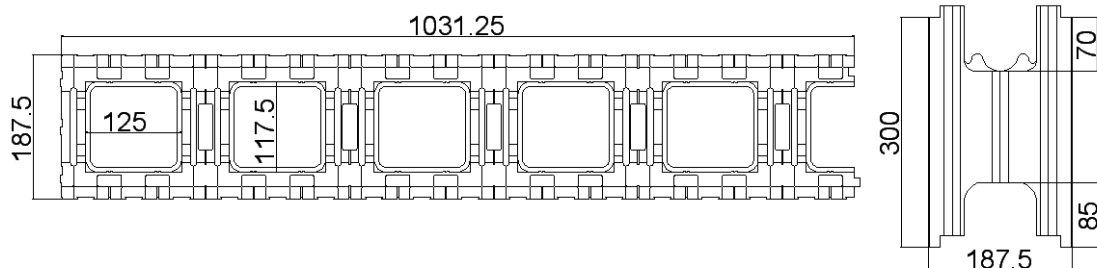


Figura 1: Esquema de unidad "Exacta 18".

(Dimensiones en mm)

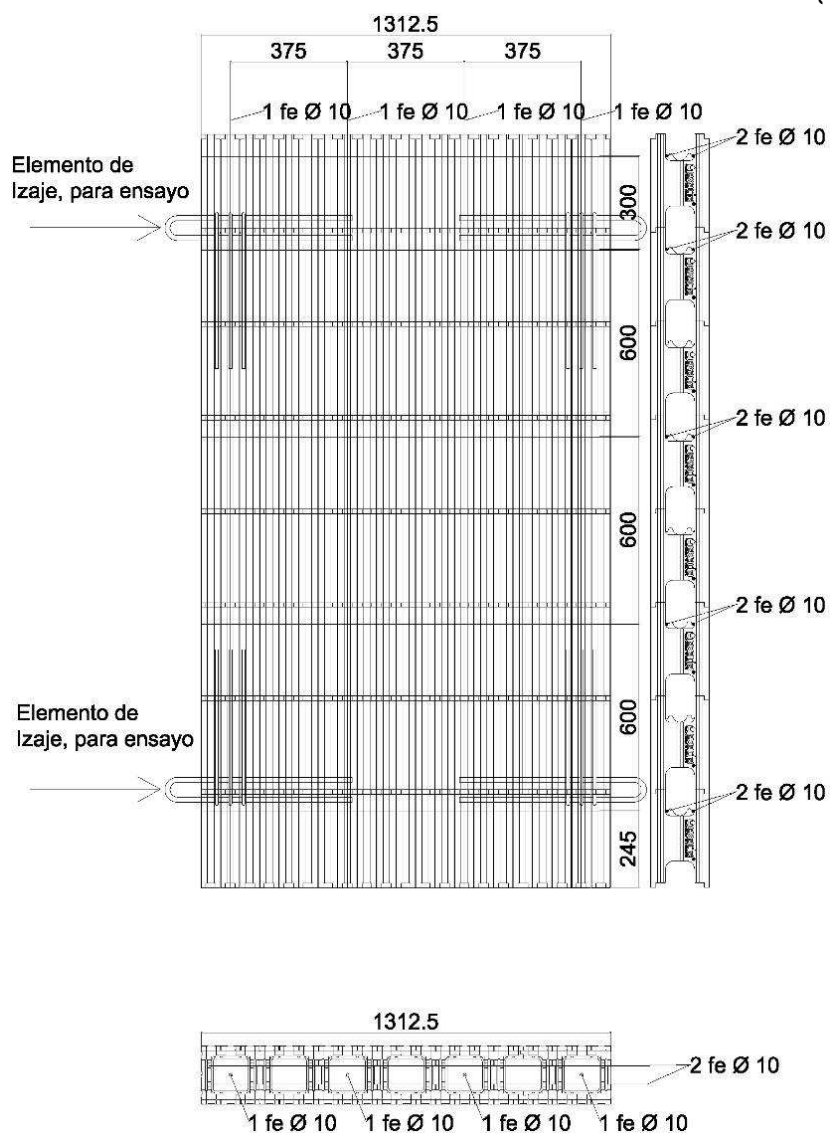


Figura 2: Esquema de muestra de ensayo, muro "Exacta 18".



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ldiem
UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO®

INFORME ELECTRÓNICO DE ENSAYO Nº 645023-01

ANEXO C. FOTOS



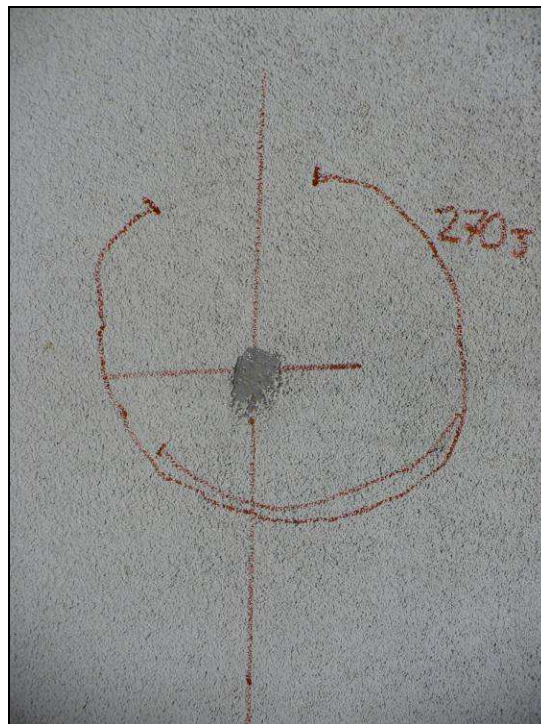
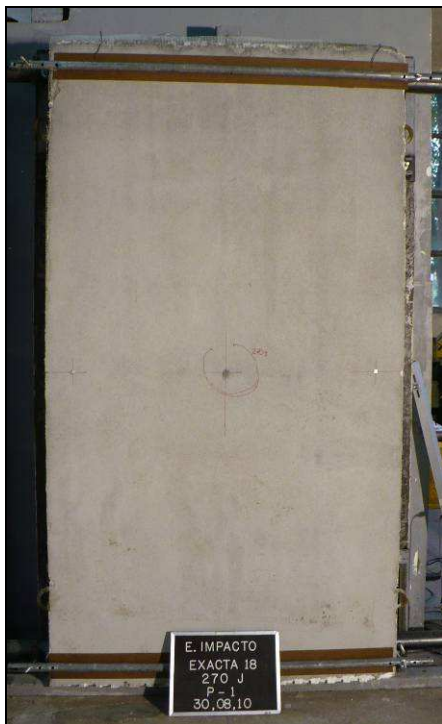
Foto 1. Construcción de probetas, refuerzos verticales y horizontales.



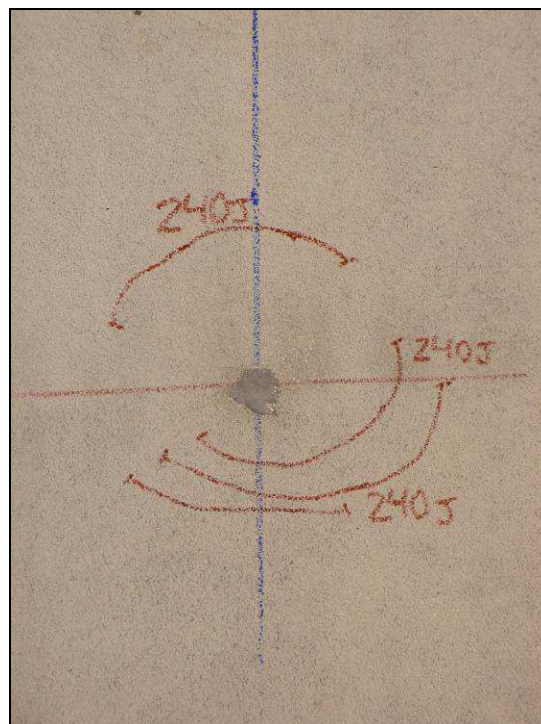
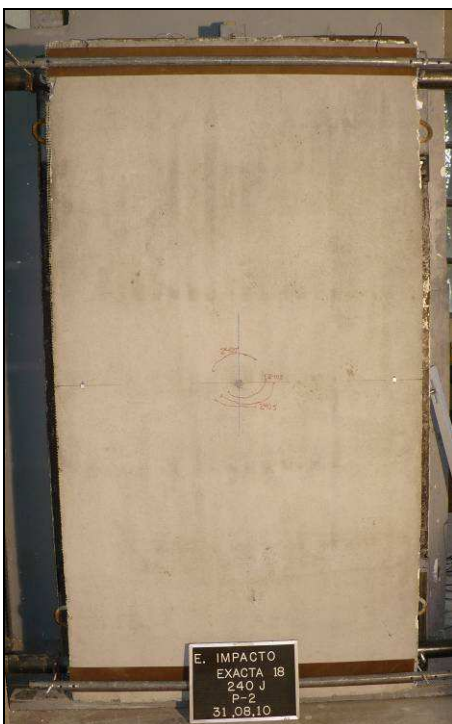
Foto 2. Construcción de probetas, vaciado del hormigón.



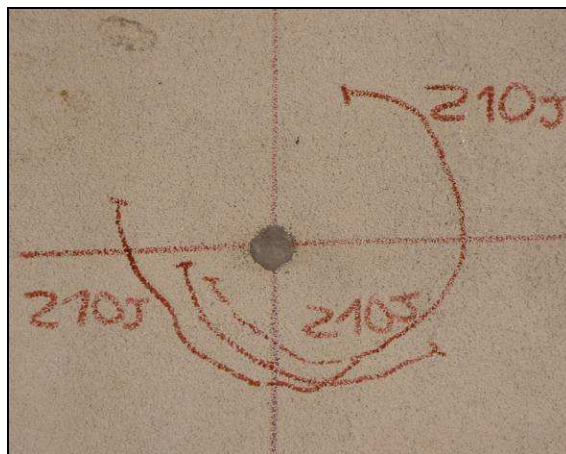
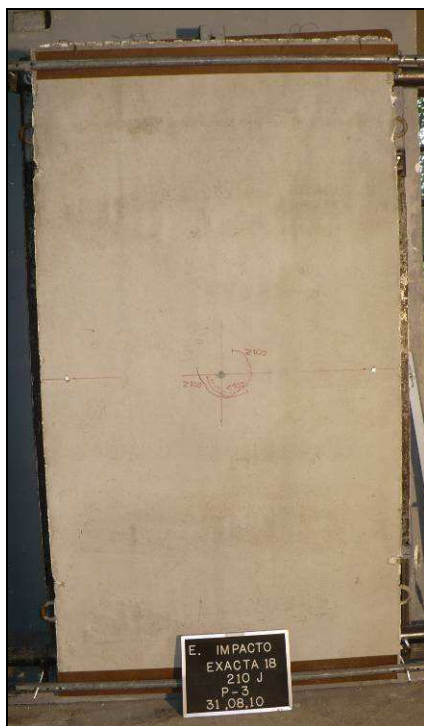
Foto 3. Montaje del ensayo de impacto de cuerpo blando al muro (típico).



Fotos 4 y 5. Primer daño visible de la muestra Nº 1.



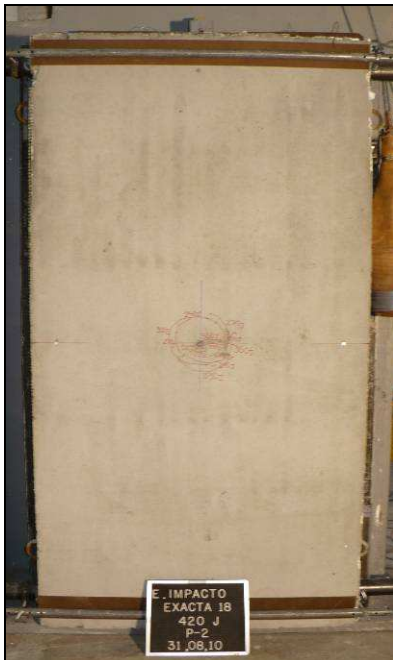
Fotos 6 y 7. Primer daño visible de la muestra Nº 2.



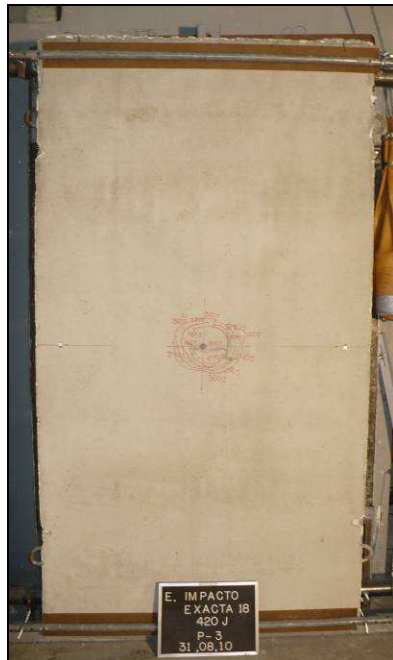
Fotos 8 y 9. Primer daño visible de la muestra N° 3.



Muestra N° 1



Muestra N° 2



Muestra N° 3

Fotos 10, 11 y 12. Estado final de las muestras del muro.

Para verificar este documento ingrese a: <http://repositorio.idiem.cl>

El código del documento es: QlhxKpk487