Estudio experimental de cargas sobre muros cartón yeso (drywall)

Juan Francisco Correal Daza[1]
Alberto Sarria Molina[2]

Abstract

This research studies the Drywall panel's behavior subjected to the action of horizontal loads. Furthermore this pretends to establish a comparison between the damage produced in the two systems (Drywall - Masonry) when they were submitted to horizontal loads. The research gave as a result that Drywall panels submitted to drift values about 0.5% had an acceptable behavior from the point of view of the damage present in this system compared to masonry nonstructural walls. Being Drywall panels nonstructural walls with larger inter story drift capacity than masonry walls, they emerge as a new alternative because of the requirements presented in NSR-98 (Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente) about demand of drift.

Palabras Claves

Drywall, ensayo, carga, deriva, daño.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 15 años el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes encabezado por los profesores Luis E. García, Alberto Sarria y Luis Yamin, ha trabajado sobre el costo asociado a las reparaciones en diferentes clases de edificaciones sometidas al efecto de cargas sísmicas. De acuerdo con lo anterior se han venido desarrollado una serie de investigaciones tanto analíticas como experimentales con diferentes materiales de construcción.

Por esto a finales de 1997 se planteó un tema de tesis de maestría [1] en la Universidad de los Andes, en el cual se estudiaría una solución alternativa a los muros divisorios de mampostería, reemplazándolos por muros de cartón yeso (Drywall). En esta tesis se planteó un análisis de costos en donde se compararon las ventajas y desventajas en diseño y construcción utilizando sistemas Drywall y muros divisorios de mampostería.

Para complementar parte de la investigación del sistema constructivo de Drywall, se planteó un nuevo tema de tesis, cuyo objetivo principal era adquirir información experimental acerca de la deformación lateral de estos sistemas sometidos a cargas horizontales. Se ensayarían muros que se encontraran en el mercado nacional y se establecería una comparación con la información experimental previamente adquirida por la Universidad en muros de mampostería [2].

Además de lo anterior se pretendía establecer una comparación con los requerimientos de deriva a los que hace referencia la norma NSR-98 [3] que nos rige actualmente. Este estudio experimental daría claridad en cuanto a la incompatibilidad de la deriva de los siste-

1 Ingeniero Investigador, Universidad de los Andes (Colombia)
2 Profesor Emérito, Universidad de los Andes (Colombia). Asesor.

mas de concreto que están del orden del 1 % de la altura, a diferencia de la deriva establecida para elementos no estructurales, como son los muros divisorios de mampostería y los sistemas Drywall con derivas estimadas en 0.2 % y 0.5 % de la altura respectivamente. Finalmente se realizaría un análisis comparativo del grado de desempeño que se presenta en los dos sistemas (Drywall - Mampostería), cuando estos son llevándolos a derivas del orden del 1 % de la altura.

MUROS DIVISORIOS DE CARTÓN YESO (DRYWALL)

Los muros de cartón yeso (Drywall) están conformados básicamente por dos partes:

— Un esqueleto de diferentes materiales según la facilidad de consecución, el cual se puede construir con perfiles livianos de metal o de madera.

— Láminas o paneles de Cartón Yeso, los cuales cubren al esqueleto en cada uno de sus lados.

Durante los últimos años el esqueleto de metal liviano ha venido reemplazando al de madera, ya que además de ser mucho más económico presenta una serie de ventajas frente a este. Las partes principales del esqueleto son: los rieles de amarre superior e inferior en forma de C, que vienen en diferentes espesores o calibres, y los parales verticales con formas similares a los rieles pero con pequeñas pestañas en su parte terminal.

Las láminas estándares de Cartón Yeso son fabricadas usualmente en 8, 10, 12, y 14 pies de longitud con un ancho de 4 pies (1219.2 mm), que es compatible con el espaciamiento típico de los elementos verticales del esqueleto, 16 pulg (406 mm) y 24 pulg (610mm) centro a centro. Estas láminas generalmente se encuentran disponibles en seis espesores: ¼ pulg (6.35mm), 5/16 (8.0mm), 3/8 (9.5cm), ½ pulg (12.7mm), 5/8 pulg (15.9mm) , ¾ (19mm) [4].

Los siguientes son los pasos principales para la construcción de muros divisorios de Drywall:

1. Armado del esqueleto, que como se dijo anteriormente puede ser de acero o de madera. Por comodidad y facilidad se recomienda colocar primero los rieles de amarre superior e inferior, para luego insertar los elementos verticales en la posición correcta.

2. Fijación de las láminas sobre el esqueleto a cada lado con sujetadores, empleando comúnmente clavos y/ó tornillos. En la Figura 1 extraída de la referencia [4] se observa la ubicación de los paneles de Drywall.

3. Reforzar y ocultar todas las uniones, los sujetadores, y las esquinas de muros. Este tratamiento que se le da a las uniones se hace con una mezcla especial (masilla) y con una cinta de refuerzo, lo cual le da una apariencia de superficie a los muros (ver Figura 1).

DISEÑO DEL ENSAYO

Los ensayos se basaron en las normas ASTM E 72-95 [5] y ASTM E 564 [6], además de la experiencia adquirida en ensayos previos hechos en la Universidad de los Andes sobre muros de mampostería tradicional [2]. Todos los ensayos se realizaron en el marco de pruebas del laboratorio de estructuras del CIMOC (Centro de Investigación en Materiales y Obras Civiles) de la Universidad.

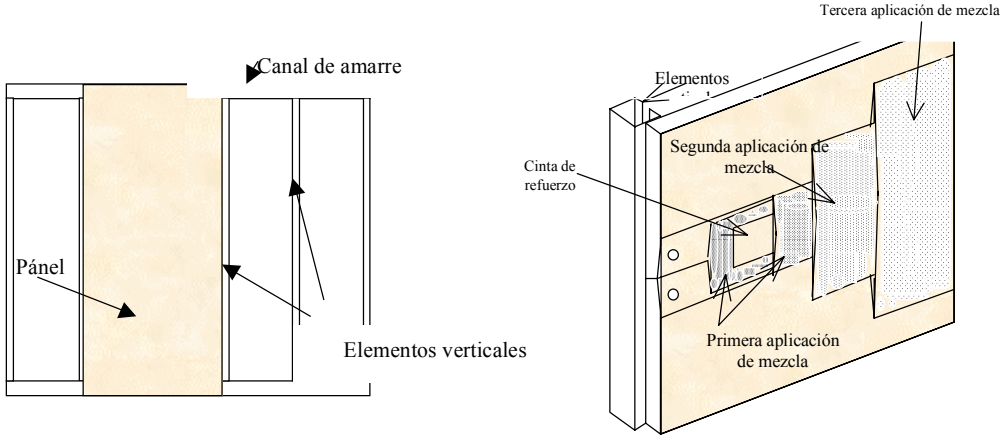

Figura 1. Ubicación de paneles de Drywall y detalle de acabados, cinta de refuerzo.

Los especímenes a probar tuvieron las siguientes dimensiones: 3.66 m de largo x 2.44 m de alto con 10 cm de espesor, es decir 3 módulos prefabricados de Drywall (1.22 m x 2.44 m). Estos especímenes fueron anclados por medio de pernos tipo Ramsey/Red Head 1508s a una viga de soporte ubicada en la parte inferior del marco de pruebas, mientras que la parte superior del muro se fijó a una platina de acero con un espesor de ½". A esta platina se soldó un dado metálico, con el fin de sujetar el actuador hidráulico MTS 243.35, el cual aplicaría la carga horizontal.

De acuerdo con la referencia [5], se recomienda tener un soporte lateral para evitar deflexiones en dirección perpendicular a la aplicación de la carga. Para este efecto se adecuaron 4 parales telescópicos a los cuales se les adaptó un soporte que sirviera de guía a la platina en la parte superior.

El equipo de medición correspondió a un transductor de desplazamiento (LVDT) el cual se encontraba ubicado en la parte superior del muro, sujetado por medio de caimanes e imanes a un marco metálico. Para el contacto del transductor con el muro se adecuó un ángulo soldado a la platina en la parte superior de la misma. Además de lo anterior y como una medida completamente externa de verificación, se adecuó un teodolito de uso topográfico que leía deformaciones en una cuadrícula ubicada en la parte superior izquierda del muro. El montaje completo se puede ver en la Figura 2.

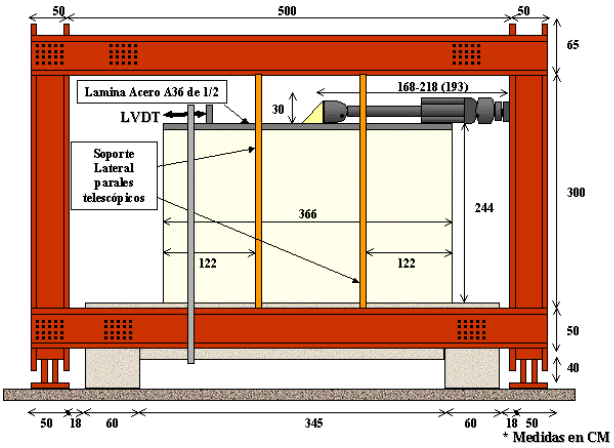

Figura 2.Montaje del ensayo en el marco de pruebas.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

Se realizaron dos ensayos preliminares con el fin de calibrar el modelo. Después de adecuar el espécimen en el marco de pruebas, se procedió con el primer ensayo, el cual consistió en una carga dinámica en control de desplazamiento con incrementos de 0.5mm hasta 40 mm, a una tasa de 3 ciclos en 20 segundos (ver Figura 3). De esta primera prueba se concluyó, que la carga debería ser monotónica en los dos sentidos de aplicación, con el fin de observar con detenimiento los daños que se presentaran en el muro, a medida que se fuera incrementado el nivel de desplazamiento.

De acuerdo con lo anterior, se realizó la segunda prueba, con incrementos de carga monotónica en control de desplazamiento en los dos sentidos de aplicación, hasta una deformación de 40 mm aproximadamente. Como resultado de este segundo ensayo se determinó llevar un control externo de la deformación, por medio de un instrumento de topografía (Teodolito).

Una vez tomadas todas la medidas correctivas vistas en los dos ensayos de pruebas, se procedió a realizar el ensayo final. Este consistió en dos etapas: la primera monotónica y la segunda dinámica. En la primera etapa se aplicaron una serie de intervalos de desplazamiento horizontal correspondientes al 0.15%, 0.20%, 0.26%, 0.37% y 0.50 % de la altura del muro, en los dos sentidos de aplicación de carga. En cada intervalo se haría una pausa con el fin de observar los daños presentados hasta el momento. Después de lo anterior se sometería al espécimen a tres incrementos de carga adicionales (0.65%,0.82% y 1.6%), sobrepasando la deriva permitida por la NSR-98 y registrando los daños en cada incremento. La segunda etapa consistió en aplicar una carga dinámica a una frecuencia de 1 Hz, con dos niveles de desplazamiento, 5 mm y 20 mm; lo anterior con el fin de observar el comportamiento de los daños ante cargas cíclicas.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ENSAYO

El primer intervalo de carga registrado corresponde a 3.66 mm equivalente una deriva de 0.15%. En este intervalo se observó una elevación de 4 mm en la parte inferior derecha del muro. En la etapa de descarga se observó una deformación residual a compresión del orden de 4mm. En el sentido contrario de aplicación de carga, se observó el mismo fenómeno descrito anteriormente, pero ahora la parte inferior izquierda del muro presentaba una elevación de 4 mm aproximadamente. Para el segundo intervalo con un desplazamiento de 5 mm (deriva 0.2%), se observó una elevación de 5 mm de la parte derecha inferior del muro. Durante el proceso inverso de aplicación de carga, se observó la misma elevación

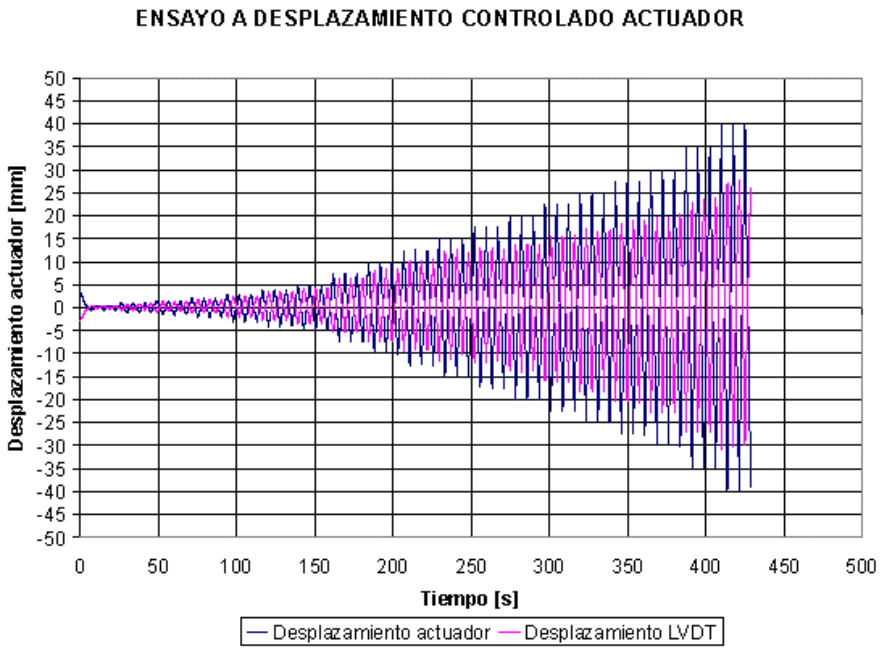

Figura 3. Procedimiento dinámico.

de 5 mm pero en la parte inferior izquierda del muro. Durante estos 2 intervalos de carga no se presentó ningún daño, que pueda ser percibido a simple vista en el muro. Para el tercer intervalo correspondiente a 6.4 mm (deriva de 0.26%) se observó una falla en las fijaciones laterales que van a los paneles. En el cuarto intervalo a una deformación de 9 mm (deriva 0.37%) se observó un incremento en el daño de dichas fijaciones, con un levantamiento vertical de aproximadamente 10 mm de la parte inferior derecha del muro. Para el valor de la deriva permitida, con un desplazamiento de 12.2 mm (deriva 0.5%), se observó una falla en la mayoría de las fijaciones inferiores y en algunas superiores.

Debido a que el estado del muro en cuanto a daño era aceptable, se decidió imponer otros 3 incrementos adicionales de desplazamiento, procurando así, ver niveles de daño superior en el muro. En el primer incremento, se alcanzó una deformación de 16mm (deriva 0.65%). En esta deformación se observó un daño significativo sobre el panel lateral izquierdo a compresión y los rieles inferiores, los cuales se encuentran con altas deformaciones y pandeo significativo (ver Figura 4). En el segundo incremento se llega a una deformación de 20 mm (deriva 0.82%). En esta deformación se observó un movimiento del panel individual y no de conjunto, esto debido a las cavidades que se forman en cada panel por el movimiento de los tornillos de fijación lateral durante los diferentes intervalos de carga (Ver Figura 4).

Tanto los parales como los rieles se encuentran con grandes deformaciones y con algunas fijaciones sueltas. El tercer incremento consistió en un desplazamiento de 40 mm (1.6%), en el cual se agudizan los daños descritos anteriormente. Con el fin de conocer el comportamiento del muro en el sentido contrario de aplicación de carga, se procede a descargar el muro. En este proceso se observó una deformación residual del panel de -2.2 mm horizontal y 5 mm vertical. Finalmente se lleva el muro hasta una deformación de 40 mm, pero en el sentido contrario de aplicación de carga del tercer incremento. En este incremento se observó un comportamiento similar en cuanto a daños con respecto al anterior. En la Figura 5 se muestra el gráfico de resumen del proceso de carga del muro.

Una vez finalizada la parte monotónica, se procedió a la aplicación de la carga dinámica. En este ensayo se observó cómo se magnifican los problemas que se presentaron anteriormente, sin el colapso del muro ni desprendimiento de los paneles. Las uniones encintadas no presentaron daños importantes, a diferencia de algunas partes del panel en las que las fijaciones quedan a la vista, dejando ver el tornillo fijador. Esto hace pensar que la cinta juega un papel muy importante a la hora de ocultar esta clase de daño.

Para conocer la magnitud del daño que se presentó en el muro, fue necesario desarmarlo para observar los daños internos. Como primera medida se ratificó el daño

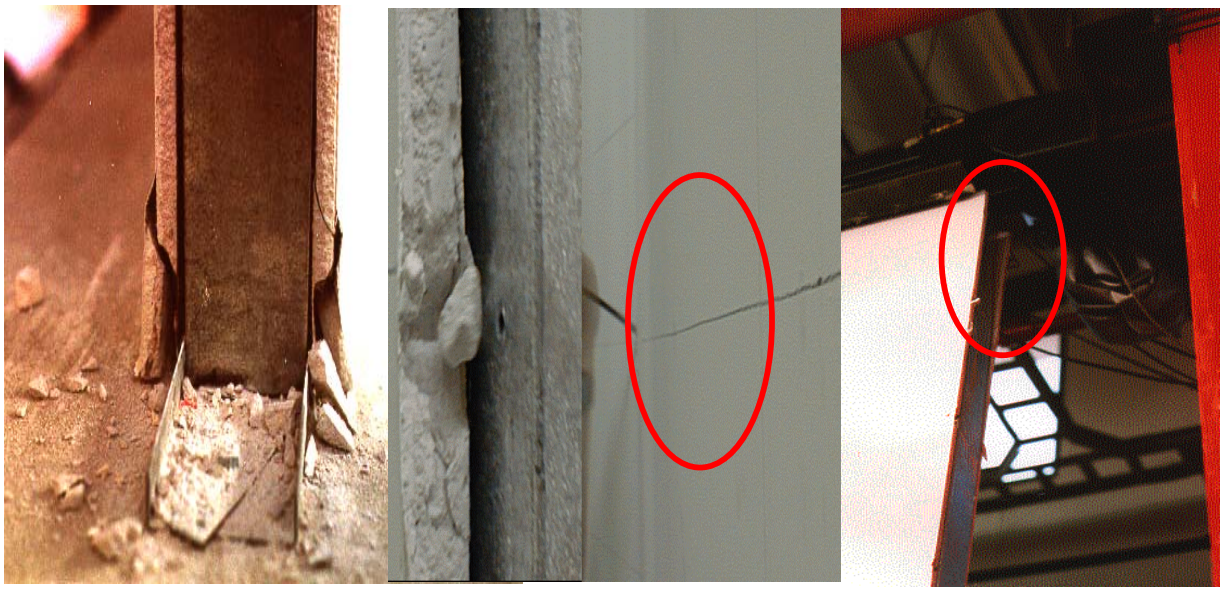

Figura 4. Daños a compresión en el panel, por fijación (cavidad) y pandeo en elementos verticales.

en el panel debido a una cavidad que forma el tornillo fijador en éste. Este tipo de daño fue el que se presentó con más frecuencia en el panel. Como segunda medida se observó un daño en el riel inferior hacia la zona de unión entre riel y el paral. Otro daño observado, fue en los parales verticales, en los cuales se notó un pandeo local del alma, a una altura de 2.10m. En la Tabla 1 se presenta una comparación del grado de desempeño (capitulo A.9 - NSR-98), de la mampostería, y el ensayo sobre muros de cartón yeso (Drywall) realizado en este estudio.

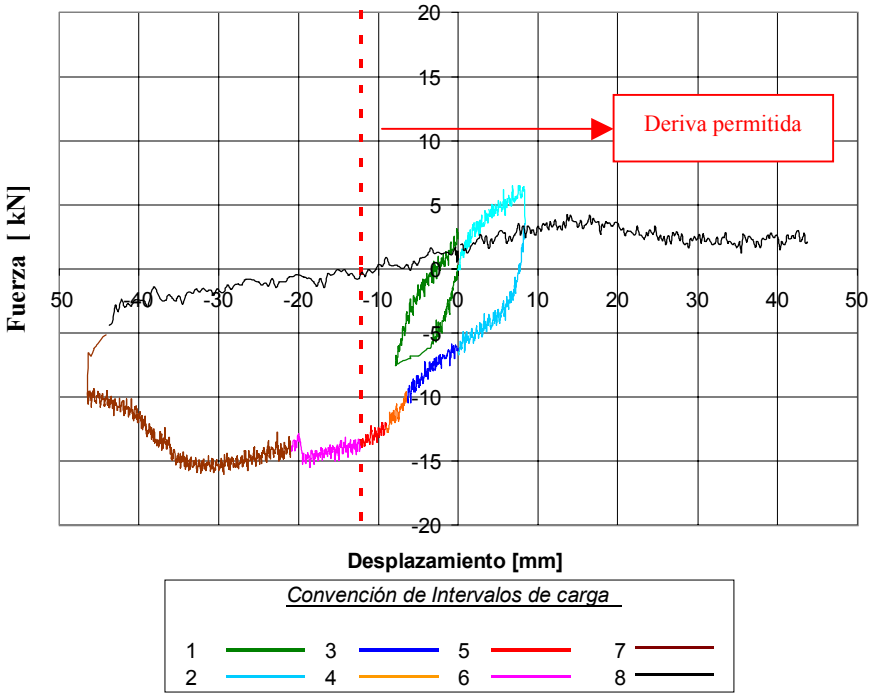

Figura 5. Gráfico resumen. Ensayo por intervalos a desplazamiento controlado.

Deriva (%)	Grado de desempeño	
	Mampostería	**Drywall**
0.05	No se presentan fisuras ***grado superior**	No se presentan fisuras ***grado superior**
0.1	No se presentan fisuras ***grado superior**	No se presentan fisuras ***grado superior**
0.15	Desprendimiento lateral ***grado bueno**	Elevación inferior ***grado superior**
0.2	Desprendimiento superior ***grado bueno**	Aumento de elevación ***grado superior**
0.25	Primeras fisuras ***grado bueno**	Falla en fijaciones ***grado bueno**
0.30	Fisuras visibles ***grado bueno**	Afectación en fijaciones ***grado bueno**
0.50	Desprendimiento superior ***grado bajo**	Daño en el panel por fijación ***grado bueno**
0.8	Oscilaciones libres, desprendimiento total ***grado bajo**	Oscilaciones por cavidades en el panel ***grado bajo**
1.0	Resonancia y falla ***grado bajo**	Igual al anterior ***grado bajo**

Tabla 1. Comparación del grado de desempeño entre la mampostería y el Drywall.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los muros divisorios de cartón yeso (Drywall) surgen como una alternativa a tener en cuenta, dadas las exigencias de deriva que se presentan en la norma actual vigente NSR-98.

En cuanto a los resultados del ensayo final se concluye lo siguiente:

En general los muros divisorios de cartón yeso presentan un buen comportamiento ante cargas laterales. La deriva a la que los muros construidos con mampostería presentan fisuras (0.25%), es superada sin dificultad desde el punto de vista de la deformación.

Al llegar a una deriva de 0.5% de la altura, se presentan daños en las fijaciones inferiores y superiores, sin embargo se puede considerar un grado de desempeño superior, debido a la no interferencia con la operación de la edificación. Estos daños pueden llegar a ser menores, ya que para el ensayo fue necesario rigidizar el riel inferior (pasando de calibre 24 a 18), hecho que aumenta la presencia de daños en el panel, debido a la menor resistencia y capacidad de deformación al corte de éste en comparación al riel metálico. Para deformaciones alrededor del 1 % de la deriva se observa un comportamiento individual del panel, ya que los pernos de sujeción forman cavidades dentro del mismo, que permiten un movimiento relativo con respecto al esqueleto metálico. A este nivel de deformación se presenta un daño significativo, que eventualmente involucraría un cambio en uno o en varios de los elementos que conforman el muro, en especial los paneles ubicados en los extremos. En cuanto al daño en los rieles inferior y superior, ciertas partes de estos necesitarían de un remplazo parcial y en otros casos total. Los parales verticales presentaron una falla de pandeo local a una altura de 2.10m, provocada por un debilitamiento del alma debido a una doble perforación, hecha para adherir los paneles de Drywall al esqueleto metálico. En general el estado de los elementos es bueno, ya que la mayoría de estos pueden llegar a ser reutilizados, a diferencia de las cintas de refuerzo no recuperables una vez instalado el muro.

Durante el ensayo final se alcanzó una carga horizontal de aproximadamente 15 kN. La carga portante para estos sistemas es de 900N/m, la cual no debe ser debe ser excedida.

Se recomienda en futuras investigaciones, ensayar muros divisorios confinados, por medio de un pórtico re-

sistente a momento, ya que esto asemejaría más el comportamiento ante cargas laterales que se presenta en la realidad.

Debido a que estos son los primeros ensayos que se hacen sobre muros divisorios de este tipo, esta investigación sólo ha aportado el primer paso en el conocimiento a nivel nacional y es razonable mejorar este primer ensayo para obtener resultados definitivos.

REFERENCIAS

[1] Calderón, Hitler. MIC-98-I-10. Departamento de Ingeniería Civil. U. de los Andes, 1998.

[2] Chaira y Martínez, MIC-96-II-30/39. Departamento de Ingeniara Civil. U. de los Andes,1996.

[3] ASI (ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA).NSR-98. Norma Colombiana de Diseño Sismo Resistente. Ley 400 de 1997. Decreto 33 de 1998.

[4] Scharff, Roberto. Drywall Construction Handbook, 1995.

[5] ASTM E 72-95, Standard Test Methods of Conducting Strength of Panels for Building Construction, 1995

[6] ASTM E 564-95, Standard Practice for Static Load Test for Shear Resistence of Walls for Buildings,1995.

Agradecimientos especiales a SINCO Ltda, Soluciones industriales de construcción. Ing. Fernando Martínez y Fijaciones Torres M. & CIA Ltda, Oscar Torres.