

INFORME N° 976799

**ENSAYOS NORMADOS DE COMPRESIÓN, CARGA HORIZONTAL, FLEXIÓN, IMPACTO Y PENETRACIÓN
A PANELES PREFABRICADOS DE ESPESOR NOMINAL 90 [mm] A BASE DE HORMIGÓN CON
POLIESTIRENO CON AMBAS CARAS EN FIBROCEMENTO.**



Para:
Comintec Suizandina Inversiones Ltda.

Preparado por
DICTUC S.A.
Laboratorio de Ingeniería Estructural

"La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración o inspección técnica especificada acotado únicamente a las piezas, partes, instrumentos o patrones o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido "certificados por DICTUC", ni reproducir en ninguna forma el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC".

Santiago, 16 de Noviembre de 2011.

ÍNDICE

1.-	INTRODUCCIÓN.....	3
2.-	ANTECEDENTES	4
3.-	ENSAYOS REALIZADOS.....	8
3.1.-	Ensayo de Compresión (Carga Vertical).....	8
3.2.-	Ensayo de Corte (Carga Horizontal).	11
3.3.-	Ensayo de Flexión (Carga Transversal).....	14
3.4.-	Ensayo de Carga de Impacto.....	17
3.5.-	Ensayo de Penetración.	18
4.-	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	21
4.1.-	Ensayo de Compresión (Carga Vertical).....	21
4.2.-	Ensayo de Corte (Carga Horizontal).	26
4.3.-	Ensayo de Flexión (Carga Transversal).....	34
4.4.-	Ensayo de Carga de Impacto.....	38
4.5.-	Ensayo de Carga de Penetración.	43
5.-	CONCLUSIONES.....	46

SOLICITANTE : **Comintec Suizandina Inversiones Ltda.**
RUT : **76.057.533-k**
DIRECCIÓN : Las Tranqueras 1395 – Vitacura.
ATENCIÓN : **Srta. Angélica Ramírez.**
TELÉFONO : (+56 2) 3544207
NORMAS : NCh 801.EOf2003. Paneles. Ensayo de Compresión.
 NCh 802.EOf71. Paneles Prefabricados. Ensayo de Carga Horizontal.
 NCh 803.EOf2003. Paneles. Ensayo de Flexión.
 NCh 804.Of2003. Paneles Prefabricados. Ensayo de Impacto.
 NCh 805.Of2003. Paneles Prefabricados. Ensayo de Penetración.
 NCh 806.EOf71. Paneles Prefabricados. Clasificación y Requisitos.
TRABAJO SOLICITADO : Realización normados de ensayos de compresión, corte, flexión, impacto y penetración a paneles prefabricados de espesor nominal 90 [mm], a base de hormigón con poliestireno con ambas caras recubiertas en fibrocemento.

1.- INTRODUCCIÓN

Este informe da a conocer los resultados obtenidos en los ensayos de compresión (carga vertical), corte (carga horizontal), flexión (carga transversal), impacto y penetración, realizados entre los días 20 de septiembre de 2011 a 4 de noviembre de 2011 por profesionales DICTUC, a paneles prefabricados, confeccionados en base a hormigón liviano con poliestireno, con ambas caras con placas en fibrocemento con un espesor total $e = 90$ [mm]. El sistema de panel conformado por dos paneles unitarios posee dimensiones nominales de 2440 [mm] de alto por 1220 [mm] de ancho y 90 [mm] de espesor. Según la información proporcionada el sistema ensayado es confeccionado y comercializado por Comintec Suizandina Fastwork Ltda.

Todas las probetas ensayadas en el Laboratorio de Ingeniería Estructural de DICTUC S.A., filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, fueron suministradas y realizadas por el mandante. Los ensayos fueron realizados a petición de la Srta. Angélica Ramírez, bajo la aceptación de la propuesta de trabajo LIE-11-053 en representación de la empresa Comintec Suizandina Inversiones Ltda.

La finalidad de los ensayos realizados es la de conocer las propiedades mecánicas de los paneles compuestos ante los diferentes tipos de sollicitaciones impuestas según los procedimientos de las normas de referencia para cada caso. El número de ensayos realizados para cada tipo de prueba está acorde con lo indicado en la normativa utilizada.

El informe se divide en: Antecedentes, Ensayos realizados, Resultados de los ensayos y Conclusiones.

2.- ANTECEDENTES

Según antecedentes proporcionados por el mandante los paneles que se sometieron a ensayo tienen un uso destinado a muro perimetral e interior divisorio. Posee un núcleo de concreto liviano compuesto de poliestireno expandido como elemento granular. El revestimiento del panel está compuesto por placas de fibrocemento de 5 [mm] de espesor por cada cara.

El sistema ensayado está conformado por dos paneles unitarios con dimensiones nominales generales de 2440 [mm] de alto por 1220 [mm] de ancho y 90 [mm] de espesor. El sistema de conexión o unión de los dos paneles de cada probeta es mediante adhesivo Marca Bekron d-a en POLVO además de 3 barras de acero horizontales de diámetro 8 [mm] y una longitud 40 [cm], inyectadas 20 [cm] a cada panel con Sikadur 31 HMG y una barra vertical de diámetro 10 [mm] con una extensión de 2440 [mm] (la altura total del panel) instalado en la junta de ambos paneles y totalmente embebida en el adhesivo de unión de los paneles (Bekron d-a en POLVO). La calidad del acero de las barras utilizadas corresponde a A63-42H. Las probetas son ensayadas transcurrida una semana desde la fecha de conexión o pegado. La preparación y confección de las probetas, como la metodología utilizadas fueron realizadas íntegramente por personal de la empresa mandante. No fueron informados mayores antecedentes de la calidad y dosificaciones del núcleo de concreto liviano.

En la Figura 2.1 se muestra la nomenclatura empleada en la denominación de las probetas para el presente informe.

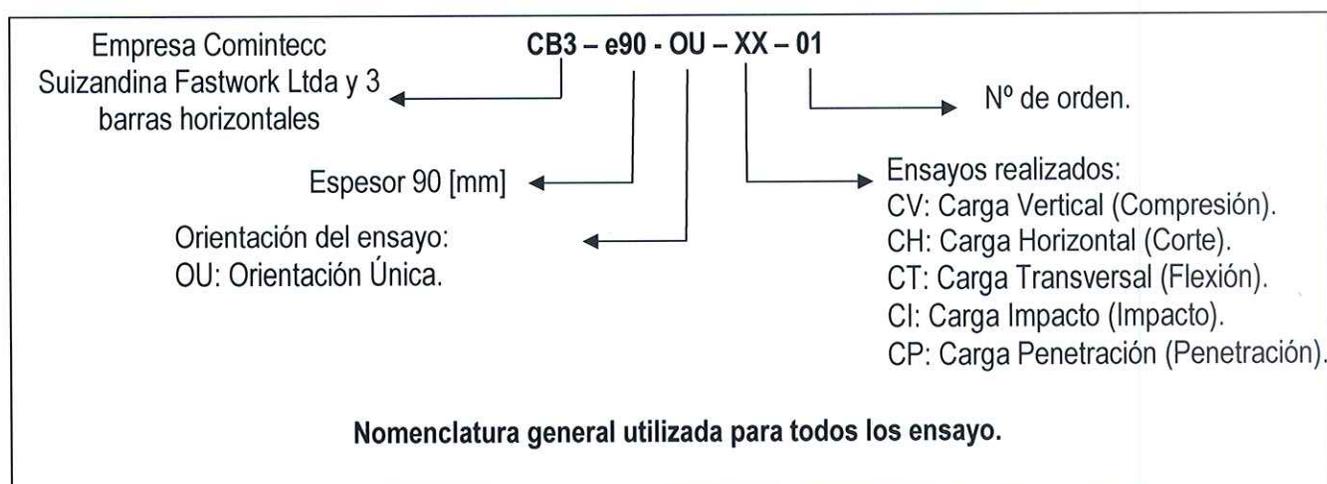


Figura 2.1: Nomenclatura utilizada para los ensayos realizados.

En la Figura 2.2, se muestra un esquema del sistema de panel ensayado con sus dimensiones nominales y elementos que lo componen.

En la Figura 2.3, se muestra un esquema la unión del sistema de panel ensayado.

Núcleo de concreto liviano compuesto de poliestireno expandido como elemento granular (espesor total= 90 [mm])

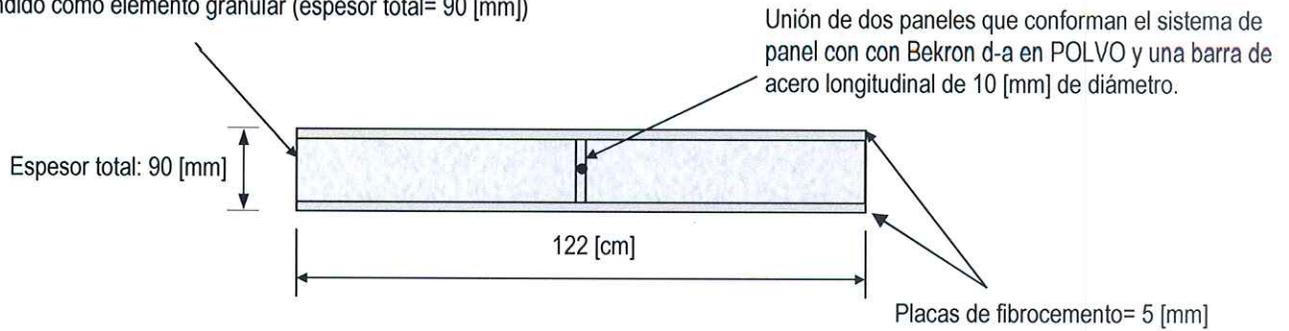


Figura 2.2: Dimensiones nominales y elementos componentes del Sistema de Panel.

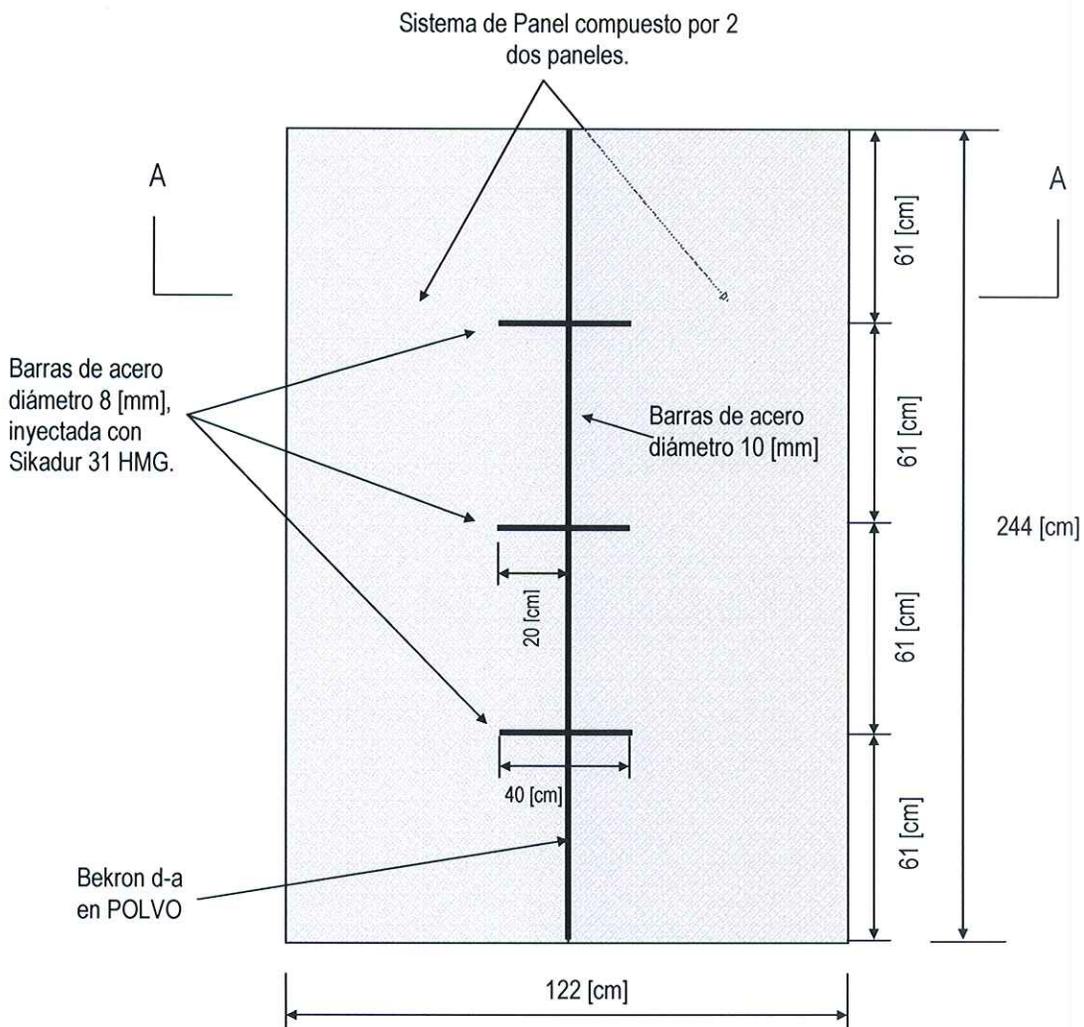


Figura 2.3: Sistema de conexión del Sistema de Panel.

En la Fotografía 2.1 se observa una vista general del panel ensayado. En la Fotografía 2.2 se observa en forma parcial la configuración de las barras de acero existente en la unión de los paneles unitarios que conforman el sistema ensayado.



Las dimensiones y características del sistema de panel ensayado para cada tipo de ensayo se resumen en las Tablas 2.1 a 2.5.

Tabla 2.1 Dimensiones de los paneles ensayados a Compresión (carga vertical).

Panel	Ensayo	Altura (H) [cm]	Ancho (A) [cm]	Espesor (E) [mm]	Peso [kgf]
CB3 – e90 – OU – CV – 01	Carga Vertical (Compresión).	244	122	90	187
CB3 – e90 – OU – CV – 02	Carga Vertical (Compresión).	244	122	90	190
CB3 – e90 – OU – CV – 03	Carga Vertical (Compresión).	244	122	90	189

Tabla 2.2 Dimensiones de los paneles ensayados a Corte (carga horizontal).

Panel	Ensayo	Altura (H) [cm]	Ancho (A) [cm]	Espesor (E) [mm]	Peso [kgf]
CB3 – e90 – OU – CH – 01	Carga Horizontal (Corte).	244	122	90	187
CB3 – e90 – OU – CH – 02	Carga Horizontal (Corte).	244	122	90	188
CB3 – e90 – OU – CH – 03	Carga Horizontal (Corte).	244	122	90	188

Tabla 2.3 Dimensiones de los paneles ensayados a Flexión (carga transversal).

Panel	Ensayo	Altura (H) [cm]	Ancho (A) [cm]	Espesor (E) [mm]	Peso [kgf]
CB3 – e90 – OU – CT – 01	Carga Transversal (Flexión).	244	122	90	191
CB3 – e90 – OU – CT – 02	Carga Transversal (Flexión).	244	122	90	191
CB3 – e90 – OU – CT – 03	Carga Transversal (Flexión).	244	122	90	189

Tabla 2.4 Dimensiones de los paneles ensayados a Carga de Impacto.

Panel	Ensayo	Altura (H) [cm]	Ancho (A) [cm]	Espesor (E) [mm]	Peso [kgf]
CB3 – e90 – OU – IM – 01	Carga de Impacto.	244	122	90	187
CB3 – e90 – OU – IM – 02	Carga de Impacto.	244	122	90	186
CB3 – e90 – OU – IM – 03	Carga de Impacto.	244	122	90	188

Tabla 2.5 Dimensiones de los paneles ensayados a Carga Penetración.

Panel	Ensayo	Altura (H) [cm]	Ancho (A) [cm]	Espesor (E) [mm]
CB3 – e90 – OU – CP – 01	Carga Penetración.	60	60	90
CB3 – e90 – OU – CP – 02	Carga Penetración.	60	60	90
CB3 – e90 – OU – CP – 03	Carga Penetración.	75	75	90

Todas las probetas fueron medidas y pesadas en el Laboratorio de Ingeniería Estructural, antes de cada ensayo, por personal DICTUC.

Para estos ensayos se utilizaron doce probetas suministradas por el mandante. Las probetas utilizadas en los ensayos de carga de penetración corresponden a porciones no dañadas de las probetas sometidas a los ensayos de flexión (procedimiento indicado en la norma).

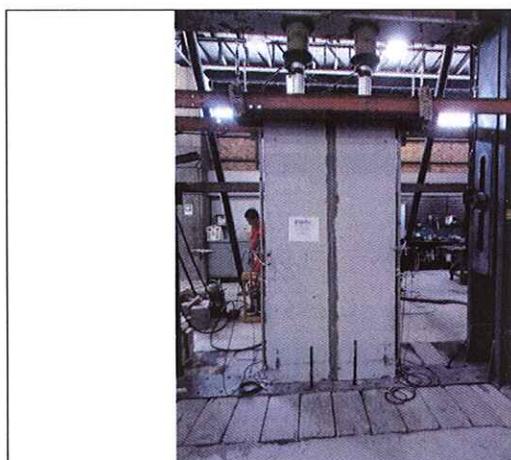
3.- ENSAYOS REALIZADOS

A continuación se detalla en forma general el procedimiento y la configuración de los cinco tipos de ensayos realizados y presentados en el presente informe.

3.1.- Ensayo de Compresión (Carga Vertical).

El sistema de paneles se sometió a un ensayo de compresión (carga vertical) en posición vertical, utilizando dos gatos hidráulicos de 25 toneladas de capacidad cada uno. Los gatos se apoyaron en una viga metálica de reacción perteneciente a un marco rígido y aplicaron la carga al panel por intermedio de una viga metálica la cual reparte en forma uniforme la carga sobre el panel. La aplicación de la carga se realiza con una excentricidad en el sentido transversal respecto a una de las caras del panel igual a un tercio del espesor de éste como lo estipula la norma NCh 801.EOf2003 (la excentricidad se traduce en una desfase de $1/6$ del ancho del panel entre el eje de aplicación de la carga y el eje de simetría del plano mayor del panel. En la Figura 3.1.1 se muestra el esquema de ejecución del ensayo.

En la Fotografía 3.1.1 se muestra una vista general del sistema de paneles sometido al ensayo de compresión (carga vertical) y la implementación del ensayo. En la Fotografía 3.1.2 se presenta un detalle del sistema de aplicación de la carga (los 2 gatos hidráulicos y la viga de repartición).



Fotografía 3.1.1: Vista general de la implementación y del panel sometido al ensayo de compresión (Carga vertical).



Fotografía 3.1.2: Detalle del sistema de aplicación y repartición de la carga (2 gatos hidráulicos y una viga de repartición).

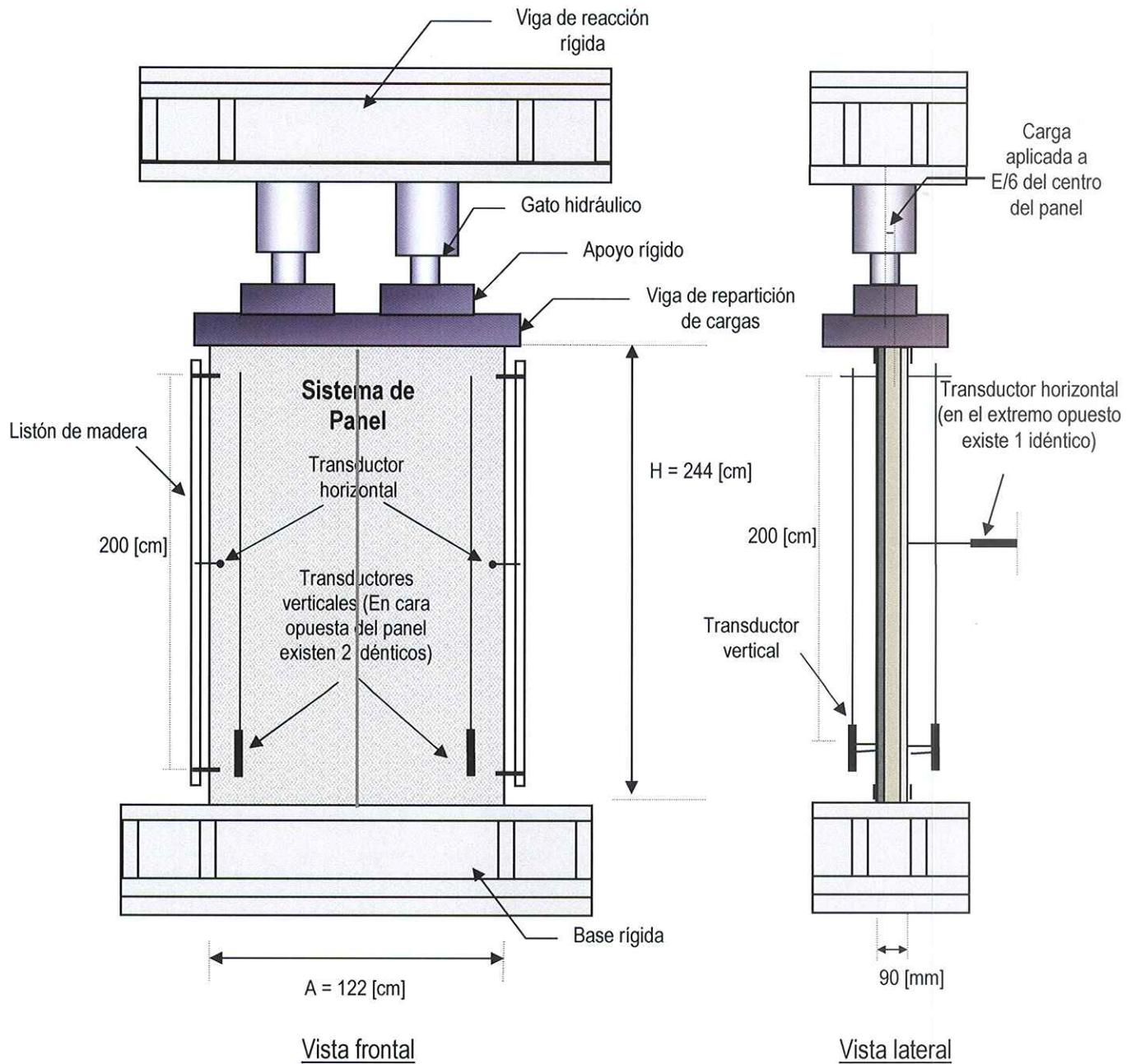
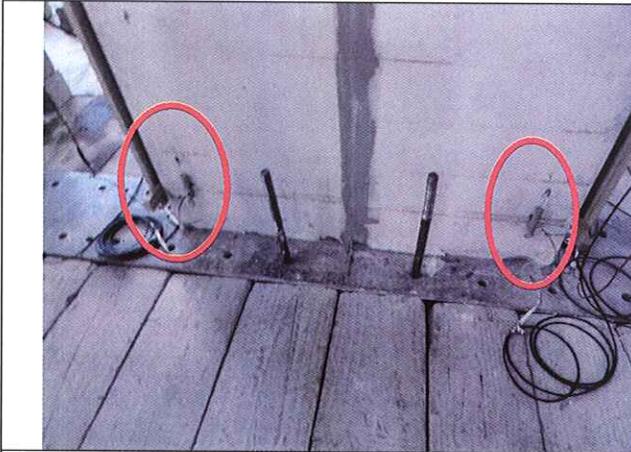


Figura 3.1.1
Esquema del ensayo de carga vertical del sistema de paneles.

Se instalaron 6 transductores con el objeto de registrar las deformaciones que experimenta el panel durante el ensayo. Su ubicación se resume de la siguiente forma:

- Dos transductores por cada lado (un total de 4) de la cara de mayor área, ubicados a 20 [cm] de altura desde el piso y 10 [cm] del extremo correspondiente, midiendo las deformaciones axiales del panel. (Se dispusieron cuatro transductores verticales, dos a cada lado del panel, con el objeto de detectar y contrarrestar posibles deformaciones por flexión durante el ensayo). El promedio de dichas lecturas corresponderá a las deformaciones axiales experimentadas por el panel. En la Fotografía 3.1.3 se aprecia una pareja de estos transductores.
- Se instalaron dos transductores horizontales ubicados uno en cada extremo del ancho del panel, a la mitad de altura de éste, de manera tal que registra la deformación lateral del panel, en el evento que éste se pandee durante el ensayo. El promedio de las dos lecturas corresponderá a las deformaciones por pandeo que experimente el panel. En la Fotografía 3.1.4 se presenta un detalle de los transductores utilizados para medir la deformación lateral.



Fotografía 3.1.3: Detalle de dos de los cuatro transductores dispuestos para medir la deformación vertical de la probeta durante el ensayo.



Fotografía 3.1.4: Detalle de los dos transductores dispuestos para medir la deformación lateral de la probeta durante el ensayo.

El ensayo de Compresión (carga vertical) se realizó aplicando ciclos de carga y descarga. Para el primer ciclo la carga externa inicial es igual a cero, sólo existiendo la carga del peso propio del sistema de carga, para los siguientes ciclos la carga vertical externa mínima en las descargas fue de 125 [kgf]. Con el objeto de mantener el ajuste de las conexiones, esta fue la lectura inicial del segundo ciclo en adelante, a la cual hay que agrega la carga por el peso propio del sistema de aplicación y repartición de carga. Durante el ensayo se incrementó la carga vertical máxima en forma monótonica (incrementos de carga menores a un quinto de la carga máxima estimada del panel). En cada ciclo de carga – descarga se registran varias lecturas intermedias para obtener una adecuada curva de cada ciclo. Se intenta en todos los casos realizar al menos cinco ciclos de carga antes de la falla del panel, para ser idealmente el sexto ciclo, el final, en el cual se incrementa la carga hasta producir la falla del panel, sin ser necesario realizar una descarga para este ciclo. Las cargas máximas de cada ciclo se mantienen por 5 minutos antes de comenzar a descargar el panel, posteriormente con la carga vertical cercana a cero (125 [kgf] en total considerando los dos gatos hidráulicos) se esperaron 5 minutos para volver a aplicar carga. Este plan de carga, se mantuvo hasta percibir una deformación considerable, la falla o la rotura del panel.

La carga aplicada y las deformaciones medidas por los transductores para distintos niveles de carga, se registraron mediante un equipo de adquisición de datos digital marca TML, modelo TDS-302.

3.2.- Ensayo de Corte (Carga Horizontal).

El sistema de paneles se sometió a un ensayo de carga horizontal en posición vertical, tal como se aprecia en la Figura 3.2.1, utilizando un gato hidráulico de 25 toneladas de capacidad para aplicar la carga. Se utilizó un marco rígido como apoyo del panel y del gato hidráulico.

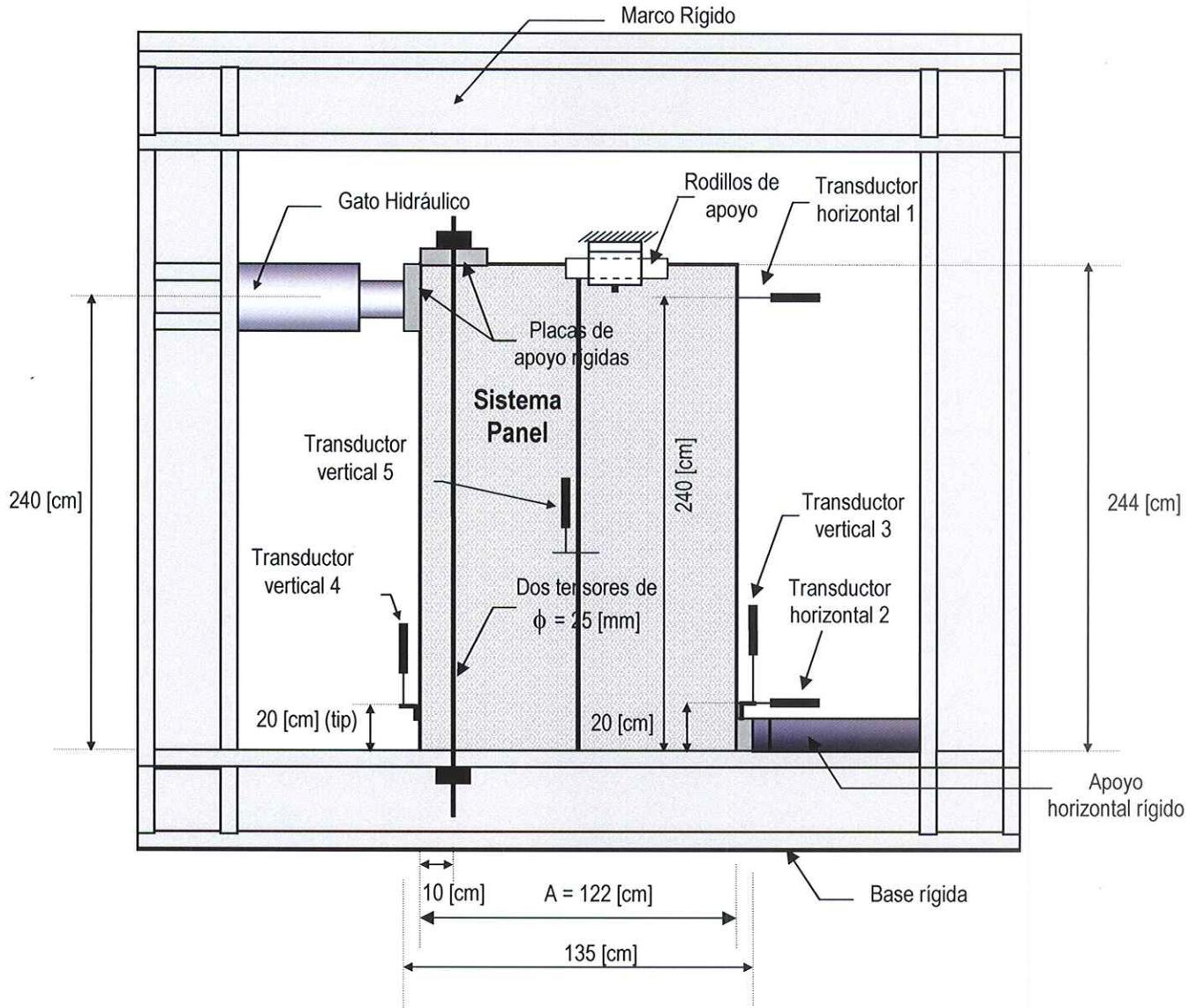


Figura 3.2.1: Esquema del ensayo de Carga Horizontal (Corte) de paneles.

Para fijar el panel a la base del marco rígido, se colocaron dos tensores verticales de acero de 25 [mm] de diámetro y luego un apoyo rígido horizontal sobre el panel. Adicionalmente, para impedir un eventual desplazamiento del panel fuera de su plano principal, se instalaron dos rodillos fijos al marco rígido, permitiendo así el libre desplazamiento horizontal del panel, pero impidiendo su desplazamiento transversal. En la zona inferior de la cara opuesta a la aplicación de la carga se coloca un tope inferior, para evitar desplazamientos horizontales. Ver Figura 3.2.1.

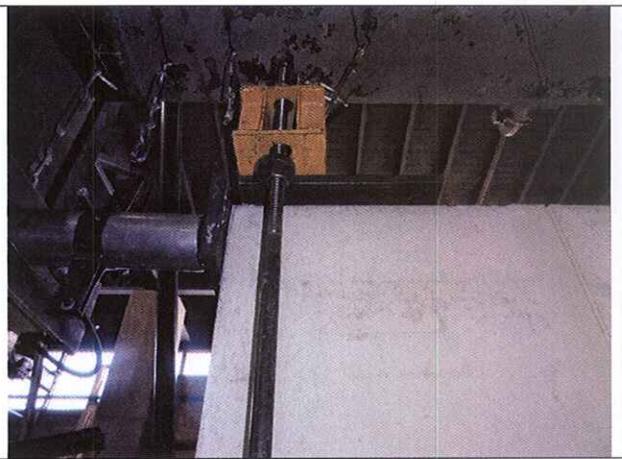
En la Fotografía 3.2.1 se muestra una vista general de uno de los paneles sometido al ensayo de carga horizontal (corte) y la implementación del ensayo. En las Fotografías 3.2.2 y 3.2.3 se presenta un detalle del gato hidráulico utilizado para aplicar la carga sobre las probetas y de los rodillos que impiden el desplazamiento transversal, respectivamente.

Se instalaron cinco transductores, con el objeto de registrar las deformaciones que experimenta el panel durante el ensayo. Su ubicación se resume de la siguiente forma:

- Un transductor horizontal (denominado 1), con el objeto de medir el desplazamiento lateral del panel al nivel de aplicación de la carga. (Ver detalle en la Fotografía 3.2.4, en donde se destaca este transductor).
- Dos transductores verticales (denominados 3 y 4) a cada lado del panel en las caras de menor área, puestos en la zona inferior del panel, los que permiten determinar el giro de la base del panel. (Ver detalle en la Fotografía 3.2.5, en donde se destaca estos transductores).
- Un transductor horizontal (denominado 2) ubicado en la zona inferior del panel que permite medir un eventual desplazamiento horizontal del panel. (Ver detalle en la Fotografía 3.2.6 en donde se destaca el transductor descrito y se observa el tope inferior).
- Por último el transductor vertical (denominado 5) localizado en el lugar de la unión de los paneles unitarios y con ello medir los posibles desplazamientos relativos entre ambos paneles. (Ver detalle en la Fotografía 3.2.7 en donde se destaca el transductor descrito).



Fotografía 3.2.1: Vista general de la implementación y del panel sometido al ensayo de carga horizontal (Corte).



Fotografía 3.2.2: Detalle del gato hidráulico utilizado para aplicar la carga sobre las probetas.



Fotografía 3.2.3: Detalle de los rodillos dispuestos para evitar desplazamientos laterales durante el ensayo.



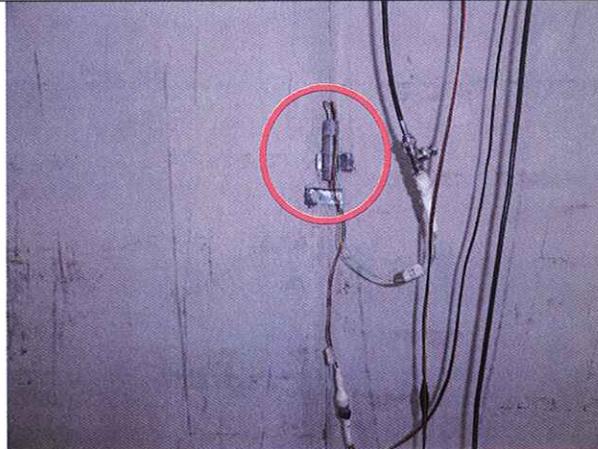
Fotografía 3.2.4: Detalle del transductor utilizado para medir la deformación horizontal total durante el ensayo.



Fotografía 3.2.5: Detalle de los transductores dispuestos para medir el giro de la probeta durante el ensayo.



Fotografía 3.2.6: Detalle del transductor utilizado para medir el posible corrimiento del panel y del tope inferior.



Fotografía 3.2.7: Detalle del transductor dispuesto para medir el posible desplazamiento relativo en la unión entre paneles.

El ensayo de Corte (Carga Horizontal) se realizó aplicando ciclos de carga y descarga. Para el primer ciclo la carga inicial es igual a cero, para los siguientes ciclos la carga horizontal mínima en las descargas fue de 62.5 [kgf] con el objeto de mantener el ajuste de las conexiones, esta fue la lectura inicial del segundo ciclo en adelante. Durante el ensayo se incrementó la carga horizontal máxima en forma monótonica (incrementos de carga menores a un quinto de la carga máxima estimada del panel). En cada ciclo de carga – descarga se registran varias lecturas intermedias para obtener una adecuada curva de cada ciclo. Se intenta en todos los casos realizar al menos cinco ciclos de carga antes de la falla del panel, para ser idealmente el sexto ciclo, el final, en el cual se incrementa la carga hasta producir la falla del panel, sin ser necesario realizar una descarga para este ciclo. Las cargas máximas de cada ciclo se mantienen por 5 minutos antes de comenzar a descargar el panel, posteriormente con la carga horizontal cercana a cero (16.7 [kgf]) se esperaron 5 minutos para volver a aplicar carga. Este plan de carga, se mantuvo hasta percibir una deformación considerable, la falla o la rotura del panel.

La carga aplicada y las deformaciones medidas por los transductores para distintos niveles de carga, se registraron mediante un equipo de adquisición de datos digital marca TML, modelo TDS-302.

3.3.- Ensayo de Flexión (Carga Transversal).

El ensayo de carga transversal (flexión) se muestra en la Figura 3.3.1. La carga es aplicada mediante un gato hidráulico de 5 toneladas de capacidad que reparte la carga sobre la superficie del panel como lo establece la norma. Como elemento repartidor de esfuerzos se utilizó una viga de madera (roble) de 9 [cm] x 15 [cm] x 200 [cm] y 20 [kgf] de peso junto con una placa de acero de 20 [kgf]. Esta viga se encontraba simplemente apoyada sobre 2 rótulas tubulares que a su vez estaban unidas a 2 vigas de madera (pino radiata) de 10 [cm] x 10 [cm] x 160 [cm] y 11 [kgf] de peso cada una. El eje de cada viga de madera se encontraba a 1/4 de la luz libre del panel. El panel se encontraba apoyado en ambos extremos en su longitud menor ($L=122$ [cm]). Los apoyos del panel consistían en una rótula fija y una rótula deslizante, ambas sobre una viga de madera de sección 10 x 10 [cm]. La luz libre entre apoyos fue de 227 [cm].

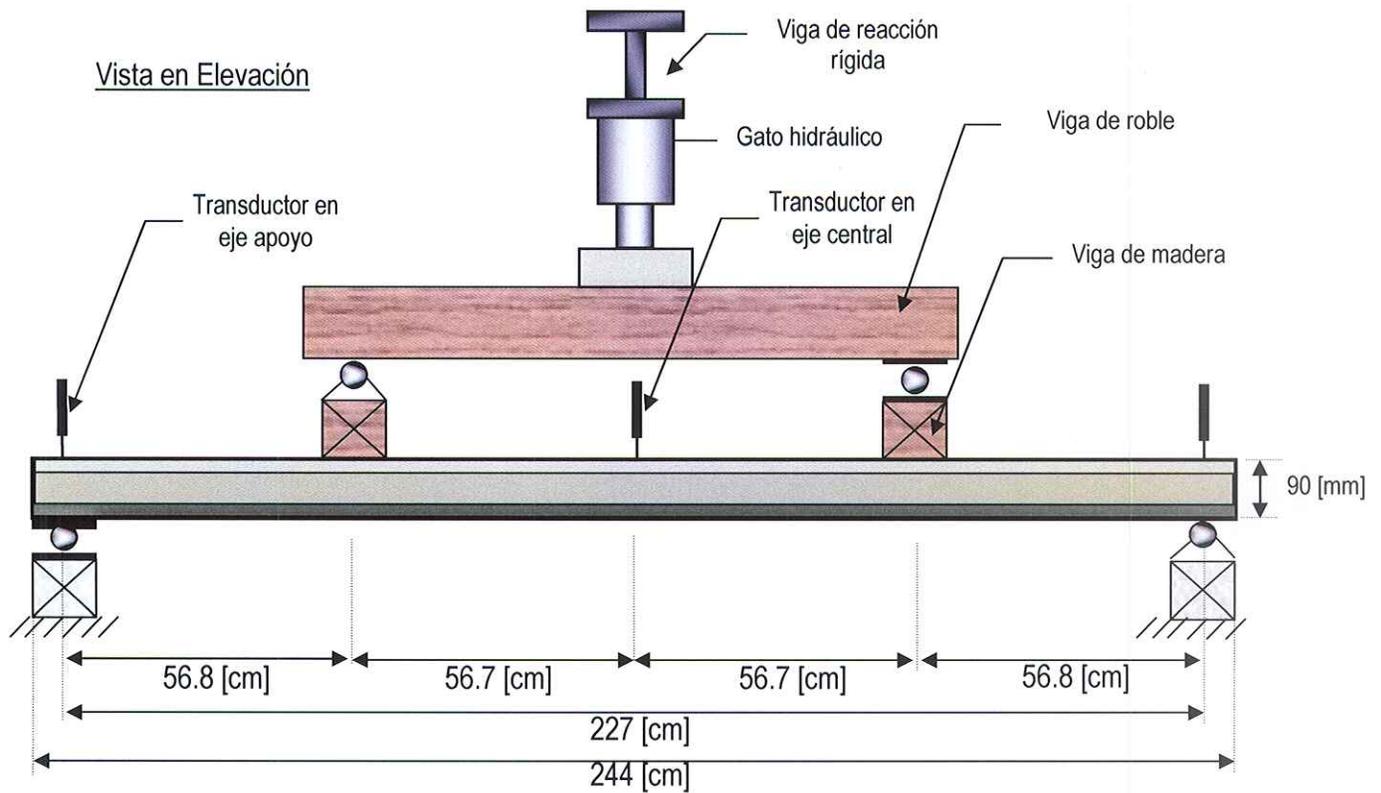
En la Fotografía 3.3.1 se muestra una vista general de uno de los paneles sometido al ensayo de flexión. En la Fotografía 3.3.2 se presenta un detalle del sistema de aplicación de la carga, el gato hidráulico y el sistema de repartición de carga sobre el panel.



Fotografía 3.3.1: Vista general de la implementación y del panel sometido al ensayo de carga transversal (Flexión).



Fotografía 3.3.2: Detalle del sistema de aplicación y repartición de la carga (1 gato hidráulico y vigas de repartición).



Vista en Planta

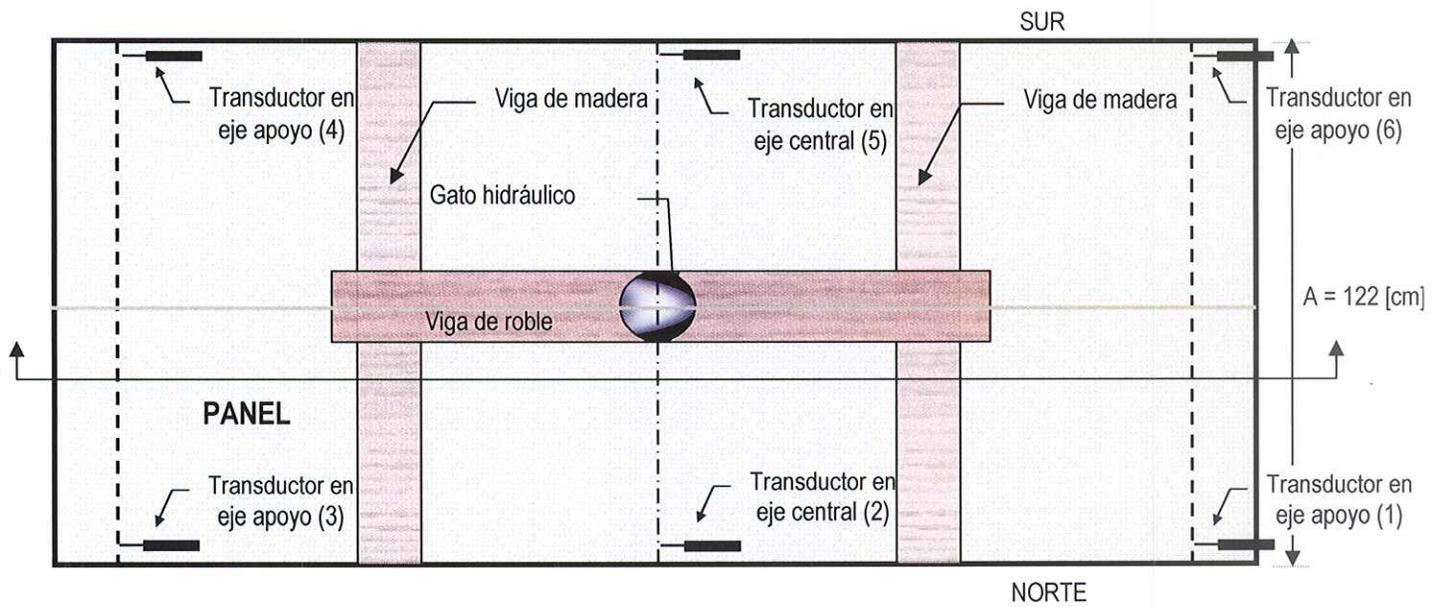
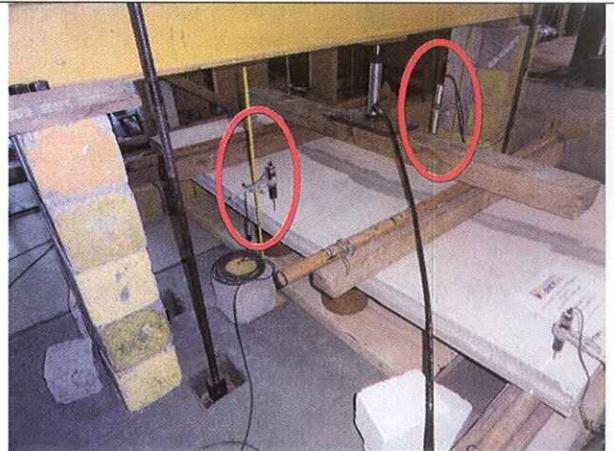


Figura 3.3.1
Esquema del ensayo de carga transversal (flexión) de paneles.

Se instalaron 6 transductores a 5 [cm] del borde de mayor longitud, con el objeto de registrar las deformaciones que experimenta el panel durante el ensayo. Se ubicaron dos transductores sobre cada uno de los ejes de apoyo del panel (4 transductores en total) y dos transductores en el eje central del panel, que es paralelo a los apoyos. En las Fotografías 3.3.3 y 3.3.4 se presenta un detalle de los transductores utilizados en los apoyos y de los transductores ubicado al centro de la probeta, respectivamente.



Fotografía 3.3.3: Detalle de dos de los cuatro transductores dispuestos para medir la deformación en el sector de los apoyos de la probeta durante el ensayo.



Fotografía 3.3.4: Detalle de los dos transductores dispuestos para medir la deflexión central de la probeta durante el ensayo.

El plan de carga consiste en aplicar ciclos de carga y descarga. Durante el ensayo se incrementó la carga máxima en forma monótonica (proyección de incrementos de carga menores a un quinto de la carga máxima estimada del panel). En cada ciclo de carga se registran varias lecturas intermedias para obtener una adecuada curva de cada ciclo. Se intenta en todos los casos realizar al menos cinco ciclos de carga antes de alcanzar la falla del panel, para ser idealmente el sexto ciclo, el final, en el cual se incrementa la carga hasta producir la falla del panel, sin ser necesario realizar una descarga para este ciclo. Las cargas máximas de cada ciclo se mantienen por 5 minutos antes de comenzar a descargar el panel, posteriormente con la carga vertical cercana a cero (16.7 [kgf] en el gato hidráulico) se esperaron 5 minutos para volver a aplicar carga. Este plan de carga, se mantuvo hasta percibir una deformación considerable, la falla o la rotura del panel. Al iniciar los ensayos, ya está aplicada la carga proveniente del peso propio del sistema de repartición y aplicación de la carga.

La carga aplicada y las deformaciones medidas por los transductores para distintos niveles de carga, se registraron mediante un equipo de adquisición de datos digital marca TML, modelo TDS-302.

3.4.- Ensayo de Carga de Impacto.

Este ensayo consiste en golpear una de las caras del sistema de paneles con una masa (saco de arena de 27,2 [kg]) desde diferentes alturas que se encuentran establecidas. Los golpes deben ser recibidos en la zona más vulnerable del panel al colapso, cuidando no golpear estructuras internas de mayor resistencia. La masa está sujeta a una rótula fija a través de una cuerda de 340 [cm] de largo. Se comienza con una altura de 15 [cm] y se prosigue el ensayo aumentando la altura de caída en 15 [cm] en los siguientes golpes. En cada impacto se mide la deformación instantánea y residual que se produce en el panel en la cara opuesta a la aplicación del impacto, a la misma altura de este. El ensayo continúa hasta llegar a una altura de 120 [cm] o bien la rotura del panel. El punto de aplicación del impacto corresponde a la indicada en la figura 3.4.1.

Las probetas se ensayaron en posición vertical y simplemente apoyados en ambos extremos. En la parte posterior del panel se colocó un sistema de medición que permite registrar las deformaciones máximas y residuales del punto de impacto del panel en un papel milimetrado. La posición del panel y de los elementos componentes del ensayo se muestran en la Figura 3.4.1.

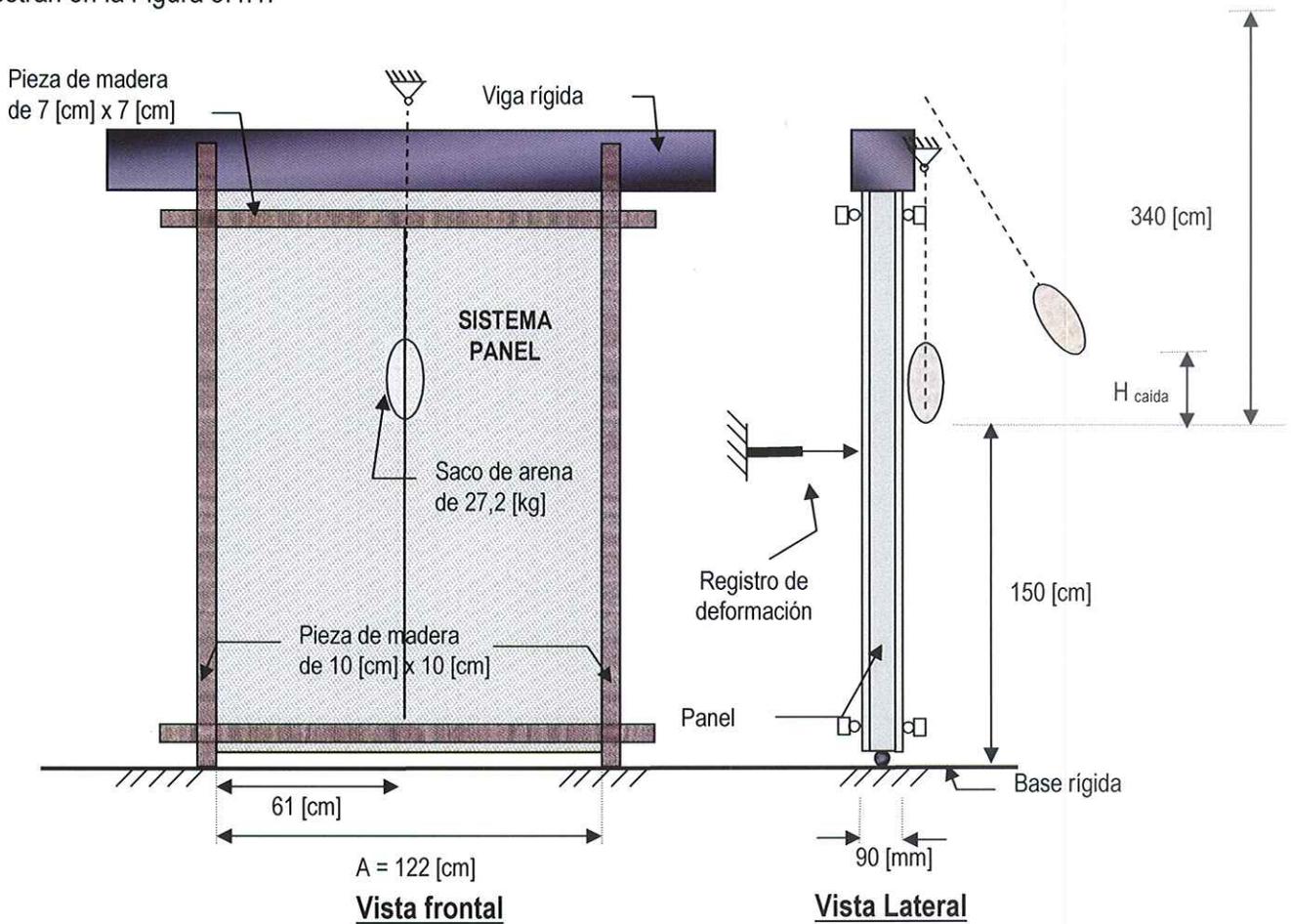
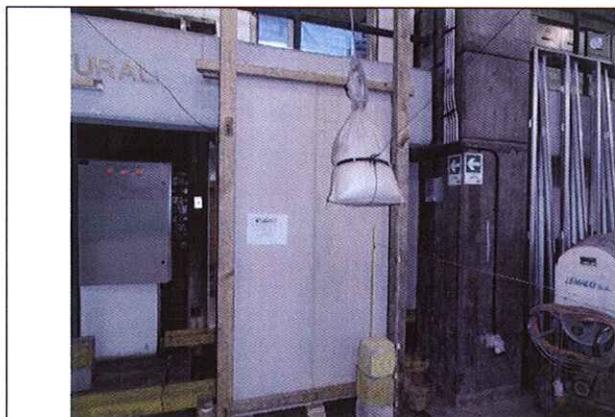
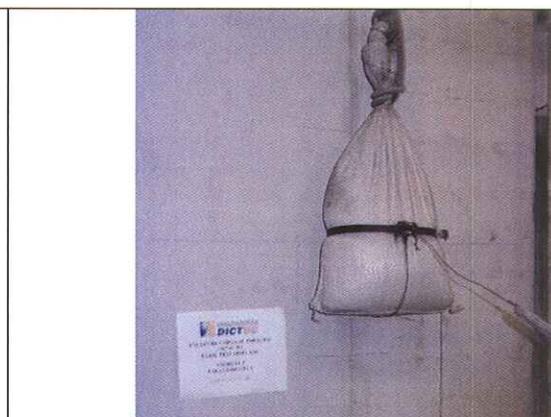


Figura 3.4.1: Esquema del ensayo de carga de impacto.

En la Fotografía 3.4.1 se muestra una vista general de uno de los sistemas de paneles sometido al ensayo de impacto y en la Fotografía 3.4.2 un detalle de la masa utilizada.



Fotografía 3.4.1: Vista general de la implementación y del panel sometido al ensayo de impacto.



Fotografía 3.4.2: Detalle de la masa utilizada para materializar el impacto.

3.5.- Ensayo de Penetración.

Las muestras utilizadas en los ensayos de penetración se obtuvieron del proceso de cortar un segmento cuadrado, que no presente daños visibles, de cada uno de los paneles previamente sometidos al ensayo de flexión. Las dimensiones de cada una de las muestras son de 60 x 60 [cm]. Se realizaron un total de 3 ensayos de penetración al sistema.

La implementación del ensayo de penetración consiste en apoyar toda la superficie de la probeta sobre una losa de hormigón armado, sobre cada muestra se ubica en forma perimetral un marco metálico de fijación de forma tal que los cuatro bordes de la probeta se encuentran en contacto con dicho marco, el cual deja un superficie libre interior de 50 x 50 [cm]. Se disponen de algunos cubos de hormigón ubicados sobre el marco metálico para mantener fija la probeta. La carga de penetración es aplicada por un gato hidráulico de 5 toneladas de capacidad provisto de un dispositivo o pieza especial que consiste en una barra de acero de 25,4 [mm] de diámetro. Esta barra se acopla de forma vertical al embolo (pistón) del gato hidráulico, con lo cual el avance de la barra de acero es idéntico al del embolo del gato hidráulico, el extremo de contacto de dicha barra con la superficie del trozo del panel es plana y con sus bordes redondeados con un radio de 1,3 [mm]. La carga de penetración se aplica en el punto central de la zona de dimensiones 50 x 50 [cm] confinada por el marco metálico. El gato hidráulico reacciona contra una viga de acero rígida dispuesta en la implementación del ensayo. (Ver Figura 3.5.1)

Con el objeto de registrar las deformaciones relativas entre el extremo de la barra de acero en contacto con la superficie del panel y dicha superficie, se instalaron dos transductores los cuales están conectados a la barra de acero mediante dos brazos rígidos, cada uno de los transductores señalados se ubican en una de las diagonales de la muestra a una distancia de 15 [cm] del punto central de aplicación de la carga de penetración, para de esta manera asegurar que las mediciones corresponden exclusivamente a la penetración experimentada en el centro del panel producto de la barra de acero. El promedio de las lecturas de los dos transductores dispuestos corresponde a la deformación por penetración. En la Figura 3.5.1 se muestra un esquema con la implementación del ensayo.