

CUNCHAS DE MEXILLÓN PARA O DESENVOLVEMENTO DE MATERIAIS DE CONSTRUCCIÓN

Carolina Martínez García, Belén González Fonteboa e Diego Carro-López*

Proxecto Biovalvo, desenvolvido polo Grupo de Construcción da Universidade da Coruña (UDC) e coa participación de diversas empresas, incluíu entre os seus obxectivos a aplicación das cunchas de mexillón como biomaterial de construción para o seu uso en diferentes aplicacións, sexa como áridos para a fabricación de formigóns en masa ou para morteiros de revestimento, sexa como material de recheo solto para illamento térmico e acústico. Este artigo amosa un breve resumo da investigación levada a cabo, xa defendida como tese de doutoramento na UDC. Conclúese que é viable e de grande interese utilizar a cuncha de mexillón nestas aplicacións, podendo substituír entre o 12 e o 50% dos áridos convencionais en formigóns e morteiros e completamente no caso dun material illante.



Cunchas de mexillóns.

INTRODUCCIÓN

As condicións tróficas das rías galegas permitiron o florecemento da maior industria de produción e procesado de mexillón de Europa, con máis de tres mil balsas. A Coruña é a primeira provincia do país en produción e exportación de conservas de mexillón, representando un 65% do volume total. Esta industria cultiva aproximadamente 200.000 t ao ano de mexillón en toda Galicia. Desta produción, unha fracción importante destínase á industria conserveira, que aproveita a carne do animal pero descarta aproximadamente unhas 25.000 t anuais de residuo en forma de cunchas, que deben ser xestionadas como resto animal. Isto supón un problema ambiental importante, debido a que unha parte do refugallo vértese ao mar, contaminando os fondos das rías.

No contexto internacional, máis de 40 países produtores de mexillón xeran en total máis de 1 millón de toneladas de residuos. O problema que afrontan as rías de Galicia tamén é un problema global. Por tanto, é necesario investigar en busca dun uso sustentable para este material.

Nos últimos anos, o campo da construción volveuse cada vez máis consciente da necesidade de facer un cambio cara á sustentabilidade. Nesta liña, desde principios dos anos 90 leváronse a cabo esforzos para estudar o uso dos refugallos da cuncha de mexillón como material de construción, máis especificamente como un árido para a utilización en formigóns ou morteiros.

Neste artigo preténdese amosar un breve resumo da investigación levada a cabo na tese de doutoramento "Avaliación das cunchas de mexillón para o desenvolvemento de diferentes bio-materiais de construción", que foi desenvolvida no marco do Proxecto Biovalvo,

con título "Valoración das cunchas de bivalvos galegos no ámbito da construción". Neste proxecto participaron tres empresas privadas Extraco S.A., Galaicontrol S.L. e Serumano S.L. en colaboración con investigadores do Grupo de Construción da Universidade da Coruña como asesores científicos. O proxecto foi co-financiado nunha convocatoria competitiva de FEDER-Innterconecta, organizado por CDTI e parcialmente subvencionado con fondos FEDER da Unión Europea. A formulación xeral da tese doutoral foi abordar a aplicación das cunchas de mexillón como biomaterial de construción para o seu uso en diferentes aplicacións, como áridos para a fabricación de formigóns en masa, ou para morteiros de revestimento, así como o seu uso como material de recheo solto (sen ligante) para illamento térmico e acústico.

CARACTERIZACIÓN DAS CUNCHAS DE MEXILLÓN

As cunchas de mexillón utilizadas nesta tese (Figura 1) foron tratadas a 135 °C durante 30 minutos e logo trituradas e peneiradas. Tras este tratamento obtivéronse tres tamaños diferentes: unha grava miúda cunha dimensión máxima de 16 mm e dous tipos de areas, grosa, menor que 4 mm, e outra fina, menor que 1 mm.

O árido de cuncha de mexillón presenta unha forma angular e laxosa, e unha textura superficialmente lisa e suave. A súa composición química reflicte un contido dun 95% de carbonato cálcico, con presenza minoritaria de cloruros e sulfatos como elementos máis limitantes. Tamén é posible observar que parte da súa microestrutura está constituída a partir de materia orgánica (<2%) en forma de proteínas e polisacáridos como a quitina; a presenza destes compostos de base carbono está ligada á propia orixe e crecemento biolóxico das cunchas.

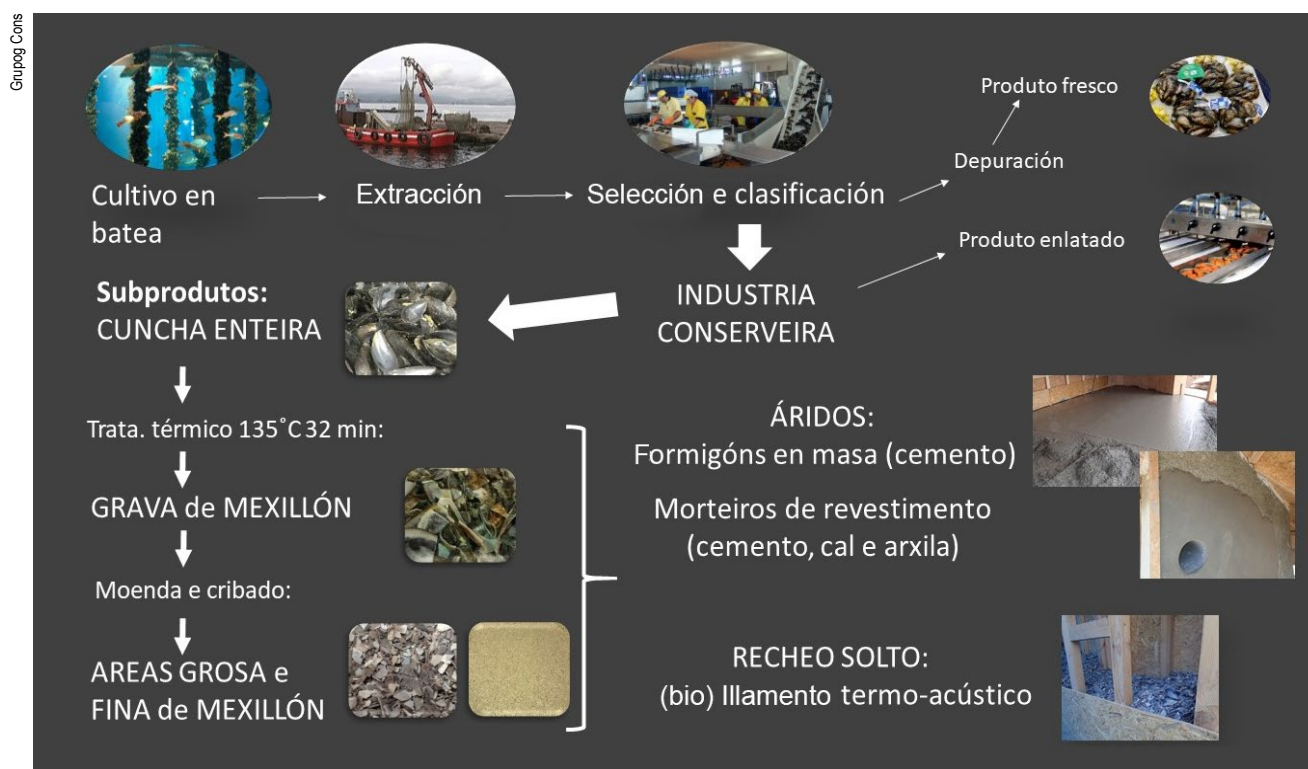


Figura 1. Proceso de obtención dos áridos de cunchas de mexillón usados para a investigación.

USO DAS CUNCHAS COMO ÁRIDOS EN FORMIGÓN

A grava miúda e áreas de cuncha de mexillón incorpóranse como árido a formigóns en masa (non armado) para un uso destinado á cimentación de edificios ou como bloques para diques portuarios. Estes formigóns, partindo dunha dosificación patrón, incorporan diferentes proporcións de árido de mexillón en substitución do convencional.

Deseñáronse dous formigóns en masa diferentes, un non estrutural e outro estrutural, nos que os áridos convencionais (area, grava miúda, e area e grava miúda xuntas) foron substituídos por áridos de cuncha de mexillón en diferentes porcentaxes. Todos os formigóns deseñados caracterizáronse en estados fresco e endurecido (Táboa 1).

O contido en materia orgánica e a forma dos áridos amosaron nunha falta de adherencia pasta-árido, que deu lugar a caídas de resistencia mecánica. Pero tamén se detectaron vantaxes, pois acadáronse formigóns máis lixeiros e por tanto con mellor comportamento térmico. Alén disto, sen dúbida como maior vantaxe, os formigóns con cunchas amosaron unha redución da permeabilidade á auga.

Pódese concluír que os formigóns amosaron un comportamento axeitado usando unha porcentaxe de substitución da cuncha de mexillón até o 25% dos áridos finos ou grosos, ou ao 12.5% da substitución de ambas fraccións xuntas, finos e grosos.

USO DAS CUNCHAS COMO ÁRIDOS EN MORTEIROS DE REVESTIMENTO

A segunda aplicación analizada é a dos morteiros de albanelaría, con posibles aplicacións como revestimento de paramentos verticais, con ligantes tales como o cemento e o cal aéreo. En ambas tipoloxías, substituíronse os áridos convencionais por áridos procedentes de cuncha de mexillón triturado.

Deseñáronse mesturas de morteiros de cemento con aplicación para revestimentos por ser de estendido uso na construción convencional. Para iso deseñáronse dúas mesturas distintas: capa base (en contacto co soporte) e unha capa de acabado, máis fina e rica en ligante ca anterior. Estudáronse diferentes porcentaxes de substitución do árido

convencional polo árido de cuncha de mexillón: 25%, 50% e 75%, que se contrastaron coas respectivas mesturas patrón de cada capa sen cuncha de mexillón, é dicir cun 0%.

Os resultados (Táboa 2) amosaron un importante aumento do contido en aire (maior porosidade) co aumento do contido en cunchas, que afecta á consistencia e á densidade, facendo que as mesturas sexan menos traballables, como inconveniente, pero máis lixeiras e, por tanto, con mellor comportamento térmico. Obsérvase tamén atraso no fraguado das pastas, así como unha menor adherencia pasta-árido. Isto último produce caídas da resistencia mecánica. Novamente, a absorción de auga por capilaridade vese reducida nos morteiros con mexillón. A pesar dos inconvenientes de menor adherencia, demostrouse completamente viable o uso deste tipo de áridos en revestimentos a base de morteiros de cemento, cunha taxa de substitución recomendada entre o 25% e o 50% do árido convencional.

O estudo sobre morteiros de cal aérea abordouse como unha opción de material sustentable, pero tamén pensando en aplicacións para restauración de edificios antigos ou con protección patrimonial. Utilizáronse morteiros patrón de cal aérea en pasta e cal aérea en po substituíndo o árido convencional (area caliza) polo de cunchas de mexillón, en iguais porcentaxes que as usadas para os de cemento: 25, 50%, e 75%. Os resultados son moi similares aos vistos nos morteiros de cemento, pero as diferenzas de comportamento con respecto aos patróns son inferiores, o que leva a pensar que, debido á súa composición, as cunchas son áridos máis compatibles con ligantes aéreos como o cal.

Os morteiros de cal aérea endurecen a través dun proceso lento denominado carbonatación, polo que o hidróxido de cal reacciona co CO_2 do aire converténdose en carbonato cálcico. Por isto, é importante remarcar que a análise dos resultados experimentais mostra que o uso de áridos de cuncha de mexillón atrasa a carbonatación dos morteiros a idades temperás, ao mesmo tempo que aumenta a área total carbonatada a idades avanzadas. Estas dúas tendencias diferenciadas pódense observar en todas as propiedades analizadas. Transcorrido un ano desde a fabricación, os morteiros do 75% de mexillón acadaron

Táboa 1. Propiedades dos formigóns en masa estruturais (HM 30) con áridos de cunchas de mexillón.

	HM 30 25% area	HM 30 25% grava	HM 30 5% area + grava	HM 30 12.5% area + grava
Consistencia (cm)	22	0	21	22
Densidade (kg/L)	2,2	2,3	2,3	2,2
Absorción auga (%)	6,7	4,8	5,9	6,7
Penetración auga (cm)	2,2	0,95	1	1,1
Resistencia compresión 28d (MPa)	28,4	37,5	41,5	32,9
Resistencia tracción indirecta 28d (MPa)	2,5	2,5	2,6	2,4
Módulo elástico (MPa)	32785	32961	32101	27330

Táboa 2. Propiedades dos morteiros de revestimento de cemento e de cal con áridos de cunchas de mexillón (*).

	Cemento 25% area	Cemento 50% area	Cal en pasta 25% area	Cal en pasta 50% area
Consistencia (cm)	18	17	13	12
Contido aire (%)	17	27	5	9,4
Densidade (kg/l)	1,7	1,5	1,7	1,6
Tempo inicio do fraguado (min)	146	183	-	-
Carbonatación (cm)	-	-	1,1	1,4
Porosidade total (%)	22	37	27	34
Capilaridade(kg/m ² .min ^{0.5})	0,8	0,6	1,1	1,0
Resistencia a compresión (MPa)	3,3	2,2	3,4	3,4

* Resultados en estado endurecido son a 28 días para os morteiros de cemento e a 1 ano para os de cal.

Táboa 3. Condutividade térmica e índice de redución acústica de diferentes materiais.

Materiais illantes	Condutividade térmica ($\lambda=W/m.K$)	Solucións construtivas	Redución acústica ($R_w=dB$)
La de vidro	0,031-0,037	Cartón-xeso + la de vidro 100 mm + cartón xeso	40
Arxila expandida	0,10-0,14	Cartón-xeso + panel liño 100 mm + cartón xeso	40
Madeira maciza	0,13-0,23	Cartón-xeso + lá de roca 50 mm + cartón xeso	40
Bloque de formigón	0,45	Cartón-xeso + celulosa insuflada 100 mm + cartón xeso	41
Cuncha de mexillón	0,12-0,20	Taboleiro madeira + grava mexillón 90 mm + taboleiro	42

unha carbonatación completa mentres que o morteiro patrón (sen mexillón) aínda tiña un 20% de superficie sen carbonatar.

Púidose concluir que as características específicas dos áridos de cuncha de mexillón promoven a tortuosidade no transporte de auga o que sumado a un comportamento hidrófobo, conduce a unha redución da absorción de auga por capilaridade e a un maior índice de resistencia ao secado. Doutra banda, as partículas de mexillón melloran a retención de auga dos morteiros de cal, o que aumenta a taxa de carbonatación a partir dos 180 días de idade. Todo isto permite afirmar que os áridos de cunchas de mexillón son viables para o seu uso en morteiros de cal.

AS CUNCHAS COMO MATERIAL ILLANTE TÉRMICO E ACÚSTICO

O estudo do uso dos áridos como material de recheo solto é outra opción que podería servir como método de valorización dos residuos de cuncha de mexillón.

Os materiais illantes convencionais, por exemplo os paneis de polistireno expandido, extruído ou de poliuretano, entre outros, teñen un impacto negativo no ambiente debido esencialmente ao uso de grandes cantidades de enerxía e auga para a súa produción, ou á dificultade para a súa reciclaxe ou reutilización en caso de demolición, etc.

Neste contexto, decídese incluír nas posibilidades de valorización das cunchas o seu uso como material de recheo con potenciais propiedades de illante térmico e acústico. O subproduto das cunchas de mexillón, unha vez procesado, incorporárase en diferentes solucións construtivas que permitirían a mellora do funcionamento enerxético de calquera edificación.

A grava miúda de mexillón resulta ser o mellor material para compactar e que mostra un mellor comportamento baixo carga confinada. É capaz de soportar un total de 11 MPa (1 MPa equivale a 10,2 kg forza por

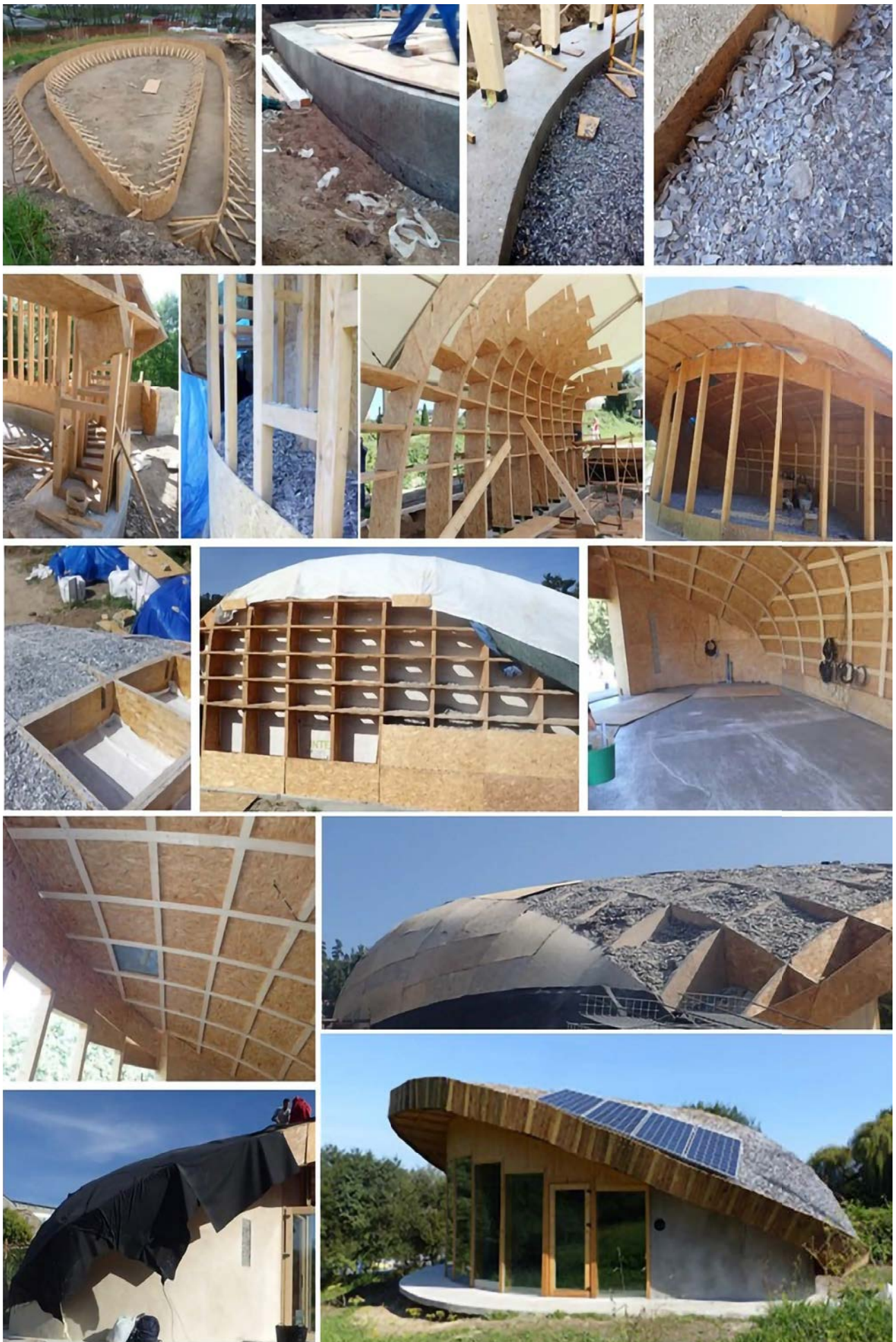


Figura 2. Imaxes do proceso de construción do módulo experimental "Biovalvo".



Bateas situadas ao lado da ponte de Rande.

cm², é dicir, 10,2 kg de peso por cm²) sen modificar a súa granulometría de maneira significativa. Para colocar correctamente o material como recheo solto illante, recoméndase un índice de compactación maior ao 30%, o cal permite evitar asentos que poidan provocar pontes fónicas ou térmicas non desexables.

Os resultados dos ensaios (Táboa 3) demostraron que a cuncha de mexillón ten características térmicas e acústicas adecuadas como material de illamento de edificios. A cuncha de mexillón confinada dentro dun espazo pechado como, por exemplo, un caixón ou panel de madeira, ten una condutividade térmica similar á dunha madeira de conífera lixeira, polo que a pesar de non ser un material illante (para iso tería que ter un lambda inferior a 0,08 W/mK), a través das cunchas non se transmite o calor con facilidade. Ademais, as análises acústicas indican que unha sección construtiva de cuncha de mexillón confinado mostra un comportamento similar ao do material de illamento comercial como a la mineral en espesores comparables.

Para este uso, o único tratamento que necesitan as cunchas de mexillón é unha compactación convencional. Se se analiza a enerxía requirida para a obtención dun material de recheo de grava miúda de cuncha de mexillón con outros materiais illantes, obtéñense valores comparables cos materiais de menor impacto ambiental. Isto apoia o uso da grava miúda de mexillón en solucións construtivas dado que permite levar a cabo unha arquitectura sensible ambientalmente, equiparable á utilización de recursos renovables e de baixo impacto ecolóxico. Esta comparativa non é parte desta tese pero inscribese dentro do proxecto Biovalvo, segundo o estudo realizado polo grupo Enxeñaría e Dirección de Proxectos da Escola Politécnica de Ferrol que tamén participaba no devandito proxecto de investigación.

O MÓDULO BIOVALVO: UN EDIFICIO EXPERIMENTAL DE CUNCHAS DE MEXILLÓN

No marco do Proxecto Biovalvo e como culminación do mesmo, construíuse un edificio experimental, denominado "módulo Biovalvo", que permitiu comprobar a viabilidade e a calidade destas solucións. Esta edificación aséntase nos terreos das hortas da UDC (Campus de Elviña), o que permitiu pasar con éxito da escala de laboratorio á de edificio completo. (Figura 2).

A cimentación do inmoble foi deseñada cunha zapata corrida de formigón en masa na que un 12.5% dos áridos finos e grosos foron substituídas por area e grava miúda de mexillón. Na zapata usouse un formigón de limpeza (10 cm) tamén cun 12.5% de cunchas mexillón. O illamento da soleira realizouse a base de grava miúda de mexillón compactada dun total de 80 cm de espesor. Sobre esta descansa o acabado de chan, consistente nunha soleira de formigón de 10 cm de espesor. Tamén se colocou unha

peza estrutural de formigón, no exterior do edificio, que funciona como beirarrúa de acceso. Estes elementos están compostos polo mesmo tipo de formigón da zapata, pero presentan un acabado pulido que contribuíu a que o árido de mexillón quedase visto. A solución da soleira e cimentación é unha das aplicacións de maior interese para o uso das cunchas de mexillón de maneira xeneralizada. Non require importantes investimentos nin procesados ao tempo que ofrece unha solución construtiva cun bo illamento térmico, sinxeleza construtiva e prezo contido.

O edificio está composto por unha estrutura de madeira bidireccional realizada con taboleiros OSB tipo 4 de 22 mm de espesor. Nas fachadas laterais a estrutura componse de madeira serrada composta por pés dereitos de 10x10 cm e traveseiros de 4x10 cm. Na fronte con vidro, a estrutura componse por perfís de madeira laminada de piñeiro de 12x24 cm de sección.

O illamento de muros e cubertas tamén está formado por cuncha de mexillón compactada, de 50 e 45 cm respectivamente. Nas fachadas laterais, os acabados exteriores están compostos por morteiros de revestimento de cal e cemento mentres que os interiores son de arxila, mais ambos constituídos por varias capas de morteiro que levan area de mexillón nun 50% de substitución polo árido convencional. Os morteiros ofrecen un acabado cunha estética moi interesante e diferenciada do que existe no mercado, polo que as aplicacións do mexillón en solucións construtivas teñen moito potencial.

Para a cuberta, o acabado executouse con cuncha enteira de mexillón, dando forma a unha cuberta plana. Nas zonas verticais (muro norte) e con pendente confinouse a mesma en gaiolas metálicas a modo de gabión.

O edificio foi deseñado para lograr unha alta eficiencia enerxética. Por esta razón, tomáronse como referencia os criterios estándar da Casa Pasiva (PH). Realizouse un deseño bioclimático baseado en primeiro lugar, na orientación para a captación solar, e na ventilación cruzada natural. Para as condicións de verán, deseñouse un beirado que dea sombra ás xanelas, evitando así o sobre quecemento. Con todo, debido á pendente da parcela, a fachada vidrada non estaba orientada totalmente cara ao sur, senón cara ao suroeste, o que afectou lixeiramente as ganancias solares. As pontes térmicas causadas pola estrutura son practicamente inexistentes debido ao gran grosor das paredes e o teito, así como ao uso de materiais con valores de condutividade térmica moi similares (arredor de 0.175 W/(mK)). Instaláronse tamén xanelas enerxeticamente eficientes, con vidro triplo incluíndo material de baixa emisividade, e argón nas cámaras. Colocáronse 4 paneis solares para un total de 1000 w de potencia eléctrica, facendo unha estimación do consumo que tería a alimentación do recuperador de calor (ventilación e calefacción do edificio), da iluminación, dos "dataloggers" que sirven para rexistrar os sensores de temperatura e humidade colocados nas diferentes partes do edificio, e por último para os consumos mediante tomas de corrente, relacionados con xornadas divulgativas a celebrar no interior do edificio, isto é, un portátil e un proxeutor. As solucións construtivas comentadas anteriormente teñen valores teóricos de transmitancia térmica de 0,29 W/m²K para os muros; 0,31 W/m²K para a cuberta e de 0,35 W/m²K para a soleira.

A pesar de que o test de hermeticidade (test Blower Door) amosara un valor moi elevado ao marcado polo estándar Passivhaus, a modelización do edificio amosou valores teóricos de consumo de enerxía primaria para calefacción de 39 kWh/(m².ano) e un consumo de enerxía primaria total de 86 kWh/(m².ano). Este último valor é un 30% menor que o requirido polo estándar, permitindo concluir que as solucións construtivas con cuncha de mexillón permiten construír edificios de baixo consumo enerxético.

*Grupo de Investigación gCons. Escola de Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos. Universidade da Coruña.