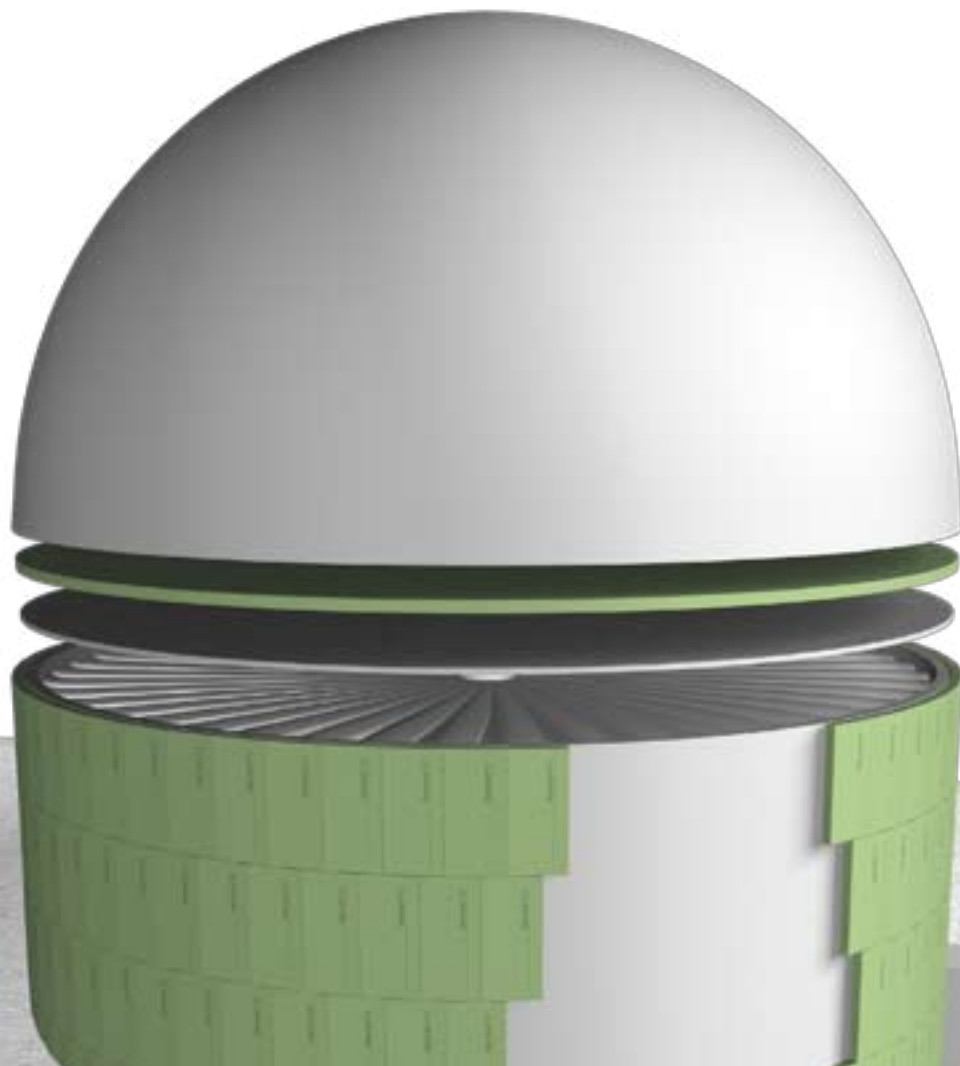


Aislamiento térmico de instalaciones de biogás



1	Aislamiento térmico Styrodur® C	3
2	Aislamiento de instalaciones de biogás	4
2.1	Aislamiento térmico de instalaciones de biogás	4
2.2	Requisitos de los materiales de aislamiento térmico para instalaciones de biogás	4
2.3	Composición del biogás y aptitud de Styrodur C	4
2.4	Tipos de construcción de depósitos de fermentación	4
2.5	Temperaturas de proceso y utilidad de Styrodur C	5
3	Uso de Styrodur C	5
3.1	Campos de aplicación para Styrodur C en el depósito de fermentación	5
3.2	Observaciones relativas a la difusión de vapor de agua	5
3.3	Aislamiento térmico de la solera	6
3.4	Aislamiento térmico de la pared del depósito de fermentación dentro del suelo	7
3.5	Styrodur C: pegado de placas y profundidades de instalación	7
3.6	Llenado de la fosa de obra, capas de drenaje y de compensación de la presión de vapor	7
3.7	Aislamiento térmico con escudo antihelada	8
3.8	Aislamiento térmico de la pared del depósito de fermentación contra el aire del exterior	8
3.9	Aislamiento térmico de las cubiertas transitables y dotadas de vegetación de los depósitos de fermentación	8
3.10	Aislamiento térmico entre el depósito de fermentación y la cubierta de la lámina de gas	9
3.11	Indicaciones relativas al aislamiento interno de componentes de hormigón en instalaciones de biogás desde el punto de vista de la física de construcción	9
4	Propiedades del Styrodur C	9
4.1	Comportamiento en caso de incendios	9
4.2	Protección contra radiación ultravioleta	9
5	Ayudas para determinar las dimensiones del aislamiento térmico	10
6	Datos técnicos Styrodur C	11

A tener en cuenta:

Las indicaciones contenidas en esta documentación se basan en nuestros conocimientos actuales y en la experiencia obtenida. Son válidas únicamente para nuestro producto y las características que presentan en el momento de crear este documento. De estas indicaciones no puede desprenderse ninguna garantía ni una obligación contractual sobre la calidad del producto. Para su uso deben tenerse en cuenta las condiciones específicas de la aplicación concreta, especialmente por lo que respecta a la física de construcción, a los aspectos técnicos constructivos y a las cuestiones legales. Todos los dibujos técnicos son esquemas generales que deben adaptarse a la aplicación en cuestión.



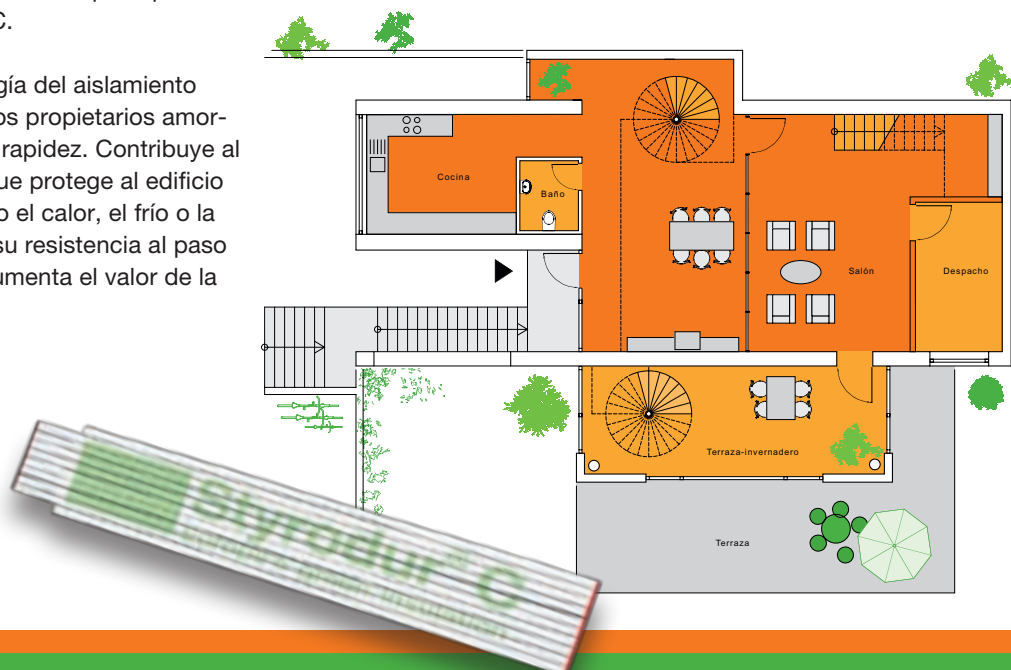
1. Aislamiento térmico Styrodur® C

Styrodur® C es el poliestireno extruido ecológico de BASF. No contiene CFC, HCFC ni HFC, y contribuye de forma significativa a la reducción de emisiones de CO₂.

Gracias a su gran resistencia a la compresión, mínima absorción de agua, resistencia al paso del tiempo e imputrescibilidad Styrodur C se ha convertido en sinónimo de XPS en Europa. La resistencia a la compresión es la característica diferenciadora principal de los diferentes tipos de Styrodur C.

Gracias al ahorro de energía del aislamiento térmico con Styrodur C, los propietarios amortizarán su instalación con rapidez. Contribuye al confort térmico a la vez que protege al edificio de agentes externos como el calor, el frío o la humedad. Esto aumenta su resistencia al paso del tiempo a la vez que aumenta el valor de la vivienda.

Styrodur C está fabricado conforme a las exigencias de la Norma europea DIN EN 13 164 y se incluye en la Clase europea E conforme a la norma DIN EN 13501-1. Certificado por el Instituto alemán de investigación de aislamiento térmico (Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V.) y registrado en el Instituto alemán de Construcción con nº Z- 23.15-1481.



2. Aislamiento de instalaciones de biogás

2.1 Aislamiento térmico de instalaciones de biogás

Este folleto pretende ser una ayuda para los diseñadores, constructores y usuarios de instalaciones de biogás. Facilita información sobre la aplicación de Styrodur® C en el ámbito de las instalaciones de biogás.

Durante el engorde del ganado se producen grandes cantidades de estiércol líquido con ayuda del cual es relativamente sencillo conseguir biogases de forma rentable y utilizar éstos para obtener calor y energía. Las temperaturas óptimas de servicio para el proceso de obtención de biogás a partir de estiércol líquido se encuentran por encima de la temperatura ambiente. El mismo proceso de fermentación produce calor.

Con el fin de mantener una temperatura de servicio constante para optimizar la producción de biogás, es aconsejable tomar medidas que reduzcan la pérdida de calor en los depósitos de fermentación. Estas medidas consisten en utilizar materiales de aislamiento térmico en las paredes, techo y suelo de los depósitos.



Fig. 1: Aislamiento térmico de Styrodur® C en la pared de un depósito de fermentación de hormigón armado.

2.2 Requisitos de los materiales de aislamiento térmico para instalaciones de biogás

Para cumplir los exigentes requisitos:

- alta resistencia a la compresión
- insensibilidad a la humedad
- contacto con ácido húmico
- atmósfera de biogás

se necesita un material de aislamiento térmico robusto. La espuma rígida de poliestireno extruido (XPS) Styrodur C cumple estas exigencias y presenta una excelente relación- calidad-precio.

2.3 Composición del biogás y aptitud de Styrodur® C

Biogás representa una mezcla de diferentes gases en proporciones variables.

- 50 hasta 80 vol.-% metano
- 20 hasta 50 vol.-% dióxido de carbono
- 0,01 hasta 0,4 vol.-% sulfuro de hidrógeno
- Rastros de:
 - Amoníaco
 - Hidrógeno
 - Nitrógeno
 - Monóxido de carbono

El Styrodur C es estable frente a la composición gaseosa de esta atmósfera.

2.4 Tipos de construcción de depósitos de fermentación

En principio, los depósitos de fermentación se construyen en vertical o en horizontal. Se colocan sobre la superficie

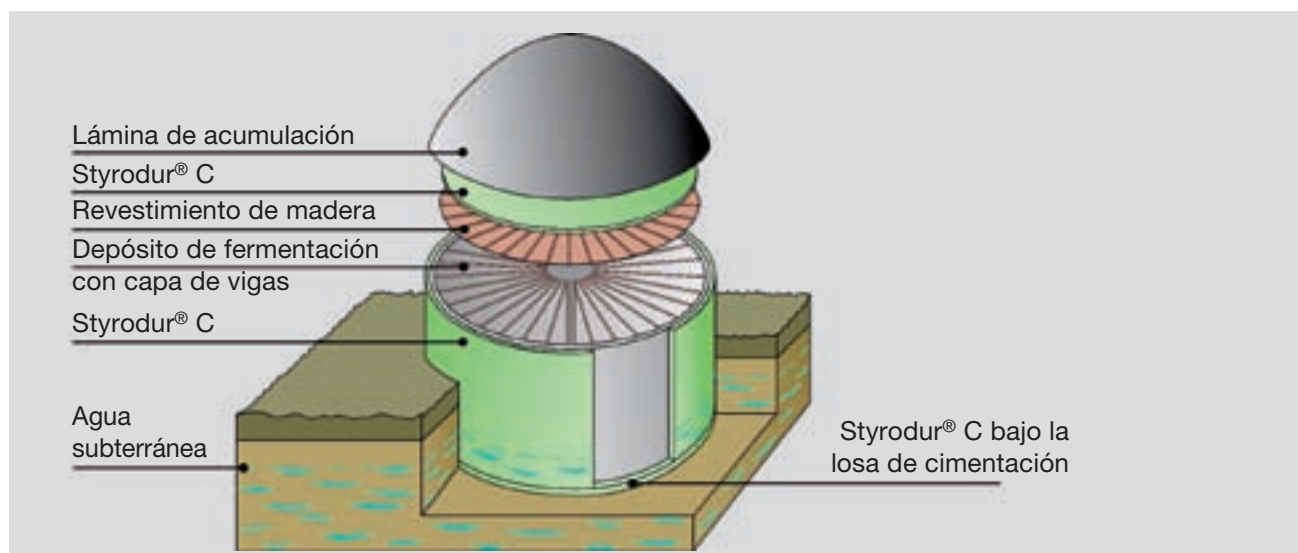


Fig. 2: Representación esquemática de un depósito de fermentación con cubierta de lámina.

del suelo, parcialmente enterrados o completamente enterrados en el suelo y pueden construirse de forma que se pueda transitar sobre ellos. Una de las formas más habituales es la construcción en forma de tonel con cubierta de lámina.

El ideal en todas las variantes consiste en colocar el aislamiento térmico en el lado exterior. El aislamiento de los techos de depósitos de fermentación construidos en madera constituye una excepción a esta regla. En este caso, el depósito abierto en su parte superior y tapado con una capa de vigas, recibe un revestimiento de madera en el que se coloca el aislamiento de Styrodur® C. Por encima se tiende la cubierta de lámina de gas.

2.5 Temperaturas de proceso y utilidad de Styrodur® C

El período de permanencia del estiércol líquido en el depósito de fermentación depende de la composición del estiércol. El proceso de descomposición tiene lugar a temperaturas que oscilan entre los 20 y los 55 °C. El Styrodur C es un material termoplástico cuyas propiedades físicas varían en función de la temperatura seleccionada.

La temperatura límite para el uso de Styrodur C es de 75 °C. La temperatura con el aislamiento térmico de instalaciones de biogás queda muy por debajo de este límite.

A medida que desciende la temperatura, se reduce la conductividad térmica de Styrodur C, lo que mejora en invierno la capacidad de aislamiento térmico de las placas. Esta propiedad física del producto reduce el calor necesario y, con ello, la cantidad de energía que es necesario aportar para mantener la temperatura de proceso del estiércol líquido.

Tabla 1: Variación de la conductividad térmica de Styrodur® C en función de la temperatura.

Ejemplo: Styrodur 3035 CS, espesor de la placa 50 mm

Temperatura [°C]	Conductividad térmica en W/(m·K) Styrodur® C
-20	0,030
0	0,032
10	0,033
20	0,034
30	0,035
40	0,036
50	0,037

3. Uso de Styrodur C

3.1 Campos de aplicación para Styrodur C en el depósito de fermentación

Preferentemente se debería aislar el exterior del depósito de fermentación cubriendo la totalidad de la construcción. Las sollicitaciones estáticas y de carácter físico a las que se ve sometido el material de aislamiento varían en función del tipo de construcción y de la profundidad a la que se ha enterrado el depósito en el suelo. Los constructores deben incluir este punto en sus planificaciones y cálculos de difusiones.

Los depósitos de fermentación instalados en superficie pueden protegerse contra las heladas en el suelo y los posibles levantamientos provocados por el hielo mediante un aislamiento térmico. Los fermentadores enterrados deben dotarse de un aislamiento perimetral tal y como es habitual en los locales habitados en sótanos. Las construcciones completamente enterradas y cubiertas con tierra o diseñadas de forma que puedan ser transitadas, deberán protegerse también con un aislamiento perimetral para evitar pérdidas de calor.

Aislamiento térmico universal de instalaciones de biogás con Styrodur® C según el tipo de disposición hasta una profundidad de 3,5 m en las aguas subterráneas.

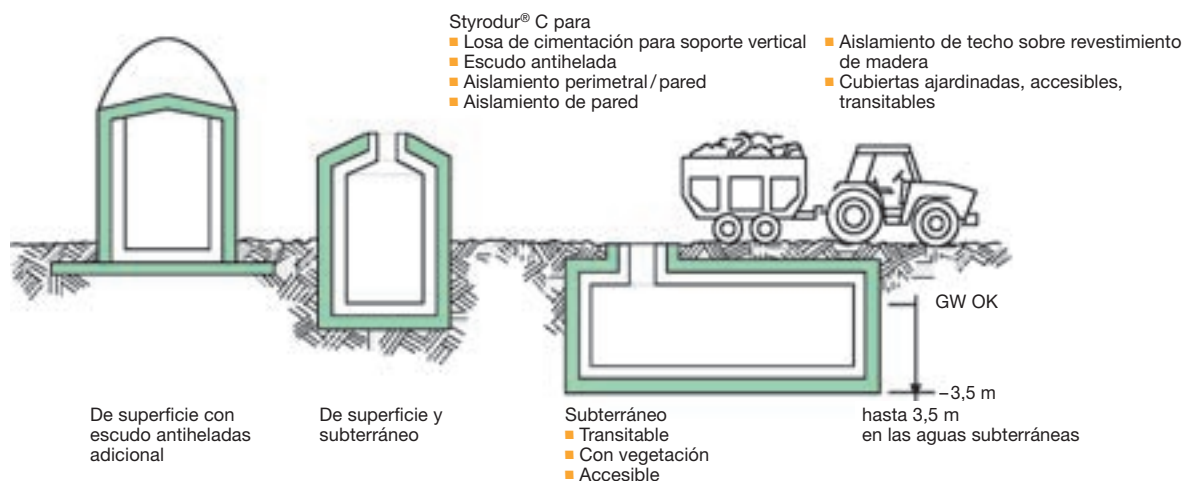


Fig. 3: Aislamiento térmico con Styrodur® C en diferentes depósitos de fermentación.

3.2 Observaciones relativas a la difusión de vapor de agua

El Styrodur® C es una espuma rígida con células cerradas de poliestireno extruido que prácticamente no absorbe agua en forma de gotas. Sin embargo, desde el punto de vista de la difusión, las espumas extruidas no son materiales estancos al vapor. Las moléculas de agua en forma de gas pueden traspasar el material aislante. La fuerza de impulsión necesaria para la difusión del vapor de agua se obtiene de la temperatura y de la humedad relativa dependiente de la presión parcial del vapor de agua. La correspondiente compensación de potencial tiene lugar siempre del nivel más alto al más bajo.

Las instalaciones de biogás presentan prácticamente todo el año una mayor presión parcial de vapor de agua que el aire de la atmósfera exterior. Durante el proceso de compensación de la presión de vapor, es necesario garantizar que las resistencias contra el paso del vapor de agua sean cada vez menores hacia el exterior a lo largo de cada una de las capas intermedias. De lo contrario puede producirse la acumulación de vapor de agua en la capa que presente la mayor resistencia. Si a lo largo del recorrido de difusión la temperatura cayera por debajo del punto de rocío, tal y como suele ocurrir en los depósitos de fermentación, se produciría una acumulación de vapor de agua y condensación en la capa con la mayor resistencia.

En las instalaciones de biogás mesófilas, en verano la temperatura exterior iguala a la del interior del depósito de fermentación. Sin embargo, el mayor contenido de humedad del depósito de fermentación y la mayor presión parcial de vapor de agua asociada a él, provocan el transporte de vapor de agua hacia el exterior para establecer la compensación de potencial de humedad. En los componentes enterrados (suelo y pared), la tierra puede evitar la salida de vapor de agua. Esto se puede dar en suelos cohesivos con gran concentración de material fino. También aquí puede aparecer condensación en el material aislante.

Durante la planificación del depósito de fermentación es necesario tener en cuenta el comportamiento de la difusión con el fin de disponer correctamente las capas que frenan el vapor y minimizar o evitar la corriente de difusión. La capa que bloquea el vapor de agua debe instalarse siempre en el lado caliente de las placas de aislamiento térmico. La tabla 2 muestra una relación

Tabla 2: Resistencia a la difusión del vapor de agua en Styrodur® C en función del espesor de las placas.

Espesor de capa en mm	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua [-]
20	200
40	150
60	100
80	100
100	100
120	80
140	80

de las resistencias a la difusión de vapor de agua de Styrodur C en función del espesor de las capas.

En caso de efectuarse un cálculo erróneo en relación con la humedad, se puede producir la acumulación de agua en el material de aislamiento. Es necesario tener en cuenta que la absorción de un 1 por ciento en volumen de humedad en la espuma extruida provoca un incremento medio del 2,3 por ciento de la conductividad térmica.

Desde el punto de vista económico (relación-costes-beneficios) y en casos aislados, puede llegar a ser ventajoso aceptar una cierta acumulación de humedad a lo largo de un funcionamiento prolongado del depósito de fermentación. Para contrarrestar una acumulación aproximada de condensaciones de entre el 10 y el 20 por ciento en volumen, puede calcularse por ejemplo con un aumento de entre el 25 y el 50 por ciento del espesor de la capa aislante.

3.3 Aislamiento térmico de la solera

Para aplicaciones con cargas altas y de gran duración, existe una serie de tipos de Styrodur C (3035 CS, 4000 CS y 5000 CS) que soportan diferentes grados de presión. Las placas de espuma extruida pueden utilizarse también en áreas con niveles constantes de aguas subterráneas que ejerzan presión. Las placas pueden sumergirse hasta un máximo de 3,5 metros en el agua.

En este tipo de construcciones puede aplicarse la homologación de obras general Z-23.34-1325 como aislamiento térmico con soporte vertical bajo las losas de cimentación.

Para garantizar la estabilidad puede contarse con las siguientes resistencias a compresión constantes:

Styrodur 3035 CS: admisible = 130 kPa
Styrodur 4000 CS: admisible = 180 kPa
Styrodur 5000 CS: admisible = 250 kPa

Para calcular las dimensiones del depósito de hormigón, puede utilizarse como valor de cálculo f_{cd} resistencia a compresión de la solera según DIN 1045-1, que se declara como aislamiento en el suelo de la siguiente forma, en función del tipo de Styrodur C empleado:

Styrodur 3035 CS: $f_{cd} = 185$ kPa
Styrodur 4000 CS: $f_{cd} = 255$ kPa
Styrodur 5000 CS: $f_{cd} = 355$ kPa

Freno de vapor en la zona de la placa de solera

Desde el punto de vista de la difusión, es necesario colocar dos capas de lámina de polietileno (PE) de un espesor mínimo de 0,1 mm, solapando la mitad de la anchura de cada una de ellas sobre las placas de aislamiento térmico. Las láminas PE evitan también que penetre la lechada de cemento entre las juntas de las placas de Styrodur C

durante el hormigonado. Constituyen un freno suficiente para la corriente de difusión de vapor de agua.

3.4 Aislamiento térmico de la pared del depósito de fermentación dentro del suelo

En muchos casos es ventajoso colocar las placas de Styrodur® 2800 C con su gofrado en forma de barquillo al encofrado de la pared de hormigón y fijarlas con clavos al encofrado de madera. Si la comprobación de toda la construcción da como resultado que pueda ser problemática la difusión, es posible aplicar en el interior de la pared del fermentador una capa de producto que frene el vapor.

Barrera de vapor en el interior de la pared del depósito de fermentación

La difusión de vapor de agua desde el interior al exterior del depósito de fermentación en caso de emplearse Styrodur 2800 C en el encofrado de hormigón, sólo puede reducirse con una capa interior de barrera de vapor.

Para mantener el material aislante libre de condensaciones es suficiente un valor- s_d de 200 metros de espesor de capa de aire equivalente en difusión, tal y como indica el procedimiento de Glaser.

En caso de bloqueo interior de vapor, es posible pegar a posteriori las placas de material aislante al muro de hormigón. El pegado puede efectuarse en determinados puntos o, en la zona del agua subterránea (hasta un máximo de 3,5 metros de profundidad), en toda la superficie.

Barrera de vapor exterior a base de capas de asfalto

En este tipo de construcciones es posible aplicar una capa que actúe como barrera de vapor en el lado exterior del depósito de fermentación. Un revestimiento de asfalto de 4 mm endurecidos de espesor (p.ej. con PCI Pecimor 2N) supone un valor- s_d de algo más de 200 metros. Este tipo de revestimientos sólo pueden aplicarse sobre una superficie seca. Por lo tanto, en la construcción de depósitos de fermentación deberá llevarse a cabo antes de su puesta en funcionamiento.

Una vez endurecido el revestimiento de asfalto (alrededor de 2 días), pueden colocarse las placas de Styrodur C pegándolas en 5 a 8 puntos (p.ej. con PCI Pecimor 2N) sobre la barrera de vapor. Este procedimiento de pegado mantiene las placas aislantes sujetas a la pared hasta que se lleve a cabo el llenado de la fosa de obra.

En las zonas con aguas subterráneas o donde se acumule de forma duradera el agua de infiltración, el pegado debe efectuarse en toda la superficie, para evitar que el agua penetre por detrás de las placas. Para ello puede utilizarse por ejemplo PCI Pecimor DK. El pegamento debe estar completamente endurecido antes de que aparezca el agua.

Barrera de vapor exterior a base de capas de asfalto autoadhesivas en frío

En las instalaciones que ya se encuentren en funcionamiento y deban recibir un aislamiento a posteriori, la superficie exterior de hormigón debe secarse aprovechando un período de buen tiempo. A continuación, y colocando tiras autoadhesivas en frío de asfalto (p.ej. PCI Pecithene), se puede obtener también una barrera de vapor equivalente a 200 metros. Para el pegado de las placas de Styrodur C puede emplearse en estos casos una cinta autoadhesiva de doble capa de caucho tipo PCI Pecithene.

3.5 Styrodur C: pegado de placas y profundidades de instalación

En los depósitos de fermentación redondos, y dependiendo del diámetro, las placas de Styrodur C pueden colocarse en horizontal en toda su anchura o segmentarse y fijarse a presión contra la edificación mediante correas tensoras. Dependiendo de la profundidad de montaje pueden emplearse diferentes tipos de Styrodur C.

Tabla 3: Profundidades máximas de montaje para los tipos de Styrodur® C.

Campo de aplicación	Profundidad de montaje en m para los tipos de Styrodur® C			
	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
Sin presión de agua	9	9	17	24
Con presión de agua (agua subterránea)	–	3,5	3,5	3,5

3.6 Llenado de la fosa de obra, capas de drenaje y de compensación de la presión de vapor

El llenado de la fosa de obra debe efectuarse por capas, comprimiéndolas una a una. En caso de utilizarse el Styrodur 2800 C con hormigonado directo en el encofrado, el material de llenado no debe ser cohesivo. Deben emplearse materiales granulosos que repelan el agua, por ejemplo compuestos de arena y grava. Existe también la posibilidad de introducir p.ej. una tira de lámina drenante o una malla con revestimiento antes de las placas de Styrodur 2800 C con el fin de conseguir una capa de compensación de la presión de vapor y para evacuar el agua de condensación.

Las construcciones con barrera de vapor en los depósitos de hormigón no presentan exigencias especiales al llenado por lo que respecta a cuestiones de difusión.

3.7 Aislamiento térmico con escudo antihelada

En suelos susceptibles de sufrir heladas y en lugares sometidos a períodos prolongados de frío intenso, puede reducirse el riesgo de levantamiento de la edificación por el hielo colocando en todo el perímetro placas de Styrodur® C para conseguir el llamado escudo antiheladas. Las placas se colocan en horizontal con una ligera caída del 2 por ciento hacia el exterior y se cubren por ejemplo con un pavimento de hormigón sobre una capa de gravilla triturada. El escudo antiheladas reduce el enfriamiento del suelo y, con ello, el riesgo de que se hiele toda la edificación.

3.8 Aislamiento térmico de la pared del depósito de fermentación contra el aire del exterior

La mejor protección térmica de la pared del depósito de fermentación contra el aire del exterior por encima del suelo se obtiene con placas de Styrodur 2800 C colocadas en el encofrado. El aislamiento térmico se fija

con clavos a la madera del encofrado, consiguiéndose durante el hormigonado una adherencia íntima a lo largo de toda la superficie.

A continuación puede enfocarse la superficie abarquilada de las placas de Styrodur 2800 C o cubrirse con un revestimiento de madera dotado de respiraderos o con vierteaguas metálicos.

3.9 Aislamiento térmico de cubiertas transitables y dotadas de vegetación de los depósitos de fermentación

Los depósitos de fermentación y otras edificaciones enterradas en el suelo y dotados de un aislamiento externo con placas de Styrodur C pueden cubrirse y aprovecharse de diferentes formas. Es posible cubrirlos con tierra, llevar a cabo ajardinamientos, colocar pavimentos, etc, siempre y cuando se respeten las reglas de construcción de la cubierta invertida. El folleto de uso de Styrodur C "Aislamiento de cubiertas" incluye

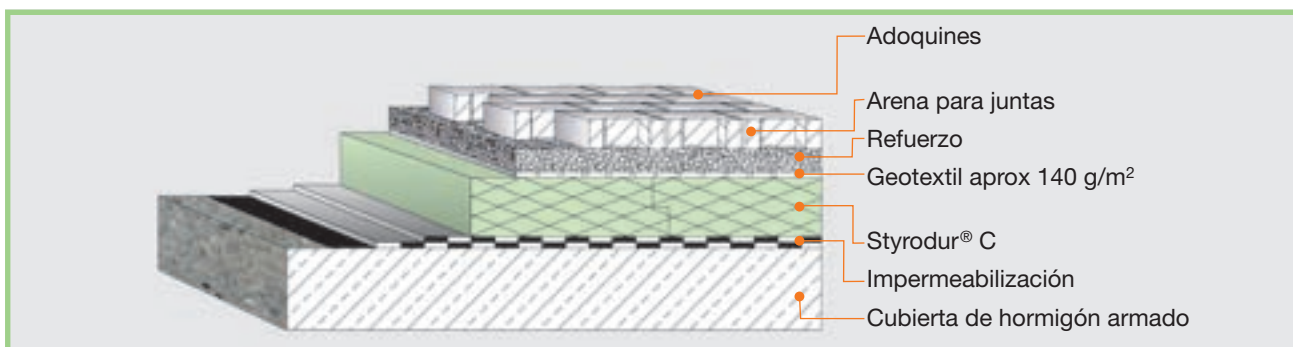


Fig. 4: Creación de un aparcamiento sobre cubierta con adoquines sobre un refuerzo.

Tabla 4: Ayudas para el cálculo de dimensiones en aplicaciones con Styrodur® C para suelos o cubiertas sometidos a la presión del tránsito de vehículos.

Vehículo				Tensiones de compresión existentes con cargas de tránsito en N/mm²							
				Capas sin armadura espesor de la capa sobre la placa aislante en mm				Hormigón armado altura estática en mm			
Tipo	Peso en t	Carga por rueda en kN	Superficie de apoyo en mm x mm	180	200	220	240	90	100	110	120
SLW	30	50	200 x 400	0,20	0,18	0,17	0,14	0,23	0,20	0,19	0,18
LKW	12	40	200 x 300	0,19	0,17	0,16	0,15	0,22	0,20	0,18	0,17
LKW	9	30	200 x 260	0,16	0,14	0,13	0,12	0,18	0,16	0,15	0,14
LKW	6	20	200 x 200	0,12	0,11	0,10	0,09	0,14	0,13	0,10	0,10
LKW	3	10	200 x 160	0,06	0,05	0,05	0,04	0,07	0,06	0,06	0,05
GS	7	32,5	200 x 200	0,20	0,17	0,16	0,14	0,22	0,20	0,18	0,17

Tabla 5: Tensiones de compresión admisible en tipos Styrodur C con carga por tránsito.

Styrodur® tipo-C	Dimensionado del Styrodur® tipo C			
	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
Tensiones de compresión admisibles con cargas de tránsito en N/mm²	0,10	0,13	0,23	0,30

Nota importante: las ayudas para determinar las dimensiones son valores de planificación no vinculantes. No sustituyen la planificación estática y técnica por parte del ingeniero.

indicaciones al respecto. El folleto puede descargarse de forma gratuita en la página www.styrodur.de.

En este caso, la regla constructiva más importante a la hora de utilizar las placas de Styrodur® C para transitar sobre ellas, es la necesidad de colocar inmediatamente después de las placas una capa que permita la difusión y sea capaz de drenar antes de poner el ajardinado o el pavimento para transitar. Dependiendo del efecto de la carga y de la altura de la construcción que se coloque, deberán utilizarse los siguientes tipos de Styrodur C.

3.10 Aislamiento térmico entre el depósito de fermentación y la cubierta de la lámina de gas

En los depósitos de fermentación con cubierta de la lámina de gas se coloca un revestimiento cerrado de madera sobre un envigado. El envigado tiene una ligera inclinación de entre el 2 y el 5 por ciento hacia el exterior y un determinado espacio hasta el borde del depósito para que el biogás pueda ascender desde el sustrato hasta el acumulador de gas.

Con el fin de mejorar el aislamiento térmico de la tapa del depósito, se coloca sobre el revestimiento de madera un aislante a base de placas de Styrodur C. Se suelen utilizar espesores de entre 5 y 10 centímetros. Como este tipo de aplicaciones no presenta especiales exigencias en cuestión de resistencia a la compresión, es suficiente utilizar el tipo 2500 C de Styrodur C. Presenta la misma estructura de células cerradas y es apto para altos grados de humedad. En principio es posible utilizar también otros tipos, por ejemplo Styrodur 3035 CS y Styrodur 3035 CN.

3.11 Indicaciones relativas al aislamiento interno de componentes de hormigón en instalaciones de biogás desde el punto de vista de la física de construcción

Como en las instalaciones de biogás, debido a las condiciones de temperatura y humedad, se da siempre un transporte de vapor de agua hacia el exterior, BASF recomienda para los depósitos de estiércol líquido los aislamientos exteriores. Styrodur C sólo puede colocarse también en el interior (en la zona del envigado con revestimiento de madera) en el caso de depósitos de fermentación con cubierta de lámina de gas. Las condiciones atmosféricas son en este caso prácticamente iguales, con lo que las “fuerzas de impulsión” anteriormente descritas para el transporte por difusión del vapor de agua, permanecen relativamente bajas.

En caso de que por motivos forzados sea necesario un aislamiento interior, es importante evitar que se humedezca el material aislante colocando una capa interior

que frene la difusión del vapor de agua. En este caso hay que garantizar la resistencia frente al estiércol líquido, la compatibilidad química con el Styrodur C y respetar las indicaciones de colocación del fabricante de la capa de freno de difusión.

El aislamiento interno con Styrodur C no representa una protección química para el hormigón contra las sustancias agresivas del estiércol líquido. Las juntas de las placas no son estancas. Las placas de aislante están sometidas a una modificación de su longitud provocada por la temperatura; la dilatación longitudinal aproximada es de 0,08 mm/(m · K) y la transversal ronda los 0,06 mm/(m · K).

4. Propiedades del Styrodur® C

4.1 Comportamiento en caso de incendios

En caso de incendio, las placas Styrodur C de todo tipo y espesor, cumplen los requisitos contemplados en la euroclase E. Siguiendo la nomenclatura antigua, el Styrodur C cumpliría las exigencias presentadas a materiales de construcción de difícil combustión de la clase B1 según la norma DIN 4108.

Según Barbara Eder y Heinz Schulz: Biogas Praxis, ökobuch Verlag (Biogás práctico, ediciones Ökobuch), edición 2006: un aislamiento térmico colocado en superficie debe ser como mínimo inflamable en grado normal, clase de material de construcción B2. Con ello, el Styrodur C es apto para el aislamiento desde el punto de vista de la protección contra incendios.

4.2 Protección contra radiación ultravioleta

Styrodur C es una espuma rígida de poliestireno que, al igual que la mayoría de los plásticos, debe protegerse a largo plazo contra las radiaciones ultravioleta del sol. La superficie del material aislante puede recubrirse por ejemplo con revestimientos de madera o metal, con un enfoscado o con un muro. En caso de emplear sistemas con mortero, es necesario observar las indicaciones contenidas en la “Hoja informativa para el montaje de placas de espuma rígida de poliestireno extruido” www.fpx-daemmstoffe.de.

En este sentido es necesario recordar que para el hormigonado y el enfoscado sólo puede emplearse el Styrodur 2800 C. Styrodur 2800 C tiene una superficie áspera y abarquillada que permite una unión con el hormigón y el mortero, obteniéndose resistencias adhesivas a la tracción de aprox. 200 kPa. Todos los demás tipos de Styrodur C tienen una superficie lisa y no son apropiados para hormigonar ni para adherir morteros minerales.

5. Ayudas para determinar las dimensiones del aislamiento térmico de instalaciones de biogás

Para reducir las pérdidas de calor y las variaciones de temperatura en el depósito de fermentación dotado de capas de aislamiento térmico, se dispone de valores empíricos. En la fermentación mesófila (aprox. 35 °C) se recomienda un coeficiente de transmisión de calor (valor-U) de 0,3 W/(m²·K). En la fermentación termófila (aprox. 50 °C) el valor-U apropiado es de 0,2 W/(m²·K).

De estos datos se derivan espesores de entre 10 y 18 centímetros para las capas de aislamiento. En la siguiente tabla se muestran los valores-U calculados en función del espesor del aislante, la conductividad térmica de las placas, sin tener en cuenta la pared de hormigón del depósito y con las resistencias térmicas superficiales para el estiércol contra la pared de hormigón $R_i = 0,00$ (m²·K)/W y las placas de aislamiento contra la tierra $R_a = 0,00$ (m²·K)/W. Si se tienen en cuenta los diferentes espesores de las paredes de hormigón de las instalaciones de biogás, se vuelven a reducir ligeramente los valores-U.

Tabla 6: Valor-U en función de la conductividad térmica y del espesor del material aislante.

Valores-U W/(m ² ·K) para diferentes espesores de aislante y conductividades térmicas del espesor de la capa de aislamiento					
Aislamiento [mm]	Conductividad térmica declarada λ_D en W/(m·K)				
	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040
80	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50
100	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
120	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33
140	0,23	0,24	0,26	0,27	0,29
160	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
180	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22

Para el cálculo se han tenido en cuenta las siguientes resistencias térmicas superficiales: $R_i = 0,00$ (m²·K)/W (contacto con estiércol líquido) y $R_a = 0,00$ (m²·K)/W (contacto con la tierra)

La conductividad térmica declarada λ_D de Styrodur® C se corresponde con el estado al momento de imprimir este catálogo y puede consultarse en internet junto con todo el resto de la información en la página: www.styrodur.com.

La correlación de la pérdida de calor por metro cuadrado de superficie de depósito y día y el coeficiente de transmisión térmica, el valor-U, se representa en la siguiente figura 4 (según Perwanger). En el cálculo para determinar el espesor de aislamiento necesario no se tiene en cuenta la pared del depósito. Para la conductividad térmica del material aislante se ha seleccionado el valor 0,04 W/(m·K), manteniéndose constante. Para la pared del depósito de fermentación situada por encima

del nivel del estiércol y contra el aire exterior, se han tenido en cuenta las resistencias térmicas superficiales $R_i = (0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ y $R_a = (0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$.

La tabla 7 muestra las conductividades térmicas λ_D de las placas de Styrodur C en función del espesor del material aislante.

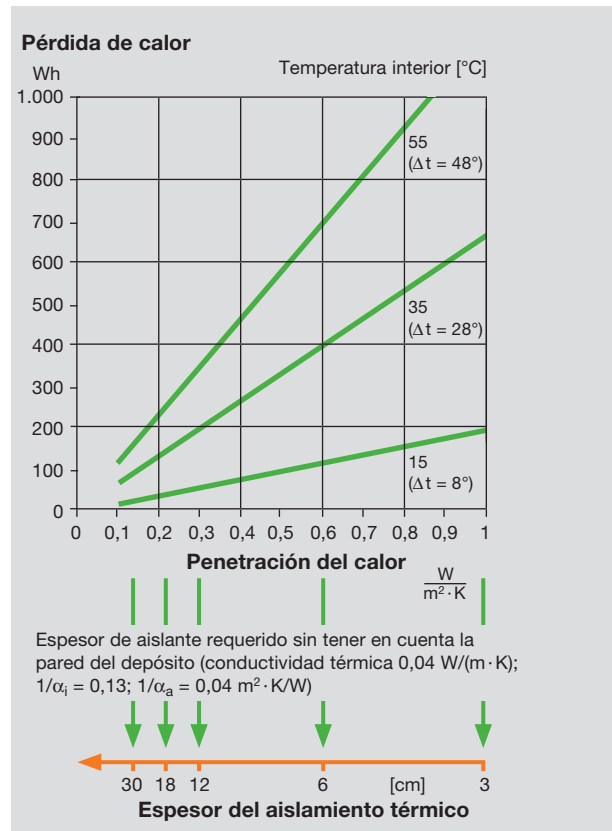


Fig. 5: Pérdidas de calor en función del valor-U según Perwanger.

Las placas de Styrodur C presentan diferentes valores de conductividad térmica en función del correspondiente espesor de placa.

Tabla 7: Conductividad térmica declarada λ_D en función del espesor de la placa.

Espesor de placa en mm	Conductividad térmica declarada λ_D en W/(m·K)
30	0,032
40	0,034
50	0,034
60	0,034
70	0,036
80	0,036
90	0,038
100	0,038
120	0,038
140	0,038
160	0,038
180	0,040

6. Datos técnicos Styrodur® C

Propiedad	Unidad ¹⁾	Código designación EN 13164	2500 C	2500 CN 2500 CNS	2800 C	3035 CS	ACS	3035 CN	4000 CS	5000 CS	Norma		
Perfil del borde													
Superficie			lisa	lisa	grabada	lisa	acanalada	lisa	lisa	lisa			
Largo x ancho	mm		1250 x 600	²⁾	1250 x 600	1250 x 600	1250 x 600	2500 x 600	1250 x 600	1250 x 600			
Conductividad térmica λ_D [W/(m·K)]			λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	EN 13164		
Resistencia térmica R_D [m ² ·K/W]			R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D			
Espesor	30 mm	–	0,032	0,95	0,032	0,95	0,032	0,95	0,032	0,95	–	–	
	40 mm	–	0,034	1,25	0,034	1,25	0,034	1,25	0,034	1,25	0,034	1,25	
	50 mm	–	0,034	1,50	0,034	1,50	0,034	1,50	0,034	1,50	0,034	1,50	
	60 mm	–	0,034	1,80	–	–	0,034	1,80	0,034	1,80	–	–	
	70 mm	–	–	–	–	–	0,036	2,00	–	–	–	–	
	80 mm	–	–	–	–	0,036	2,30	0,036	2,30	–	–	0,036	2,30
	90 mm	–	–	–	–	–	–	0,038	2,50	–	–	–	–
	100 mm	–	–	–	–	0,038	2,80	0,038	2,80	–	–	0,038	2,80
	120 mm	–	–	–	–	0,038	3,20	0,038	3,20	–	–	0,038	3,20
	140 mm	–	–	–	–	–	–	0,038	3,65	–	–	–	–
	160 mm	–	–	–	–	–	–	0,038	4,20	–	–	–	–
	180 mm	–	–	–	–	–	–	0,040	4,45	–	–	–	–
Resistencia a la compresión con una deformación del 10% kPa	30 mm > 30 mm	CS(10Y)	200	150	300	300	–	250	500	–	EN 826		
			200	200	300	300	300	250	500	700			
Fluencia a compresión kPa	30 mm > 30 mm	CC (2/1,5/50)	60	60	100	130	–	100	180	–	EN 1606		
			80	80	100	130	100	100	180	250			
Valor obtenido del esfuerzo de compresión bajo las losas de cimentación kPa	σ_{perm} f_{cd}	–	–	–	–	130 ³⁾	100	–	180	250	DIBT Z-23.34-1325		
			–	–	–	185	–	–	255	355			
Fuerza adhesión al hormigón kPa		TR 200	–	–	> 200	–	> 300	–	–	–	EN 1607		
Módulo de elasticidad a la compresión kPa	A corto plazo E A largo plazo E50	CM	10.000	10.000	15.000	20.000	20.000	15.000	30.000	40.000	EN 826		
			–	–	–	5.000	–	–	10.000	14.000			
Estabilidad dimensional a 70 °C y 90 % humedad relativa %		DS(TH)	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	EN 1604		
Comportamiento a la deformación: carga 40 kPa; 70 °C %		DLT(2)5	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	EN 1605		
Coefficiente de dilatación térmica Longitudinal	mm/(m·K)	–	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	DIN 53752		
Transversal		–	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06			
Reacción al fuego ⁴⁾	Euroclase	–	E	E	E	E	E	E	E	E	EN 13501-1		
Absorción de agua a largo plazo por inmersión	Vol.-%	WL(T)0,7	0,2	0,2	0,3	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	EN 12087		
Absorción de agua a largo plazo por difusión	Vol.-%	WD(V)3	≤ 3	≤ 3	≤ 5	≤ 3	≤ 5	≤ 3	≤ 3	≤ 3	EN 12088		
Transmisión de vapor de agua (dependiente del espesor)		MU	200 – 100	200 – 100	200 – 80	150 – 50		150 – 100	150 – 80	150 – 100	EN 12086		
Resistencia a ciclos de congelación-descongelación	Vol.-%	FT2	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	EN 12091		
Temperatura máx. de aplicación	°C	–	75	75	75	75	75	75	75	75	EN 14706		

¹⁾ N/mm² = 1 MPa = 1.000 kPa ²⁾ 2500 CN: 2600 x 600 mm; 2500 CNS 1250 x 600 mm ³⁾ Para la instalación multicapa: 100 kPa ⁴⁾ Clase de material de construcción según DIN 4102-B1

Información sobre Styrodur® C

■ Catálogo general: Europe's Green Insulation

■ Aplicaciones

Aislamiento perimetral

Aplicaciones de gran resistencia a la compresión y aislamiento de suelos

Aislamiento de muros

Aislamiento de cubiertas

Aislamiento de techos

■ Temas especiales

Rehabilitación y modernización

Casa pasiva

Aislamiento térmico de instalaciones de biogás

■ Datos técnicos

Aplicaciones recomendadas y datos técnicos

■ Video Styrodur® C: Europa aísla en verde

■ Sitio web: www.styrodur.com

BASF Construction Chemicals España, S.L.

Pol. Ind. Las Labradas
Vial Aragón M-16
Apdo. Correos 79
31500 Tudela (Navarra)

www.styrodur.com