

ALBAÑILERÍA SOLUCIONES SÓLIDAS

■ La conclusión de los especialistas apunta a que viviendas y edificios construidos completamente bajo las normas de albañilería confinada y armada, se comportaron bien ante los desplazamientos generados por el sismo. Las escasas singularidades que se presentaron corresponden a errores de construcción o incorrecto diseño por inadecuada interpretación de las normas. ■ Hay técnicas de recuperación. Destaca la fibra de carbono, que en Chile se ha aplicado sólo a nivel experimental. Siga leyendo, en otros artículos también conocerá el comportamiento de cielos falsos y ascensores.

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT

LAS CONSTRUCCIONES de albañilería pasaron la prueba. Los expertos consultados por Revista BIT coinciden en que la albañilería no sufrió grandes daños, salvo casos aislados. La revisión del porqué en algunas estructuras se cometió errores de interpretación, al mismo tiempo que un incremento de la fiscalización desde el diseño hasta la correcta ejecución de las estructuras, será el gran objetivo del sistema, para obtener construcciones aún más sólidas.

La albañilería se construye en Chile bajo dos tipologías: albañilería armada y albañilería confinada. La albañilería armada es aquella en que se utiliza acero como refuerzo en los muros. Estos refuerzos consisten en tensores (como refuerzos verticales) y escalerillas (como refuerzos horizontales), que van anclados en los cimientos o cadenas de la construcción, respectivamente. Se rige por la norma NCh1928 of.93, de Albañilería Armada "Requisito para el Diseño y Cálculo", puesta

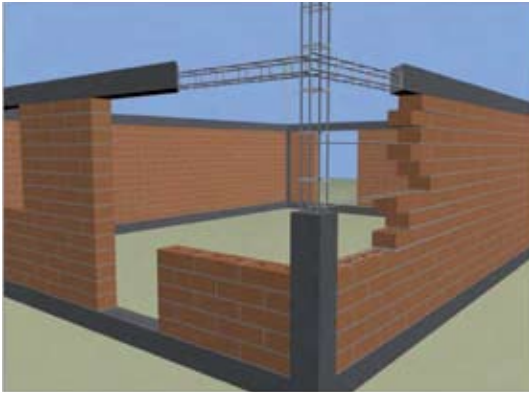
en vigencia en enero de 1986 con revisión en 1993, a consecuencia de cambios en la NCh433 of.93 y modificada por actualización en 2003, a raíz de cambios en las normas NCh167 y 169. La albañilería confinada en tanto, está formada por un conjunto de elementos de refuerzo horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante. Un muro confinado es el que está enmarcado por elementos de refuerzo en sus cuatro lados, elementos compuestos por pilares y cadenas de hormigón armado, cuyos requisitos de diseño y cálculo se encuentran en la norma NCh2123 of.97 y modificada en 2003. "El comportamiento sísmico de ciertas estructuras arrojó que la albañilería confinada, en general, respondió bien, en tanto que la armada presentó problemas que deberán revisarse", destaca Hernán Santa María, profesor de ingeniería civil del Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica de la Pontificia Universidad Católica de Chile.



FIBRA DE CARBONO

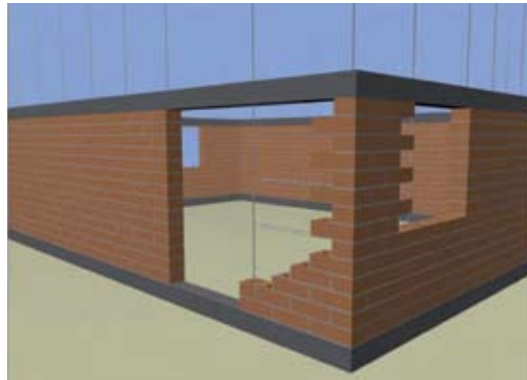
1. Refuerzo de muro de albañilería con tiras diagonales de fibras de carbono.
2. Refuerzo de muro de albañilería con tres tiras horizontales de fibras de carbono.

GENTILEZA DPTO. INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y GEOTÉCNICA PUC



ALBAÑILERÍA CONFINADA

Aquella en que el paño de albañilería es confinado mediante pilares y cadenas de hormigón armado. También recibe el nombre de albañilería reforzada, y son diseñadas según las recomendaciones de la NCh 2123.



ALBAÑILERÍA ARMADA

Pilares son reemplazados por refuerzos de acero en el interior del muro, pasados por las perforaciones de los ladrillos. Son diseñadas en base a NCh 1928.



Además de la revisión constante de ambos sistemas constructivos a nivel normativo, “laboratorios como IDIEM y DICTUC, año a año, realizan simulaciones de estructuras a escala natural, donde se somete los muros a cargas cíclicas que simulan un sismo de gran intensidad. Gracias a estas experiencias, el año pasado se terminó la redacción del nuevo Anexo E de la norma de diseño de albañilería armada 1928, en donde se establecen disposiciones especiales para el diseño de 1 y 2 pisos. “En los últimos 40 años se ha estudiado permanentemente el comportamiento de la albañilería armada respecto a los sismos característicos de nuestro país. Esta norma está hecha a la medida de nuestros sismos y esa garantía no la da ninguna norma extranjera o sistema constructivo”, señala Claudio Gómez, gerente general de Cerámica Santiago.

Los especialistas coinciden en que los escasos daños observados se concentraron en albañilería armada y confinada, en edificios de

tres o cuatro pisos, mientras que en viviendas los casos fueron aislados. Entremos a las técnicas de refuerzo y reparación en albañilería.

TÉCNICAS DE REFUERZOS

Los muros de albañilería armada requieren ser reforzados para mejorar su comportamiento frente a distintos tipos de cargas. Algunas de las técnicas de recuperación brindan esta capacidad adicional requerida en cualquier sección del elemento. “Una de las fallas recurrentes observadas tras el sismo, fueron las grietas diagonales o de corte. Los muros de albañilería son largos en planta y bajos en elevación, razón por la cual las fuerzas de corte son más importantes que las de flexión. Durante un

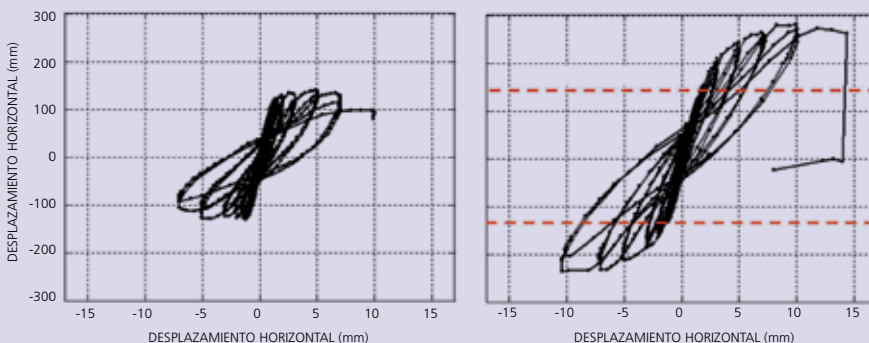
sismo, los esfuerzos de corte son principalmente los que producen la falla observándose primero fisuras y luego grietas en diagonal”, comenta Alfonso Larraín, presidente de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales de Chile (AICE). Por lo general, “su reparación consiste en picar la grieta y agregar un fierro de construcción en el interior, luego se colocan fierros transversales y todo este relleno con mortero de reparación expansivo (ver técnica de grapado descrita más adelante), de manera de devolverle la integridad al muro”, indica Larraín. Asimismo, “se han visto fallas en cabezas comprimidas de muros, cuya reparación involucra vaciarlas y repararlas con hormigón o mortero de alta resistencia, dejando la estructura más firme de lo que era originalmente”, prosigue Larraín.

Pero hay más. Ya que también “se detectaron problemas de suelos como fallas de asentamientos diferenciales, errores estructurales o descuido en ciertos detalles constructivos, que son deficiencias externas a lo que es el sistema constructivo, por tanto no atribuibles a la albañilería”, detalla Muriel Hernández, jefa del Departamento Técnico y Desarrollo de Industrias Princesa. Hay técnicas para reforzar las estructuras de albañilería.

FIBRA DE CARBONO

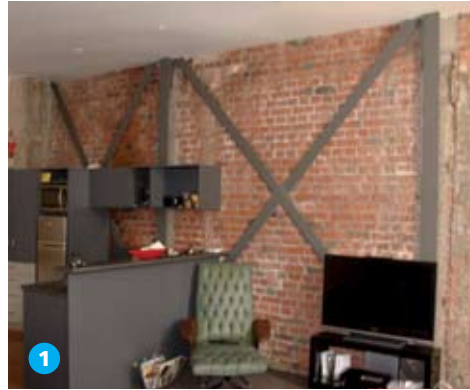
En Chile, las fibras de carbono en albañilería se han aplicado sólo a nivel experimental. Así, las estructuras de albañilería armada, requie-

Comparación entre la respuesta de un muro sin refuerzo al corte (izquierda) y uno reforzado con diagonales de fibra de carbono (CFRP) y sometidos a corte cíclico. Aumenta la resistencia y la deformación máxima



NUEVA ZELANDA: RETROFIT EN MUROS DE ALBAÑILERÍA.

1. Se muestra la colocación de perfiles de acero.
- 2-3. Inserciones de acero.



GENTILEZA JASON INGHAM

ren ser reforzadas para mejorar su comportamiento sísmico, tanto longitudinal como transversalmente. El uso de estas fibras, permite aumentar la capacidad de resistencia al corte y mantener la integridad del muro, previniendo que partes desmembradas se quiebren, convirtiéndose en un seguro (más información en recuadro Seguros) contra daños.

El Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica de la Pontificia Universidad Católica de Chile desarrolló el Proyecto de "Reforzamiento de albañilerías al corte en su plano con fibras de carbono (FRP)". En él "estudiamos experimentalmente muros de albañilería reforzados con fibra de carbono. El estudio contemplaba reforzar muros con tejidos de fibra, y también reforzar con FRP muros previamente dañados, ensayos que arrojaron interesantes resultados", cuenta Santa María.

En pruebas de laboratorio se construyeron muros sin armar y muros con refuerzos, de manera de observar el comportamiento y la efectividad en cada caso, asimismo, los tejidos de fibra de carbono se aplicaron de forma diagonal y horizontal (en las imágenes). Como lo explica Santa María, "el FRP externo aumenta la resistencia al corte de muros de albañilería y su capacidad de deformación



antes de la falla. Mientras que el número de franjas de FRP controla la capacidad de deformación post-resistencia máxima y el modo de falla". Los resultados fueron claros: "El muro sin refuerzo se agrietó y rompió. El mismo muro con fibras dispuestas diagonalmente, aumentó considerablemente su resistencia de agrietamiento y la resistencia máxima (ver gráfico), además de su capacidad de deformación máxima, que se duplicó entre un piso y otro", expresa Santa María.

Para aquellos casos de edificios patrimoniales construidos en albañilería, desarrollar un retrofit en base a tejidos de fibra de carbono resulta una variante interesante de considerar como refuerzo estructural. Hay casos internacionales que avalan la técnica. En Colombia se han rehabilitado una cantidad importante de edificios patrimoniales, uno de los casos más emblemáticos fue el retrofit de la Iglesia de Nobsa, en el estado de Boyacá, en enero de 2004, monumento de estilo barroco cuya construcción se inició en 1898. Para su rehabilitación, se desarrolló un proyecto de recuperación de los muros de la estructura en base a tejidos de fibra de carbono. Otro caso es el del Teatro Egipcio en Hollywood, construido en 1922 y restaurado en los '50, que luego del terremoto de 1994 "quedó prácticamente clausurado y solo se logró rehabilitar mediante el uso de FRP (con el producto Tyfo Systems), donde se restauraron los muros de albañilería originales respetando así su arquitectura legendaria", comenta Pablo Fuertes, jefe de operaciones de Tecnoav S.A.

MÁS REFUERZOS

Siguiendo con los ejemplos internacionales en técnicas de refuerzos, es interesante des-



GENTILEZA SIKA

Retrofit a la Iglesia de Nobsa, en Colombia. Se hizo un reforzamiento de los muros con tejido de fibra de carbono SikaWrap 300C.

taçar el caso de Nueva Zelanda, país que acumula experiencia en la actualización sísmica de estructuras antiguas o que se encuentran fuera de las normas vigentes. La colocación de montantes o inserciones de acero trenzado en muros de albañilería han sido aplicados en edificios antiguos o con ciertas debilidades en su estructura. Asimismo, en edificaciones construidas entre 1940 y 1950, se aplicaron anclajes en forma de diafragma para mejorar su capacidad monolítica.

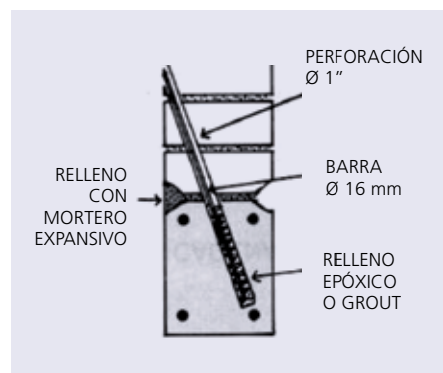
TÉCNICAS DE REPARACIÓN

Existen variadas técnicas de reparación para albañilería dependiendo del tipo de daño. En el documento "Técnicas de Reparación y Refuerzo de Estructuras de Hormigón Armado y Albañilerías", bajo la autoría del constructor civil y consultor Jorge Montegu, y editado por el Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (ICH), cuya edición revisada se lanzaba, al cierre de esta edición, en un seminario en Talca, se publican técnicas, en conjunto con sus procedimientos. Mostramos cinco:

1. PARA ANCLAJES DE ALBAÑILERÍA

■ ANCLAJES

Mejoramiento del anclaje de albañilerías al hormigón armado. Albañilerías "seltas", agrietadas o mal adheridas en la unión con el hormigón armado.

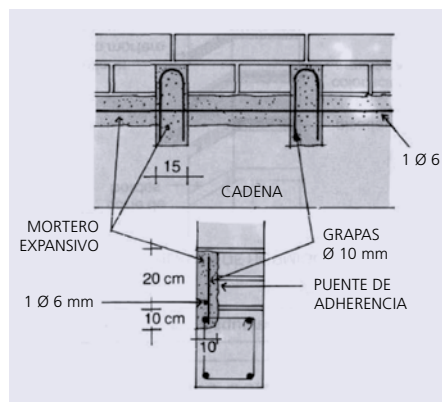


- Practicar perforaciones inclinadas abarcando la albañilería y cadena o pilar de hormigón armado (diámetro de la perforación: 1").
- Rellenar con sistema epoxi para anclajes o grout de cemento con aditivo expansor.
- Insertar barra \varnothing 16 mm, o según indicación calculista.
- Repetir según distancias especificadas por proyectistas.
- Picar grieta en forma de V con profundidad

de 5 cm por cada lado y rellenar con mortero expansivo. Curado húmedo por 7 días.

■ GRAPADO

Similar a la reparación anterior.

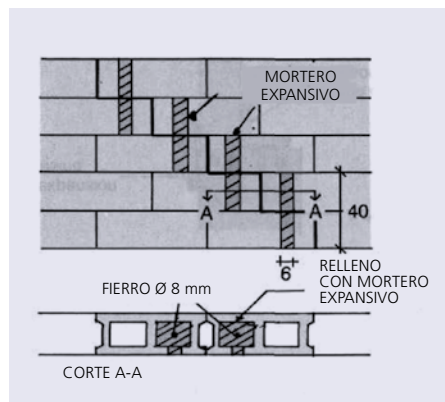


- Picar unión de la albañilería con el hormigón (aprox. 10 x 10 cm).
- Picar espacio para la ubicación de grapas (30 x 15 x 10 cm).
- Colocar barra \varnothing 6 mm a lo largo de grietas y grapas \varnothing 10 mm y L = 50 cm en cada llave.
- Aplicar puente de adherencia epóxico.
- Rellenar con mortero expansivo.
- Curado húmedo por 7 días.

2. PARA ALBAÑILERÍAS DE BLOQUES

■ REPARACIÓN DE GRIETAS EN CANTERÍAS Y REFUERZO PARCIAL

Para reparar muros de bloques de mortero y refuerzo interno parcial.



- Picar cantería agrietada y rellenar con mortero expansivo.
- Cortar con disco canales ubicando los huecos de los bloques. Los canales deben ser de 6 cm de ancho y una altura de 20 cm a cada lado de la grieta (mínimo).

EMIN SISTEMAS GEOTECNICOS S.A. **SISTEMAS HIDROLOGICOS**

- ZANJAS DE INFILTRACION
- POZOS ABSORBENTES
- ESTANQUES DE ACUMULACION
- 90% DE POROSIDAD
- 38 ton/m² DE RESISTENCIA
- 300 m² POR CAMION
- DRENAJE SOBRE LOSAS DE HORMIGON
- REDUCCION DE PATIOS DURIOS
- PAVIMENTOS VERDES

www.sistemasgeotecnicos.cl Fono (56-2) 299 8001

GEOPIER

CIMENTACION INTERMEDIA*

PILAS DE GRAVA COMPACTADA

- ELEMENTOS RIGIDOS DE ALTA RESISTENCIA
- CONTROL DE ASENTAMIENTOS
- CAPACIDAD DE CARGA SUPERIOR
- AHORRO EN COSTOS DE CIMENTACION

EMIN SISTEMAS GEOTECNICOS S.A.

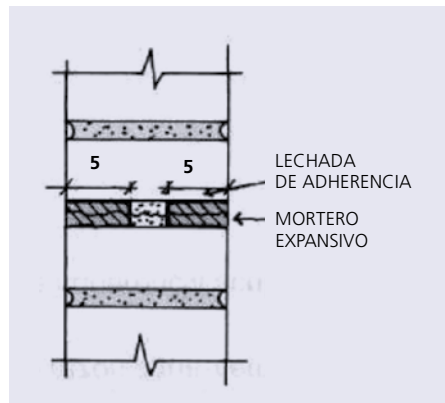
www.sistemasgeotecnicos.cl - geoemin@emin.cl
Fono (56-2) 299 8001 - Fax (56-2) 206 6468

- Colocar fierro \varnothing 8 mm centrado en hueco mediante polines \varnothing 6 mm.
- Rellenar con mortero expansivo.

3. PARA OTRAS REPARACIONES EN ALBAÑILERÍA

■ REPARACIÓN DE GRIETAS

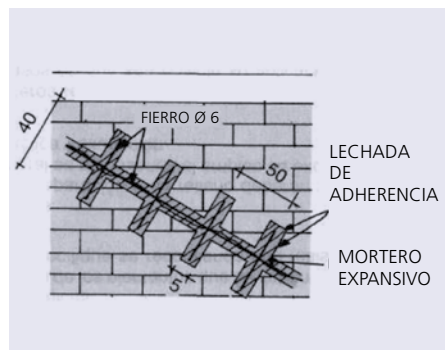
Se debe reconstituir el monolitismo de la estructura.



- Picado a lo largo de la grieta y/o cantería, sólo por un lado.
- Aplicación de lechada de adherencia en base a emulsión acrílica.
- Relleno con mortero expansivo.
- Curado húmedo cuidadoso.
- Repetir la operación por el lado opuesto.

■ REPARACIÓN POR GRAPADO

Para reconstituir el monolitismo y refuerzo parcial.



- Picado en V a un lado, a lo largo de la grieta (dimensiones app de 5x5 cm ó 7x7cm).
- Picar transversalmente a la grieta ranuras de 40 x 5 cm, cada 50 centímetros.
- Colocar armadura longitudinal y transversal, según indicación del proyectista.
- Aplicar lechada de adherencia.
- Rellenar con mortero 1:3 con expansor o mortero predosificado.

SEGUROS CONTRA DAÑOS

EL TEMA QUE POR ESTOS DÍAS se discute entre ingenieros y usuarios de construcciones afectadas por el terremoto, es el relativo a los seguros. "En el mercado de seguros habrá cambios. Si una estructura falló por ser muy esbelta, la compañía la va a reponer a su forma original, pero cuando ocurra un nuevo terremoto, volverá a presentar la misma falla", indica David Campusano, director de Albro Ingeniería y Construcción. Pero hay más. "Si una falla evidencia que en la estructura hay un problema mayor y que en un próximo sismo se volverá a producir, lo lógico sería que la debilidad fuese corregida. Más que una reparación, hablamos de un refuerzo, lo que suma un nuevo ingrediente. "Las compañías de seguros, ante el conocimiento que determinada estructura tendrá un mal comportamiento, o van a subir las primas o no van a asegurar esas obras, porque están sometidas a un riesgo cierto", detalla Campusano.

- Repetir por el otro lado, traslapando el grapo.

La albañilería demostró ser un sistema constructivo eficiente y seguro. Pero hay ciertas singularidades en la técnica armada que deberán ser corregidas y controladas. Hay que lograr construcciones sólidas.

CONCLUSIONES Y ENSEÑANZAS

Aunque aún preliminares, las lecciones en albañilería son interesantes.

EN NORMATIVA:

■ **Sistema normativo probado.** Para Claudio Gómez, la enseñanza es clara: "No se puede probar con cualquier solución constructiva. Para la realidad sísmica del país no es llegar y traer sistemas que tengan normas en el extranjero. El constante estudio de las normas en nuestro país, en donde se ha invertido por años en una gran cantidad de horas hombre de los profesionales más destacados y conocedores de este sistema, junto con los ensayos realizados en laboratorios, ha permitido llegar a una norma de diseño mucho más exigente que las normas extranjeras vigentes".

EN SISTEMA CONSTRUCTIVO:

■ **Albañilería armada.** Según los expertos, la albañilería pasó la prueba tras el terremoto. Hay casos puntuales en albañilería armada donde será necesario poner atención. Las fallas más recurrentes "que se observaron fueron grietas diagonales o de corte y cabezas comprimidas en muros", resume Alfonso Larrain. Pero también hubo casos externos al sistema constructivo, como "comportamientos del suelo de fundación y problemas en la construcción atribuibles a mano de obra inexperta y falta de supervisión", detalla Muriel Hernández.



Una de las fallas recurrentes observadas en este terremoto, en muros de albañilería, fueron las grietas de corte.

EN TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN:

■ **Fibra de carbono:** La fibra de carbono en albañilería sólo se ha aplicado en Chile a nivel experimental. Los expertos concuerdan en que "su utilización como refuerzo para albañilería debería ser aprovechada de manera de mejorar las propiedades de la estructura", indica Hernán Santa María.

■ **Retrofit:** Para edificios patrimoniales y aquellas construcciones fuera de norma, además de la fibra de carbono, existen técnicas extranjeras de actualización sísmica o retrofit, que son posibles de aplicar como refuerzos para estructuras de albañilería. ■

ARTÍCULOS RELACIONADOS

- "Innovación en morteros de pega y técnicas de aplicación. Revolución en albañilería". Revista BIT N° 39, Noviembre de 2004, pág. 14.
- "Manual de albañilería de ladrillos. Primeros adelantos, ladrillo por ladrillo". Revista BIT N° 29, Marzo de 2003, pág. 24.
- "Armadura de albañilería armada. Comportamiento de empalmes en estudio". Revista BIT N° 29, Marzo de 2003, pág. 34.

Aislapol® S.A.

Alto desempeño frente a la humedad, calidad inalterable en el tiempo

ASPECTOS RELEVANTES

ESTRUCTURA: Aislapol® es un plástico celular polimérico está configurado por una estructura de celdas cerradas que le permite contener aire quieto en su volumen. Aproximadamente el 98% de este aire ocluido al interior de estas celdas le confieren una extraordinaria capacidad de aislamiento.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA: El rango de la conductividad térmica del Aislapol® varía según la densidad entre 0.043 y 0.036 W/(m²K) para las densidades de fabricación entre 10 y 30 kg/m³, respectivamente. (NCh 853)

ABSORCIÓN DE HUMEDAD Y ESTABILIDAD DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA: Si un material absorbe humedad, su conductividad térmica se eleva y por tanto reduce su poder de aislación térmica; en este sentido Aislapol® es prácticamente impermeable y por tanto no la absorbe, manteniendo estable su conductividad térmica en el tiempo. Esta propiedad lo califica para ser utilizado en regiones (zonas centro y sur de Chile) y recintos con altos porcentajes de humedad.

DENSIDAD DEL MATERIAL: Está estrechamente relacionada a la conductividad térmica. Si el material se destina sólo para aislar térmicamente y la aplicación no exige resistencia mecánica, se escogerá la densidad "Standard" con el valor de la conductividad asociada a la misma para tales efectos. En caso contrario se optará por la densidad que se ajuste tanto al requerimiento de aislación térmica como mecánico u otro.

ESTABILIDAD DIMENSIONAL: En las aplicaciones de aislamiento térmico la inalterabilidad del espesor considerado y de su conductividad térmica juegan un

rol fundamental para que cumpla su funcionalidad práctica. Si el aislante térmico está sometido a una reducción de espesor por condiciones higrotérmicas u otras sollicitaciones que alteren sus dimensiones volumétricas y físicas a lo largo de su vida útil, la capacidad de aislación térmica se perderá. A mayor espesor, mayor será su poder de aislación. Aislapol® es una espuma rígida con un cuerpo volumétrico definido invariable, de excelente estabilidad dimensional y resistencia a la humedad.

TRABAJABILIDAD E INSTALACIÓN: Los materiales aislantes térmicos deben ser insumos fáciles para dimensionar, transportar, trabajar y colocar. Aislapol® es liviano y otorga una excelente respuesta y solución para el dimensionamiento y la trabajabilidad que se requiere en la construcción.

En la instalación, Aislapol®, no desprende agentes volátiles perjudiciales para la salud y el medio ambiente, por lo que no requiere equipamiento especial tanto para los instaladores como para el proceso de instalación propiamente tal.

COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO: Considerando que después de un siniestro que involucra fuego el grueso de los materiales cambia de estado transformándose en humos, gases, material particulado y otros, o quedan simplemente en estado de irrecuperabilidad e inutilización, es que, Aislapol® incorpora la propiedad de ser auto-extinguible no propagador de llama, situación complementaria

MARCA DESTACADA AISLAPOL Plumavit®

Plumavit® es marca Aislapol; reconocida tanto en el mercado nacional como internacional, al igual que las otras marcas y productos Aislapol, son sinónimo de calidad y desempeño.

FORMAS DE SUMINISTRO Y USOS DEL AISLAPOL

PRODUCTO	USO RECOMENDADO
Placas densidad 10 kg/m³	Entretechos, Mansardas, Tabiques perimetrales e interiores.
Placas densidad 15 kg/m³	Instalaciones a la vista como cielos falsos.
Placas densidad 20 kg/m³	Aislación sistemas de calefacción y refrigeración, cámaras frigoríficas (en cielos y muros), sistemas de aislación térmica con sollicitaciones de trabajo mecánico tipo EIFS y fachadas ventiladas.
Placas densidad 25 kg/m³	Aislación de pisos.
Placas densidad 30 kg/m³	Piso de cámaras frigoríficas.
Granulado y perlas	Hormigón liviano.
Medios caños	Revestimientos, ductos de calefacción y refrigeración, en tuberías de fierro y cobre y otras donde la temperatura sea inferior a 85° Celsius.
Placas Nopas	Losas radiantés.
Geofoam	Aplicaciones geotécnicas, soporte de carreteras y conformación de terraplenes livianos para la reducción de asentamientos y tensiones de empuje en los estribos de puentes, viaductos y obras afines.

tada por su estructura de 98% de aire contenido en el volumen, que lo califica como un material de carga combustible prácticamente despreciable.

CERTIFICACIONES: El material certificado acredita su calidad al ser adquirido. Esta validación normativa de densidad de fabricación y de conductividad térmica son fundamentales para el óptimo desempeño del producto; existen mínimos normativos posibles de exigir y comprobar, así como, el espesor final y la correcta instalación del material puesto en obra.

GARANTÍA DE CALIDAD: Fabricado de acuerdo a la Norma Chilena, NCh 1070 (Poliestireno Expandido – Requisitos y Rotulado de acuerdo a la Norma Chilena, NCh 2251)

Aislapol® S.A. Innovación tecnológica para la industria



Aislapol S.A., empresa del Grupo Basf, el mayor transformador de Poliéstireno Expandido del país, trabaja hace casi 40 años en avances tecnológicos y estándares de calidad en el manejo de la materia prima Styropor. Su inmejorable capacidad aislante, su bajo peso y su facilidad de moldeo, han convertido a este producto en sinónimo de aislación térmica, embalaje liviano, racional y seguro.

Con sus dos modernas plantas en Santiago y Puerto Montt y, una bodega comercial en Concepción, abastece los requerimientos de todo el mercado nacional satisfaciendo las necesidades en los rubros de construcción, embalaje, en los sectores, acuícola, agrícola, forestal y hortícola, refrigeración, industrial y consumo.

CONTACTO ivan.alarcon@basf.com, aislapol@basf.com Fono: (56 2) 6407070 www.aislapol.cl. Más de Aislapol® en revista BIT N° 72.

APLICACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN

- Aislamiento térmico de diversos elementos constructivos (envolvente, complejos de techumbre, muros y pisos)
- Aislación para losas radiantés
- Hormigones y rellenos livianos
- Aislación acústica de ruidos de impacto en estructuras de entepiso (pisos flotantes sobre Aislapol® elastificado).
- Absorción de vibraciones
- Paneles prefabricados diversos para su uso en viviendas y en la industria frigorífica u otro.
- Piezas y moldes para materializar formas y complementar obras de moldaje.
- Complemento de materiales para alivianar estructuras, como por ejemplo, bovedillas, encofrados perdidos y otros.
- En aplicaciones geotécnicas, soporte de carreteras y conformación de terraplenes livianos para la reducción de asentamientos y tensiones de empuje en los estribos de puentes, viaductos y obras afines.