

- Los decretos D.S. 61 y 60, que reemplazaron a los decretos 117 y 118, respectivamente, entraron en vigencia en diciembre pasado. Su aplicación en terreno deja sentir los primeros efectos. Según los expertos de los comités técnicos de trabajo, con estas nuevas normativas, la ingeniería nacional dio un salto sustantivo. ■ Es más, aseguran que hoy se calcula mejor que antes. Son las nuevas exigencias.

PAULA CHAPPLE C.  
PERIODISTA REVISTA BIT

APLICACIÓN  
DECRETOS  
D.S. 60 Y 61

# NUEVAS EXIGENCIAS



**E**L SISMO 7,1° Richter del 25 de marzo pasado que afectó a la zona central de Chile, trajo a la memoria el terremoto del 27 de febrero de 2010. Si bien el 99,7% (según cifras de la CChC) de los edificios chilenos respondieron de manera adecuada ante el violento evento 8,8° Richter, igualmente se evidenciaron algunas fallas que era necesario corregir.

Un año después de ocurrido el movimiento telúrico, se publicaron los Decretos Supremos (D.S.) 117 y 118 que reemplazaron a las normas NCh433 Of.96 mod. 2009 "Diseño Sísmico de Edificios" y NCh430 Of.2008 "Hormigón Armado – Requisitos de Diseño y Cálculo", respectivamente. Una vez aplicados en terreno, la comunidad ingenieril chilena se dio cuenta que los requerimientos que se establecieron en ellos se hicieron extensivos no sólo a aquellos edificios en los que el terremoto

dejó en evidencia la necesidad de un nivel de exigencia mayor al existente a la fecha, sino que también a aquellos que habían tenido un buen comportamiento. ¿Lecciones?, muchas. "Una lección importante fue la necesidad de confinar, mediante armadura transversal, los extremos de los muros. Otro aprendizaje fue que las normas se deben revisar y actualizar periódicamente", señala Fernando Yáñez, presidente del Comité de Actualización de la NCh430 del Instituto de la Construcción y Director del IDIEM. En diciembre de 2011, los decretos 117 y 118 fueron reemplazados por los D.S. 61 y 60, respectivamente.

Los especialistas, miembros de los comités técnicos de trabajo que elaboraron los decretos ya derogados así como los actuales, explican a Revista BIT, el antes y el después de ambas disposiciones, es decir, las principales exigencias de los D.S. 117 y 118 y las nuevas modificaciones que traen los D.S. 60 y 61.

## DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

En el decreto 117, dos fueron las principales modificaciones relativas al diseño sísmico de edificios: la clasificación de suelos y un nuevo espectro de diseño, disposiciones que en su momento, generaron opiniones opuestas al interior de los comités de trabajo.

### A. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

El decreto 117 generó una de las grandes modificaciones dada por la nueva clasificación de suelos, para lo cual se modificó la tabla de la NCh433, que en la práctica significó que algunas estructuras clasificadas en suelo tipo 2, con bajas demandas, fueran clasificadas en suelo tipo 3. Es decir, el mismo edificio, en el mismo lugar, aumentaría su demanda en relación a la norma del 2009. Uno de los aprendizajes tras el terremoto, fue que en estratos profundos de arena se producen aceleraciones con un contenido importante de bajas fre-

cuencias, originando grandes desplazamientos en edificios del orden de los 15 a 20 pisos, mayor que lo que se estimaba en la norma de diseño sísmico. Algunos estratos profundos de arenas densas o limos se podían clasificar como suelo 2, pero al cambiar a suelo 3, los desplazamientos calculados para los edificios sobre ellas serían mucho mayores que lo que se consideraba antes del terremoto.

El decreto 117 recogió la preocupación por el tema de los suelos, pero “hizo una burda modificación a la tabla y simplemente subió el nivel de exigencia en cuanto a velocidades de onda de corte para aquellos suelos que clasificaban como 2, con la clara intención de que solo clasificaran como suelo 2 las gravas fluviales densas de Santiago. El resto de los suelos, que podían ser clasificados como buenos, eran catalogados como suelo 3, como las arenas sobre mantos rocosos o arenas densas, y zonas donde el comportamiento fue extraordinario, como Reñaca. Es decir, se metió en el mismo saco a todas las arenas”, sostiene Gonzalo Santolaya, gerente general de Santolaya Ingenieros Consultores.

En el decreto 61 se logró una tabla de clasificación que “enaltece a la mecánica de suelos actual. Se generó un suelo nuevo llamado C, intermedio entre el 2 y el 3, y se hizo más exigente la exploración para clasificar los suelos”, prosigue Santolaya. De esta manera, se cambió la denominación para todos los tipos de suelo, usando letras en lugar de números romanos, y considerando niveles que van desde el mejor comportamiento (roca: suelo tipo A) al de mayor exigencia sísmica (suelos muy blandos y de mala calidad: suelo tipo E). Hoy día, lo que se hizo fue agregar un suelo entre el 2 y el 3 llamado C; el 2 se llama B y el 3 se llama D.

Otro tema importante fue la exploración de los suelos. En Estados Unidos y otros países sísmicos se utiliza el factor  $V_s30$ , es decir, el valor promedio de la velocidad de propagación de las ondas de corte en los primeros 30 metros. En la práctica no es posible medir hasta el basamento rocoso y se optó por mantener la idea de medir en los primeros 30 metros. En Chile los edificios poseen en promedio uno o dos subterráneos, la pregunta inicial era si esos 30 m se debían prospectar a partir del último subterráneo o si éstos eran parte de los 30 metros. Debido al elevado costo relativo de los trabajos de exploración en 30 m para edificaciones pequeñas (de menos de

## TABLA COMPARATIVA

“Con la aplicación de los D.S.117 y 118, el aumento en el costo total de Obra Gruesa, para edificios de 25 pisos y más, fue de un 10% en el aumento de hormigón. En cambio, con la aplicación de los D.S. 60 y 61, el aumento de hormigón en edificios de 25 pisos y más fue de un 5%”. Hay que hacer énfasis en que estos datos reflejan el balance de la empresa Santolaya Ingenieros Consultores, según datos recabados por la firma.

### DECRETOS 117 Y 118 EDIFICIOS EN SANTIAGO SIN DAÑOS

	0-12 PISOS	20 – 22 PISOS	25 PISOS Y MÁS
Cuántia Horm.	0,3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,33 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,35 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Cuántia Acero	28 k/m <sup>2</sup>	30 k/m <sup>2</sup>	36 k/m <sup>2</sup>
Aumento Horm.	0%	10%	10%
Aumento Acero	0%	20%	20%
Aumento COG	0 UF/m <sup>2</sup>	0,1+0,21=0,3 UF/m <sup>2</sup>	0,11+0,25=0,36 UF/m <sup>2</sup>
Aumento CC	0%	2%	2,4%

### DECRETOS 60 Y 61 EDIFICIOS EN SANTIAGO SIN DAÑOS

(SOLO CAMBIO DE ESPECTRO Y DISEÑO)

	0-12 PISOS	20 – 25 PISOS	25 PISOS Y MAS
Cuántia Horm.	0,3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,33 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,35 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Cuántia Acero	28 k/m <sup>2</sup>	30 k/m <sup>2</sup>	36 k/m <sup>2</sup>
Aumento Horm.	0%	0%	5%
Aumento Acero	0%	10 a 15%	15%
Aumento COG	0 UF/m <sup>2</sup>	0+0,19=0,19 UF/m <sup>2</sup>	0,02+0,19= 0,21 UF/m <sup>2</sup>
Aumento CC	0%	1,3%	1,5%

500 m<sup>2</sup> construidos, de no más de 2 pisos o de altura inferior a 8 m), clasificadas de acuerdo a su uso como III o IV, no es obligatorio justificar valores de los parámetros de suelo con mediciones in situ. Así, y “dependiendo de la importancia de acuerdo a la categoría y al costo de la construcción, ese sondaje de 30 m puede resultar muy caro para una edificación menor, esto se corrigió, sin embargo, hoy tenemos una tabla de suelos donde existe un suelo intermedio, con una metodología de exploración para la clasificación bastante más clara y exigente”, aporta Gonzalo Santolaya.

## ESPECTROS

El espectro es una curva de diseño que define la fuerza y desplazamientos sobre el edificio a ser diseñado. Post terremoto se tomaron los registros de la red de acelerógrafos distribuidos en distintas zonas del país, en conjunto con los registros desde el año 85. Y se dio la oportunidad en el decreto 117, de analizar cuál era el criterio de ajuste de los nuevos espectros.

En aquella ocasión surgieron tres propuestas:

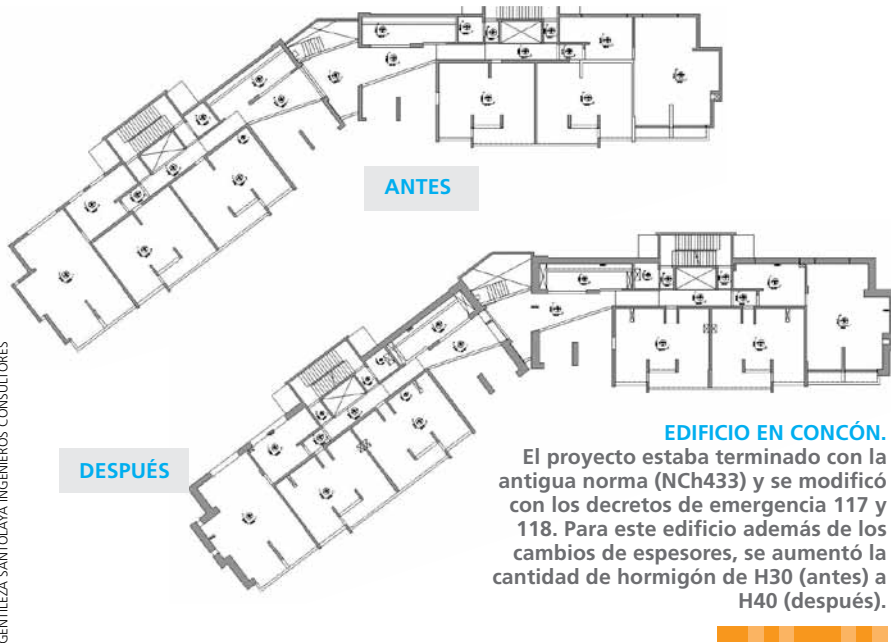
**1. Se proponía la envolvente de lo observado.**

**2. Se pedía que se representasen bien los desplazamientos observados.**

**3. Se quería mantener la resistencia.** Finalmente no se aceptó la envolvente, quedando un espectro un poco más elevado, que trataría de predecir de mejor manera los desplazamientos de un edificio.

“En el decreto provisorio de febrero se efectuó una modificación del espectro. Esas modificaciones se hicieron con un precario registro y nos consta que fueron simplemente espectros modificados a mano, para castigar a los edificios de períodos de 1 segundo hacia arriba, manteniendo los niveles de esfuerzo de corte y aumentando sus momentos volcantes basales, dado que hubo muchas fallas que descubrimos que fueron por flexo-compresión”, comenta Santolaya.

Una vez en terreno y “cuando lo empezamos a aplicar, nos encontramos con que el nuevo espectro castigaba, por ejemplo, edificios de oficinas de altura media, los que no sufrieron ninguna fisura para el terremoto, pero que por tener períodos del orden de 1,5 a 2,5 segundos, eran estructuras blandas. Con este nuevo decreto obteníamos unas estructuras monstruosas y espesores gigantescos. Cla-



ramente descalibrado de lo que era la realidad”, prosigue Gonzalo Santolaya. En la práctica, para edificios bajo 1 segundo (cualquier edificio de vivienda bajo 18 a 20 pisos), prácticamente se mantiene, pero en períodos de 1,5 segundos y más (edificios de vivienda de 30 pisos y cualquier edificio de oficinas) hay un aumento considerable (entre 50 y 80%) de los esfuerzos de volcamiento, lo que se traducía en el aumento de espesores y en fierros de punta de muros.

Además, “en ese aspecto del decreto provisorio, los requerimientos de deformaciones para los edificios eran ridículamente altos, lo cual hacía imposible materializar, por ejemplo, una junta de dilatación, porque salían distancias de 90 cm a 1 metro”, recuerda Gonzalo Santolaya.

El decreto 61 modificó y mejoró esto, primero manteniendo el espectro de la norma 433, la original de antes del 2010, haciéndole sólo unos retoques, para el cálculo de las deformaciones. “Básicamente estamos manteniendo el espectro de la norma original, con retoques menores en el cálculo de las deformaciones, lo que me parece bien porque no podemos negar esos espectros, bajo los cuales habían 25 mil edificios calculados y las fallas no pasaban del orden del 0,2 al 0,3%”, comenta Santolaya.

## DISEÑO DE HORMIGÓN ARMADO

En el decreto 118, dos fueron las principales modificaciones relativas al diseño y cálculo para el Hormigón Armado: el confinamiento

de los extremos de los muros y la amplificación del corte por 1.4. Cabe precisar que, según constaba en el antiguo decreto y también en el actual, “el diseño de edificios de hormigón armado se debe realizar de acuerdo a lo establecido en el ACI 318S-08 y complementar con las siguientes disposiciones”:

## CARGA AXIAL, DEFORMACIONES Y CONFINAMIENTO

El terremoto dejó en evidencia problemas en ciertas tipologías de edificios: A) La necesidad de confinar las cabezas de los muros y de reducir las cargas axiales. B) El pandeo de las barras longitudinales de borde de muros, fenómeno producido en los primeros pisos donde las solicitaciones son mayores. C) La fragilidad de los muros de bajo espesor. D) Las irregularidades arquitectónicas que en algu-

## PRIMEROS ALCANCES

TRAS LA APLICACIÓN de los nuevos decretos se ha hecho un balance. “Se rebajaron las exigencias con el tema del corte, y diría que en las zonas focalizadas, en las más críticas, las exigencias incluso son mayores. Por ejemplo, en Santiago, aplicando los decretos post terremoto, daba como aumento del orden de un 15% de fierro, ahora bajó a la mitad (antes se calculaba 4 kilos de fierro por m<sup>2</sup>, ahora 2 kilos de fierro por m<sup>2</sup>), pero sobre lo que se hacía antes del terremoto”, comenta Carlos Sepúlveda. Las prospecciones de suelo han traído sorpresas. En Ñuñoa por ejemplo, “nos hemos encontrado con estratos de gravas, y bajo ella estratos de arcilla, o estratos de arena. Ahora estos suelos serán clasificados como tipo C, por eso no nos explicábamos por qué tanto daño en edificios en Ñuñoa, habiéndose clasificado como suelo 2 (hoy B). Y eso, con las nuevas prospecciones se ha ido descubriendo. Santiago ya no es todo gravas como pensábamos, en los bordes han aparecido gravas sobre arenas, gravas sobre arcillas y también suelos raros”, sostiene Sepúlveda.

nos casos produjeron problemas importantes.

Ante los daños observados, se generó una disposición cuyo objetivo era reducir las cargas axiales en muros (capítulo 3.1 del decreto 118). La disposición funcionaba muy bien en muros de sección rectangular, sin embargo, la aplicación de la misma disposición en otras formas seccionales, como por ejemplo muros T, era muy difícil de satisfacer y, en algunos casos, imposible de cumplir. La mayoría de los edificios dañados eran regulares y con muros continuos hasta la fundación, y este tipo de daños es principalmente por compresión en los bordes, porque las barras se traccionan y, al comprimirse, nuevamente se pandean y se desprende el hormigón, lo que se llama “pandeo en tensión”. “Tuvimos fallas frágiles por exceso de compresión, producto de las cargas verticales y de los giros, y no estábamos detallando de forma apropiada el confinamiento de las cabezas de muros, además de reconocer que muros delgados, de menos de 20 cm de espesor, en la práctica no se pueden confinar para alcanzar deformaciones unitarias superiores al 0,4%”, apunta Carl Lüders, director de SIRVE S.A.

A este respecto, “los muros tienen que rotar en su base. Los sismos de gran magnitud imponen una cierta rotación (inclinación) en la base de los muros, y puede darse el caso de que el diseño (armadura) de éstos sea tal que tenga la incapacidad de soportar la rotación impuesta por el sismo. Para ser capaz de rotar, de acuerdo a la gran intensidad, es necesario confinar los extremos”, sostiene Yáñez.

Producto de la aplicación de las disposiciones del ACI 318, en el D.S. 118 se modificaron los requisitos de confinamiento. Esta norma exige que para tomar la decisión de dónde confinar, el desplazamiento superior se debe

considerar por lo menos 7/1000 de la altura. El cambio radicó en no usar ese valor para cualquier muro, sino que utilizar el valor que entrega el decreto 117, que en muchos casos de edificios es menor que el 7/1000 y, por lo tanto, se incluyen menos requisitos de confinamiento en el decreto que lo que indica el ACI 318. Esto fue un relajamiento de la exigencia del ACI 318, pero que se correlacionaba bien con lo observado en el sismo.

El cambio fundamental en el decreto 60, es que se focalizó hacia los muros que realmente tuvieron problemas, que fueron los de los primeros pisos. El decreto 118 establecía una condición geométrica en donde había que ejecutar unos equilibrios, independiente de la sollicitación del edificio, por lo que se aplicaba para edificios bajos y altos de la misma manera. "Lo que se hizo en el nuevo decreto fue hacer un análisis, involucrando la deformación esperada del edificio en el terremoto, y estableciendo que se limita el nivel de daño de los edificios. Así, en vez del 3 y 4 por mil (referido a exigir un alargamiento del acero superior al



4 por mil cuando el hormigón alcance el 3 por mil de acortamiento en compresión), se estableció que de acuerdo a las deformaciones esperadas, se admitía una deformación máxima del hormigón, de un 8 por mil, garantizando un daño menor (un descascaramiento, en el caso de un terremoto grande)", señala Carlos Sepúlveda, gerente técnico de Santolaya Ingenieros Consultores.

Respecto a los confinamientos, estos se calculan igual que en el decreto 118, se estableció que "se limita la aplicación de las exigencias de confinamiento de armadura de borde a los muros esbeltos (controlados por flexión),



**1. Proyecto con los nuevos criterios del decreto (confinamiento de puntas de muro). 2. Muro de proyectos antiguos de similares características pero donde no se aplicaban criterios tan exigentes.**

GENTILEZA RENE LAGOS Y ASOCIADOS

**Idiem**  
UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO



Asesorías integrales durante todo el ciclo de vida de un proyecto

Líderes en

- INGENIERÍA
- INSPECCIÓN
- CERTIFICACIÓN
- ENSAYOS



GEOTECNIA



HORMIGONES



ESTRUCTURAS Y MATERIALES



CONSTRUCCIÓN

a diferencia de los decretos de emergencia iniciales en donde estas exigencias se hacían extensivas a todos los muros. Cabe observar que a cambio de esto, en los nuevos decretos se exige un espesor mínimo de 30 cm en muros que requieren confinamiento, lo que no era exigido en los decretos de emergencia. La exigencia de espesor mínimo de 30 cm en cabezas de muro busca asegurar que el confinamiento sea efectivo en aquellos casos que se requiere”, complementa Marianne Küpfer, ingeniero civil de René Lagos y Asociados.

“En la actualidad, hemos visto espesores mayores a los que se habían observado antes del terremoto, pero valores razonables, se pueden ocupar 15 y 20 cm pero no en una zona crítica y verificando que no sea necesario un confinamiento por compresión. La norma anterior no discriminaba, entonces con el decreto 60 se precisó el concepto llamado la “de la sección crítica”, la que generalmente en edificios regulares se encuentra en los muros del primer piso”, comenta Sepúlveda.

La normativa vigente hasta el año 2008, con la que fueron diseñados la mayoría de los edificios que resultaron dañados por el terremoto, no exigía confinar los muros de hormigón armado. La norma 430 vigente desde el año 2008 exigía confinar los muros de acuerdo a las exigencias del código ACI 318-95 en cantidades que a parte de la comunidad ingenieril le parecía exagerado”, sostiene Lüders. En suma, el decreto especifica un método de diseño más racional del confinamiento de muros.

En la práctica, significa que si se tiene un edificio relativamente rígido, se debe suministrar un confinamiento menor, en cambio, si el edificio es muy flexible y con mucha deformación, el decreto obliga a colocar más confinamiento. “Esta medida es un avance, ya que la NCh430 del año 2008, exigía un confinamiento apropiado para edificios flexibles, aunque fuesen rígidos, sin discriminar entre uno y otro”, expresa Sepúlveda.

#### ESFUERZO DE CORTE

La esencia del diseño sísmico es evitar fallas frágiles y asegurar que la estructura sea capaz de desplazarse. Para ello, se propuso hacer un diseño por capacidad al corte. “Se incluyó en el D.S. 118, el factor de amplificación dinámica para aumentar el esfuerzo de corte en un 40%, dejándolo en 1.4”, comenta Carlos Sepúlveda. Según los especia-

listas, éste era el cambio que causaría más impacto en la cantidad de enfierradura resultante en los edificios, el aumento del esfuerzo de corte sísmico en un 40% (capítulo 2.1 del decreto 118). Mientras la norma 430 define el Diseño de las Estructuras de Hormigón Armado, la 433 define las fuerzas sísmicas con las que se diseñan las estructuras de hormigón armado y otro tipo de estructuras. Así entonces, mientras que por una parte el decreto 117 modificó la norma que definía la sollicitación sísmica, aumentándola; a su vez, cuando se diseñan los muros por esfuerzo de corte, el decreto 118, tomaba la sollicitación que definía el decreto 117, y la multiplicaba más encima por 1.4.

Por lo tanto, estábamos frente a dos aumentos, que se potenciaban y amplificaban, lo que en la práctica significaba muros de mayor espesor. La consecuencia práctica de la aplicación de ambos decretos es que los muros de hormigón armado debían diseñarse para un esfuerzo de corte del orden de 1,5 a 2 veces mayor.

Con el decreto 60, este coeficiente se corrigió. “El cambio más destacado fue eliminar la amplificación por 1.4 de la sollicitación del corte, por no tener aún suficiente fundamento. Cambiar la forma de limitar la carga axial en los muros, en lugar de hacerlo mediante un procedimiento complejo se optó por limitar la carga axial a 35% de la resistencia axial máxima, sostiene Yáñez. “Se eliminó el requerimiento de amplificación. Esto había sido adoptado en los decretos de emergencia como una forma de abordar de manera simplificada el concepto de diseño por capacidad de los muros, el cual apuntaba a no desproteger el diseño al corte producto del aumento de las exigencias en el diseño a flexión. Si bien en el comité de trabajo del D.S. 60 hubo consenso en que es importante tener presente el concepto de diseño por capacidad, se estimó que los antecedentes disponibles a la fecha no eran suficientes para definir adecuadamente un criterio normativo al respecto”, cuenta Küpfer. Finalmente se volvió a fojas cero y en definitiva a aplicar lo que exige la norma ACI.

Respecto a la problemática del esfuerzo de corte, hay una conciencia de que se llegó “al límite del conocimiento. Hay estudios incipientes para casos extremos, pero que nuestra norma no los permite. Nos hemos dado cuenta de que mientras más los edificios están

dentro de la zona de deformación, y mientras más rígidos, más predecible será su comportamiento, aplicando estas normas. Cuando se empiezan a escapar las deformaciones, aparecen las luces rojas en la normativa, lo que nos indica que son territorios desconocidos”, prosigue Sepúlveda.

#### A FUTURO

Las singularidades de algunos tipos de arquitectura son un tema pendiente para tener una norma más completa. “Estamos conscientes de que hay diseños más riesgosos que otros, pero están las herramientas para que éstos se hagan en forma segura. Obviamente algún diseño extravagante será castigado con espesores más grandes, con enfierraduras mayores, pero hoy en día los diseños son más seguros”, sostiene Sepúlveda. Los D.S. 60 y 61 serán la base para continuar con el proceso normativo regular (vía INN), y llegar a la definitiva actualización de las normas técnicas NCh430 y NCh433. Son las nuevas exigencias. ■

#### ARTÍCULOS RELACIONADOS

- “Aplicación decretos NCh433 y NCh430. Los primeros alcances”. Revista BiT N° 78, Mayo-Junio 2011, pág. 96.
- “Normas de diseño sísmico de edificios. Nuevos requisitos”. Revista BiT N° 77, Marzo-Abril 2011, pág. 18.
- “Norma de diseño sísmico de edificios. Nuevas medidas”. Revista BiT N° 76, Enero-Febrero 2011, pág. 44.

#### EN SÍNTESIS

→ La promulgación de los D.S. 60 y 61, confirmó la actualización de la ingeniería según el avance del conocimiento en sismología e ingeniería antisísmica.

→ **Se cambió la denominación para todos los tipos de suelo, considerando niveles que van desde el mejor comportamiento (A) al peor (E). Hoy día, lo que se hizo fue agregar un suelo entre el 2 y el 3 llamado C, el 2 se llama B, y el 3 se llama D.**

→ El cambio fundamental en el decreto 60, fue que se focalizó hacia los muros que realmente tuvieron problemas, los de los primeros pisos. En los nuevos decretos se exige un espesor mínimo de 30 cm en muros que requieren confinamiento y se eliminó la amplificación por 1.4. del corte.



Véalo en la web  
[www.nibsa.com](http://www.nibsa.com)



CALIDAD Y RESPALDO

ISO 9001

## OSMOWATER... *Agua pura y sana en su casa*

- Entrega Agua Pura y Sana, sin cloro, pesticidas, bacterias, metales, y otras sales dañinas para la salud.
- Se instala fácilmente bajo el lavaplatos.
- Elimina la compra de agua envasada, su costo, almacenamiento y desechos, favoreciendo el medio ambiente.

*¡Probar el Agua Pura OSMOWATER,  
es un gran placer!*



**ECO<sub>2</sub>O**  
NIBSA  
FARMACÉUTICO

Presec<sup>®</sup>, el Adhesivo Cerámico que está pegando.



EL CORAZÓN DE CHILE

**Presec.**

Para mayor información técnica de nuestros productos, contactarse al: Fono: 490 9000 · Email: [presec@melon.cl](mailto:presec@melon.cl)

**melón**

**PERFOX Chile****Eficaz sistema de impermeabilización CARFOAM**

Con el respaldo de su socio comercial, Carsa, la compañía ofrece un sistema de impermeabilización que, entre sus ventajas, cuenta con la capacidad de adaptarse a cualquier obra, independientemente del sistema de excavación y revestimiento.

**E**n cualquier faena subterránea las filtraciones de agua crean grandes problemas porque dañan costosos equipos de control, servicios y explotación. Frecuentemente, las estructuras de hormigón armado requieren de un tratamiento especial para evitar su descalcificación y posterior expansión por oxidación de armaduras.

A pesar de las mejoras en los sistemas convencionales de impermeabilización, que técnicamente resuelven gran parte de estos inconvenientes, sus costos siguen siendo elevados.

Frente a este escenario, PERFOX Chile, empresa que ofrece servicios integrales para el tratamiento del hormigón como el corte con elementos diamantados, perforación, demoliciones técnicas, así como ejecución de galerías mediante robots teledirigidos, entre otros, presenta el sistema patentado CARFOAM: un método de colocación y fijación mediante anclajes y soldadura térmica de la lámina impermeabilizante. Además, permite la ejecución de drenajes primarios y rápidas reparaciones de impermeabilización en el caso de que se produzcan desperfectos accidentales.

**LAS VENTAJAS**

La versatilidad y ligereza de CARFOAM, junto a la eficacia de los equipos de instaladores de PERFOX, permiten una adaptación a cualquier obra independiente del sistema y revestimiento. Además, pueden realizar la impermeabilización en cualquier fase de ejecución de la obra, incluso después de terminada, así como también avanzar en condiciones difíciles o en ciclos de trabajo muy cortos.

CARFOAM ofrece gran rapidez de ejecución, bajo costo y permite realizar drenajes primarios sencillos y rápidos, además de solucionar la impermeabilización de elementos auxiliares especiales sin afectar a la estanqueidad de la instalación como anclajes de luminarias y ventiladores y catenarias, entre otros.

El esquema de colocación de la lámina, los tipos de anclajes y la maquinaria empleada para obtener soldaduras perfectas por ter-



mofusión, han sido cuidadosamente diseñados y adaptados para lograr alto aislamiento térmico e impermeabilización eficaz y definitiva.

**LAS CUALIDADES DE LA LÁMINA**

La lámina utilizada en el sistema es diseñada con el objetivo de ser una barrera aislante frente a filtraciones de agua en túneles. Se compone de polietileno reticulado espumado laminado, protegido por una rafia poliolefínica ignífuga, pudiendo presentar capas adicionales de film de aluminio a una cara y film de refuerzo acanalado por la otra según modelos.

La combinación de su estructura celular cerrada y la naturaleza hidrofóbica del polietileno químicamente reticulado, hace que la absorción de agua sea prácticamente nula. Por consiguiente, evita cualquier tipo de filtración, permitiendo una canalización adecuada que no deteriora las instalaciones.

A diferencia de la lámina de PVC tradicional, la utilizada en el sistema CARFOAM es ignífuga, es decir, no propaga las llamas en un incendio y evita que desprenda gases, humos tóxicos o genere gotas de material derretido al quemarse. Esta cualidad es avalada



MÁLAGA 888, Of. 33 LAS CONDES  
FONO (56.2) 2062101 - CELULAR (56.9) 6 6262917  
info@perfox.cl



por diversos estudios, recibiendo la máxima calificación posible para este tipo de materiales: clase M1 según la norma UNE 23727-81. Es importante mencionar, eso sí, que la lámina no sirve para proteger elementos estructurales frente al fuego porque no aporta minutos al valor RF (resistencia al fuego) de la estructura.

Otra ventaja de la lámina CARFOAM, frente a la de PVC, es que tiene altas prestaciones como aislante térmico (0,034kcal/hm°C). Esta característica hace que se mantenga el calor natural de la tierra y de las paredes rocosas del túnel, evitando en los casos de temperatura y humedad más desfavorables, la formación de agua de condensación y la congelación de la misma. Además esta lámina resiste ataques químicos (ácidos, sulfatos), siendo resistente a todo tipo de aguas presentes en túneles y no tiene límite de envejecimiento, siempre y cuando evite la exposición a la luz solar. También es lavable con equipos de agua a baja presión, conserva íntegramente sus propiedades entre -60°C y 80°C y resiste micro organismos o bacterias, roedores y pájaros.

La lámina es transparente a los geo-radares. Es decir, se puede realizar un escáner del túnel con el producto instalado para detectar patologías sin que afecte o desvirtúe la señal de los aparatos de medida.

Dentro de las formas de colocación de la lámina se cuenta la aplicación más utilizada del sistema CARFOAM, "a cara vista", quedando como revestimiento final de la obra. Otro sistema de instalación es en "sándwich", que se realiza en obras cuya fase final tenga previsto revestimiento de hormigón encofrado y que garantice una estanqueidad total por tiempo limitado y mayor rapidez de ejecución frente a otros procedimientos.

Una tercera posibilidad de instalación es el denominado "falso túnel" puede realizarse por el exterior y no necesita ningún geotextil de protección, dado que su especial fabricación multicapas le confiere grandes resistencias mecánicas que permiten el terraplenado directamente.

### EXPERIENCIA EXITOSA

La eficacia de todo el sistema CARFOAM, presentado por PERFOX, ha quedado demostrada a nivel internacional. En España, por ejemplo, en el túnel del Cadí de 12,5 kilómetros de longitud, situado en el Pre-Pirineo catalán se instalaron 45 mil m<sup>2</sup> de lámina a cara vista hace 18 años.

Era tanta la cantidad de agua que surgía de los muros, que se decidió canalizarla y aprovecharla para crear una mini subestación eléctrica que pudiera abastecer de esa energía a ciertos puntos del túnel.

El año pasado se desmontaron esos 45 mil m<sup>2</sup> para sustituirlos por una nueva lámina, aunque fue más por un motivo de estética que por daños. Al hacerlo, se pudo comprobar que la lámina no había perdido sus propiedades.