

Señores
Curaduría Primera
Manizales
E.S.D.

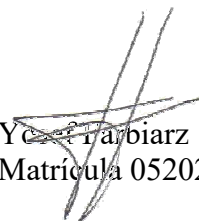
Respetados Señores:

En el año 2011 realicé para la empresa Sistemas Constructivos Avanzados S.A., una evaluación del sistema DURAPANEL para determinar su cumplimiento con el reglamento colombiano de construcciones sismo resistentes que entraron en vigencia a finales del 2010.

El estudio demostró que el sistema cumple con la normativa colombiana vigente y dio pie para que la Comisión Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes emitiera el concepto que se adjunta a esta carta, en el cual, refiriéndose al sistema DURAPANEL, reconoce que "... no es necesario ningún aval, ni régimen de excepción, ya que el sistema constructivo en mención está cubierto por el Reglamento NSR-10".

Por último, anexo a esta carta, encontrará el documento que presenté en ese entonces ante la Comisión, verificando el cumplimiento del sistema con las NSR-10.

Atentamente,


Yosef Farbiarz
Matrícula 05202-11126

**SISTEMA DURAPANEL
CUMPLIMIENTO CON LAS NSR-10**

El sistema DURAPANEL está constituido por muros aligerados con un núcleo de poliestireno expandido. Cada cara del muro está compuesta de mortero de cemento Portland reforzado con malla electrosoldada de alambre galvanizado. Las capas de mortero a lado y lado del núcleo de poliestireno, y que forman las caras del muro, tienen un espesor mínimo de 250 mm.

Por estar constituidos por mortero reforzado, que es una variedad de concreto estructural, el análisis y diseño estos muros está regido en Colombia por la Ley 400 de 1997 cuyo reglamento vigente hoy son las Normas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-10, Decreto 926 de 2010.

El presente documento representa la verificación de que el sistema DURAPANEL cumple con los requisitos establecidos por las Normas NSR-10, para muros de concreto estructural. A continuación se listan sus artículos junto con su evaluación específica acerca del sistema DURAPANEL.

NSR-10

CAPÍTULO C.14 — MUROS

C.14.1 — Alcance

C.14.1.1 — Las disposiciones del Capítulo C.14 deben aplicarse al diseño de muros sometidos a carga axial, con o sin flexión.

Evaluación:

El sistema DURAPANEL se basa en muros que pueden verse sometidos a cargas axiales, cuando son muros portantes, carga de flexo-compresión, cuando hacen parte del sistema principal de resistencia sísmica, y controlados por solicitaciones de flexión, cuando hacen parte del sistema de elementos no estructurales.

C.14.1.2 — Los muros de contención en voladizo se diseñan de acuerdo con las disposiciones de diseño por flexión del Capítulo C.10, con un refuerzo horizontal mínimo de acuerdo con C.14.3.3.

Evaluación:

El diseño de cualquier elemento con el sistema DURAPANEL se ciñe rigurosamente al Título C.

C.14.2 — Generalidades

C.14.2.1 — Los muros deben diseñarse para cargas excéntricas y cualquier carga lateral o de otro tipo a las que estén sometidos.

Evaluación:

El sistema DURAPANEL se diseña teniendo en cuenta todas las cargas que su uso puede enfrentar, tales como peso propio, carga permanente, carga viva, carga de viento, carga sísmica y esfuerzos inducidos por cambios de temperatura y de humedad del ambiente.

Para el caso de elementos estructurales estas cargas pueden ser aplicadas directamente a cada muro o pueden transmitirse a través de conexiones con otros elementos estructurales.

En el caso de elementos no estructurales, las cargas sólo son las aplicadas directamente sobre cada muro y su diseño se realiza para que el elemento no estructural no reciba cargas transmitidas por la estructura.

C.14.2.2 — Los muros sometidos a cargas axiales deben diseñarse de acuerdo con C.14.2, C.14.3 y ya sea C.14.4, C.14.5 ó C.14.8.

Evaluación:

Como se explica más adelante, el sistema DURAPANEL no puede diseñarse de acuerdo con C.14.5; por lo demás, los procedimientos de diseño y construcción se ajustan estrictamente al contenido del Título C del reglamento.

C.14.2.3 — El diseño para cortante debe cumplir con lo estipulado en C.11.9.

Evaluación:

Los procedimientos de diseño y construcción se ajustan estrictamente al contenido del Título C del reglamento.

C.14.2.4 — A menos que se demuestre lo contrario mediante un análisis, la longitud horizontal de un muro considerada como efectiva para cada carga concentrada, no debe exceder la menor distancia centro a centro de las cargas, ni el ancho de apoyo más cuatro veces el espesor del muro.

Evaluación:

Idem.

C.14.2.5 — Los elementos en compresión construidos monolíticamente con muros deben cumplir con lo establecido en C.10.8.2.

Evaluación:

Idem.

C.14.2.6 — Los muros deben anclarse a los elementos que los intersectan, como pisos o cubiertas; o a columnas, pilastras, contrafuertes, de otros muros, y zapatas.

Evaluación:

El sistema DURAPANEL se basa en un procedimiento constructivo en el que se especifica que todos los muros se deben anclar a todos los elementos con los que se intersectan. Para tal efecto se producen mallas de conexión moldeadas para conexiones a 90°, mallas planas para traslapes y se especifica que el diseñador debe calcular conectores para anclaje a cimentaciones, columnas, vigas y losas.

C.14.2.7 — Se permite que la cuantía de refuerzo y los límites de espesor exigidos por C.14.3 y C.14.5, sean dispensadas cuando el análisis estructural muestra que el muro posee resistencia y estabilidad adecuadas.

Evaluación:

La construcción con el sistema DURAPANEL requiere de análisis estructural riguroso de acuerdo con todas las especificaciones del Título C de las NSR-10 con base en el cual se dimensionan los muros; sin embargo, el refuerzo básico cumple con los mínimos especificados en C.14.3. Por otra parte, el sistema DURAPANEL no es susceptible de diseño por medio del método empírico especificado en C.14.5.

C.14.2.8 — La transferencia de fuerzas a la cimentación en la base del muro debe hacerse de acuerdo con C.15.8.

C.15.8 — Transmisión de fuerzas en la base de columnas, muros o pedestales reforzados

C.15.8.1 — Las fuerzas y los momentos en la base de columnas, muros o pedestales deben transmitirse al pedestal de apoyo o a la zapata a través del concreto por aplastamiento y mediante refuerzo, pasadores (dowels), y conectores mecánicos.

Evaluación:

La construcción con el sistema DURAPANEL especifica anclajes a la cimentación a lo largo de cada muro, de manera que puede resistirse tracciones por momentos en cualquier dirección. Las pruebas realizadas en Italia, Colombia y Chile, entre otros lugares, sobre paneles de DURAPANEL demuestran que las porciones de concreto reforzado del muro se desempeñan de acuerdo con el diseño estructural resistiendo adecuadamente las tensiones de compresión transmitidas hacia la cimentación.

C.15.8.2 — En estructuras construidas en obra, debe proporcionarse el refuerzo requerido para satisfacer C.15.8.1, ya sea extendiendo las barras longitudinales dentro del pedestal de apoyo o de las zapatas, o mediante pasadores (dowels).

Evaluación:

El análisis estructural para el sistema DURAPANEL se realiza de acuerdo con el Título C para el cálculo del acero de refuerzo; además, cada muro se ancla apropiadamente a la cimentación con barras de acero (dowels) con las longitudes de desarrollo y empalme mínimas especificadas en ese título.

C.15.8.3 — En construcciones prefabricadas, se permite usar pernos de anclaje o conectores mecánicos apropiados para satisfacer lo estipulado en C.15.8.1. Los pernos de anclaje deben diseñarse de acuerdo con el Apéndice C-D.

Evaluación:

El sistema de muros DURAPANEL no constituye necesariamente un sistema de prefabricados, puesto que el vaciado del concreto reforzado se realiza en obra de forma monolítica, aunque también se presta para ser prefabricado. Sin embargo, el anclaje de los muros a la cimentación y a vigas o losas superiores se realiza de acuerdo con lo permitido en C.15.8.3.

C.14.3 — Refuerzo mínimo

C.14.3.1 — El refuerzo mínimo vertical y horizontal debe cumplir con las disposiciones de C.14.3.2 y C.14.3.3, a menos que se requiera una cantidad mayor por cortante, de acuerdo con C.11.9.8 y C.11.9.9.

Evaluación:

El sistema DURAPANEL se diseña de acuerdo con las especificaciones de los Título A, B, C, J y K del reglamento NSR-10. El acero de refuerzo se dimensiona en función de los esfuerzos calculados. Sin embargo, el refuerzo básico del sistema cumple con los mínimos especificados en C.14.3, como se muestra más adelante.

C.14.3.2 — La cuantía mínima para refuerzo vertical p_v , es:

...
(c) 0.0012 para refuerzo electrosoldado de alambre (liso o corrugado) no mayor que MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro).

C.14.3.3 — La cuantía mínima para refuerzo horizontal, ρ_t , es:

...
(c) 0.0020 para refuerzo electrosoldado de alambre (liso o corrugado) no mayor que MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro).

Evaluación:

La malla de refuerzo del sistema DURAPANEL está compuesta por alambres con diámetro de 2.3 mm, separados 65 mm, centro a centro, en ambas direcciones. El espesor del mortero es de, por lo menos, 25 mm. Ésto significa que la cuantía, ρ , es:

• Diámetro	2.30	mm
• Área/alambre	4.15	mm ²
• Separación entre alambres	65.00	mm
• Espesor del mortero	25.00	mm
• Área de mortero	1625.00	mm ²
• Cuantía, ρ	0.0026	

Por lo tanto, es evidente que si ρ es 0.0026 para ambas direcciones vertical y horizontal, entonces siempre se cumple que $0.0026 > 0.0012$ (C.14.3.2) y que $0.0026 > 0.0020$ (C.14.3.3).

C.14.3.5 — El refuerzo vertical y horizontal debe espaciarse a no más de tres veces el espesor del muro, ni de 450 mm.

Evaluación:

La malla de refuerzo del sistema DURAPANEL está compuesta por alambres separados 65 mm, centro a centro, en ambas direcciones, lo que cumple holgadamente esta especificación.

C.14.3.6 — El refuerzo vertical no necesita estar confinado por estribos laterales cuando el refuerzo vertical no es mayor de 0.01 veces el área total de concreto, o cuando el refuerzo vertical no se requiere como refuerzo de compresión.

Evaluación:

La cuantía de acero de un muro de DURAPANEL es 0.002 en ambas direcciones, de manera que no se requiere confinar el refuerzo con estribos laterales; sin embargo, las mallas de refuerzo en ambas caras de un muro de DURAPANEL están efectivamente conectadas por al menos 72 conectores por cada m² de área de pared del muro, electrosoldados a las mallas proporcionando, aun cuando no se requiera, confinamiento eficaz a los alambres de refuerzo de cada malla.

C.14.3.7 — Alrededor de vanos de ventanas, puertas y aberturas de similar tamaño, además del refuerzo mínimo requerido por C.14.3.1, deben colocarse por lo menos dos barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm) en todos los muros que tengan dos capas de refuerzo en ambas direcciones y una barra No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm) en los muros que tengan una sola capa de refuerzo en ambas direcciones. Estas barras deben anclarse para desarrollar el f_y en tracción en las esquinas de las aberturas.

Evaluación:

Todos los vanos en muros del sistema DURAPANEL se rodean con 2 barras No. 5 embebidas en una cintas horizontales y verticales de 5 cm de espesor con longitudes de desarrollo de 800 mm en cada extremo libre de la barra, lo mismo que anclaje a la cimentación.

C.14.4 — Muros diseñados como elementos en compresión

Con excepción de lo dispuesto en C.14.5, los muros sometidos a carga axial o combinación de carga axial y de flexión deben diseñarse como elementos en compresión de acuerdo con las disposiciones de C.10.2, C.10.3, C.10.10, C.10.11, C.10.14, C.14.2 y C.14.3.

Evaluación:

El análisis estructural del sistema DURAPANEL siempre se realiza de acuerdo con el Título C, incluyendo sus Capítulos 10 y 14; por demás, no puede diseñarse siguiendo lo especificado en C.14.5, como se explica a continuación.

C.14.5 — Método empírico de diseño

C.14.5.1 — Se permite que los muros de sección transversal rectangular sin vacíos sean diseñados mediante las disposiciones empíricas de C.14.5, cuando la resultante de todas las cargas mayoradas esté localizada dentro del tercio central del espesor total del muro, y se satisfagan los requisitos de C.14.2, C.14.3 y C.14.5.

CR14.5 — Método empírico de diseño

El método empírico de diseño se aplica sólo a secciones transversales rectangulares sólidas. Todas las demás formas deben diseñarse de acuerdo con C.14.4.

Nota: El subrayado no está en el original.

Evaluación:

Como el sistema DURAPANEL tiene una sección rectangular que contiene un área importante de poliestireno expandido, es decir, que contiene un área importante sin concreto reforzado, su diseño no puede realizarse siguiendo lo especificado en C.14.5.

C.14.6 — Muros no portantes

C.14.6.1 — El espesor de los muros que no sean de carga no debe ser menor de 100 mm, ni menor de 1/30 de la distancia mínima entre elementos que le proporcionen apoyo lateral.

Evaluación:

Los muros del sistema DURAPANEL tiene un espesor total entre 110 mm y 270 mm. Teniendo en cuenta el menor espesor de 110 mm, esto significa que los apoyos laterales podrían estar colocados a 30 veces este espesor, es decir a 3 300 mm de separación. El apoyo lateral se instala en forma de anclaje con barras de acero (dowels) separados, a lo sumo, cada 450 mm, de manera que se cumple holgadamente lo especificado en C.14.6.1.

C.14.7 — Muros empleados como vigas de cimentación

Evaluación:

Los muros del sistema DURAPANEL no son aptos para hacer las veces de vigas de cimentación y, por lo tanto, nunca se especifican como tales. En caso de que algún proyecto en particular, configurado con el sistema DURAPANEL, requiera de vigas de cimentación muy profundas que se presten para ser constituidas por muros, éstos se diseñan en concreto reforzado convencional, sin núcleo de poliestireno.

C.14.8 — Diseño alternativo para muros Esbeltos

C.14.8.1 — Cuando la tracción causada por flexión controla el diseño de un muro fuera de su plano, se considera que los requerimientos de C.14.8 satisfacen C.10.10.

Evaluación:

El sistema de muros DURAPANEL es particularmente apto para el diseño de muros, cuelgas, dinteles y alféizares no estructurales. En tal caso, las cargas perpendiculares al plano del muro controlan su diseño y, por ende, se puede utilizar el procedimiento especificado en C.14.8; sin embargo, para muros estructurales, fabricados con este sistema, siempre se utiliza el C.10.10.

C.14.8.2 — Los muros diseñados de acuerdo con las disposiciones de C.14.8 deben cumplir C.14.8.2.1 a C.14.8.2.6.

C.14.8.2.1 — El panel de muro debe diseñarse como un elemento simplemente apoyado, cargado axialmente, sometido a una carga lateral uniforme fuera del plano (perpendicular al plano), con momentos y deflexiones máximas a media altura.

Evaluación:

Cuando el sistema de muros DURAPANEL se utiliza para elementos no estructurales, el modelo de análisis siempre se considera articulado abajo y arriba. Para el cálculo y distribución de las cargas se siguen las especificaciones del Capítulo A.9 de las NSR-10, que coincide totalmente con lo especificado en C.14.8.2.1.

C.14.8.2.2 — La sección transversal es constante en toda la altura del muro.

Evaluación:

Cuando el sistema de muros DURAPANEL se utiliza para elementos no estructurales con aberturas, el modelo de análisis considera sólo la porción sólida de muros. Las porciones del muro que hacen las veces de dintel en puertas y ventanas y de alfeizar en ventanas, se analizan y diseñan como tales y no se consideran como parte de la porción sólida del muro.

C.14.8.2.3 — El muro debe estar controlado por tracción.

A continuación se presenta el resto del articulado de C.14.8 que contiene las especificaciones de diseño para muros esbeltos con carga lateral aplicada perpendicularmente al plano del muro y que no requieren evaluación punto a punto por

cuanto corresponde al procedimiento seguido en el análisis y diseño estructurales para elementos esbeltos de DURAPANEL sometidos a dichas cargas y que reemplaza adecuadamente el procedimiento especificado en C.10.10.

C.14.8.2.4 — El refuerzo debe proporcionar un refuerzo de diseño:

$$\phi \mathbf{Mn} \geq \mathbf{Mcr} \quad (14-2)$$

donde **Mcr** debe obtenerse usando el módulo de rotura dado en la ecuación (C.9-10).

C.14.8.2.5 — Las cargas gravitacionales concentradas aplicadas al muro por encima de la sección de diseño por flexión deben suponerse distribuidas en un ancho:

- (a) Igual al ancho del apoyo, más un ancho a cada lado que se incrementa con una pendiente de 2 en vertical a 1 en horizontal hacia la sección de diseño; pero
- (b) no mayor al espaciamiento de las cargas concentradas; y
- (c) sin extenderse más allá de los bordes del muro.

C.14.8.2.6 — El esfuerzo vertical al **Pu Ag** a media altura del muro no debe exceder **0.06fc'**.

C.14.8.3 — La resistencia de diseño a momento, $\phi \mathbf{Mn}$, para la combinación de carga axial y flexión a media altura debe cumplir:

$$\phi \mathbf{Mn} \geq \mathbf{Mu} \quad (C.14-3)$$

donde:

$$\mathbf{Mu} = \mathbf{Mua} + \mathbf{Pu} \Delta \mathbf{u} \quad (C.14-4)$$

Mua es el momento máximo mayorado ubicado a media altura del muro, debido por las cargas laterales y verticales excéntricas, sin incluir los efectos **PΔ**, y **Δu** es:

$$\Delta \mathbf{u} = \frac{5 \mathbf{M}_u \ell_c^2}{(0.75) 48 \mathbf{E}_c \mathbf{I}_{cr}} \quad (C.14 - 5)$$

Mu debe obtenerse por iteración de las deflexiones, o con la ecuación (C.14-6)

$$\mathbf{M}_u = \frac{\mathbf{M}_{ua}}{1 - \frac{5 \mathbf{P}_u \ell_c^2}{(0.75) 48 \mathbf{E}_c \mathbf{I}_{cr}}} \quad (C.14 - 6)$$

donde:

$$\mathbf{I}_{cr} = \frac{\mathbf{E}_s}{\mathbf{E}_c} \left(\mathbf{A}_s + \frac{\mathbf{P}_u \mathbf{h}}{\mathbf{f}_y 2d} \right) (\mathbf{d} - \mathbf{c})^2 + \frac{\ell_w \mathbf{c}^3}{3} \quad (C.14-7)$$

y el valor de **Es/Ec** no debe tomarse menor que 6.

C.14.8.4 — La deflexión máxima fuera del plano, **Δs**, debida a las cargas de servicio, incluyendo el efecto **PΔ**, no debe exceder **lc/150**.

Si **Ma** , momento máximo a media altura del muro debido a las cargas laterales y verticales excéntricas, en servicio, incluyendo los efectos **PΔ** , excede de $(2/3)M_{cr}$, Δ_s debe calcularse con la ecuación (C.14-8):

$$\Delta_s = (2/3)\Delta_{cr} + \frac{(M_a - (2/3)M_{cr})}{(M_n - (2/3)M_{cr})} (\Delta_n - (2/3)\Delta_{cr}) \quad (C.14-8)$$

Si **Ma** , no excede de $(2/3)M_{cr}$, Δ_s debe calcularse con la ecuación (C.14-9):


$$\Delta_s = \left(\frac{M_a}{M_{cr}} \right) \Delta_{cr} \quad (C.14-9)$$

donde:

$$\Delta_{cr} = \frac{5M_{cr}\ell_c^2}{48E_c I_g} \quad (C.14-10)$$

$$\Delta_n = \frac{5M_n\ell_c^2}{48E_c I_{cr}} \quad (C.14-11)$$

I_{cr} debe calcularse con la ecuación (14-7) y **Ma** debe obtenerse por iteración de las deflexiones.



Yosef Farbiarz
Matrícula 05202-11126