

PASO 1: CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DE AISLAMIENTO CONTINUO DEL CÓDIGO DE ENERGÍA

El aislamiento continuo (ci) es una de las maneras más eficaces para que los muros entramados de madera cumplan con los códigos de energía modernos (véase la [calculadora de muro entramado de madera](#)) porque previenen el puente térmico como se muestra en la Figura 1. Además de cumplir con los requisitos del valor R del aislamiento continuo (ci), las conexiones de revestimientos mediante el ci deben cumplir con la definición del código de energía del aislamiento continuo (véase el cuadro de texto) y los requisitos del código de edificio para la fijación del revestimiento (véase el paso 2).

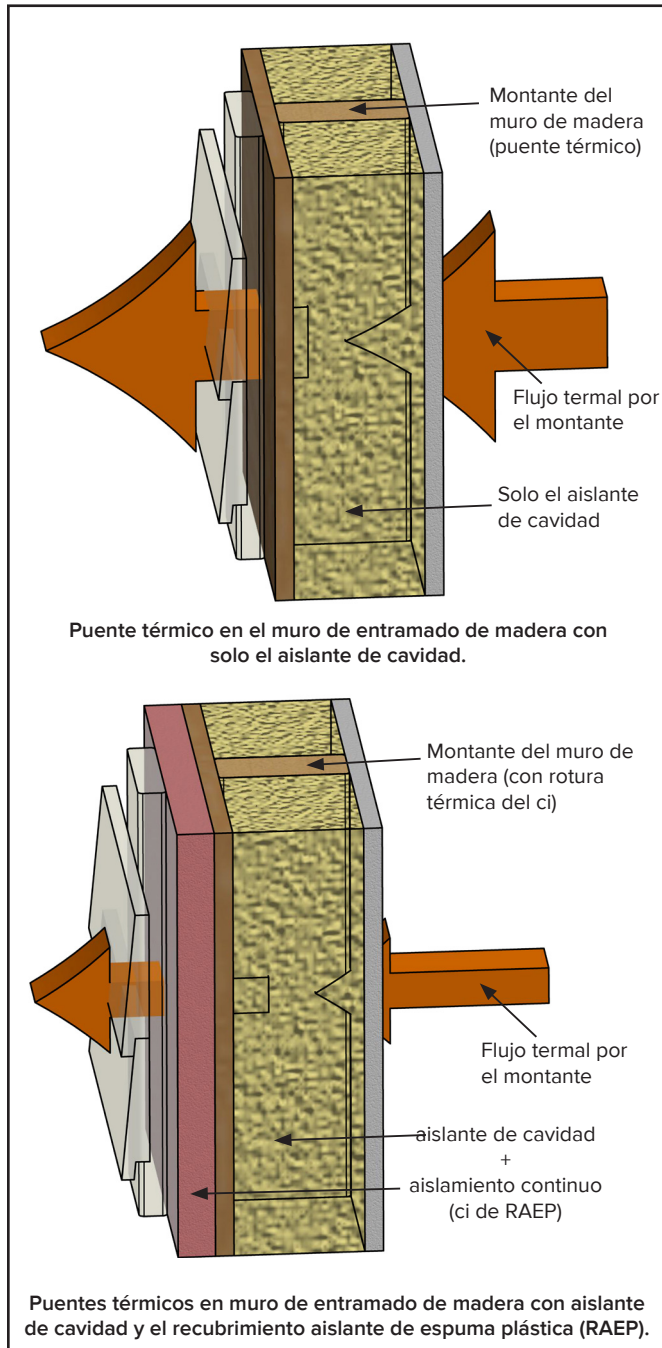


Figura 1. Ilustraciones del aislamiento continuo de RAEP usadas para minimizar el puente térmico a través del entramado de madera.

Aislamiento continuo (ci) se define en el Código Internacional de Conservación de Energía (International Energy Conservation Code, IECC) y el estándar ASHRAE 90.1 como “aislamiento no comprimido y continuo por todos los miembros estructurales sin puentes térmicos fuera de sujetadores y aperturas de servicio”.

Una parte clave de la definición del código para ci requiere que solo los sujetadores (por ej., clavos o tornillos) penetren el ci para minimizar el puente térmico. Esto es especialmente importante para detallar las instalaciones de revestimientos, como el ejemplo que se muestra en la figura 2, de forma que los valores R prescritos para ci puedan utilizarse como un medio sencillo de cumplimiento del código de energía. Las fijaciones de revestimientos y enrasado que dan lugar a algo más que sujetadores que penetran en el ci, como los soportes de enrasado, no pueden utilizar los valores R prescriptivos del ci para su cumplimiento. En cambio, el factor U total del conjunto de la pared debe determinarse mediante cálculos o pruebas y debe incluir el impacto del puente térmico del sistema de soporte de revestimientos.

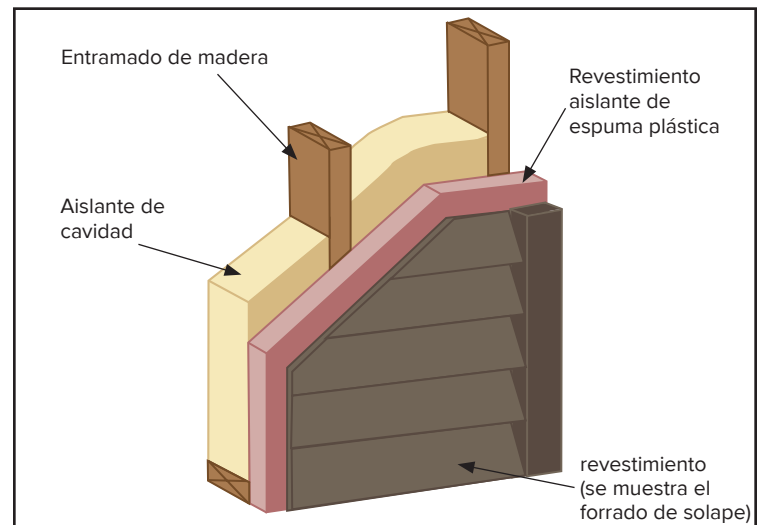


Figura 2. Ejemplo de revestimientos e instalación del ci de RAEP en el ensamblaje del entramado de madera para mitigar el puente térmico y cumplir con la definición de ci.

Otra parte clave de la definición del ci requiere que el aislamiento no esté comprimido. Dado que el ci de RAEP es una espuma plástica rígida con una resistencia a la compresión relativamente alta, es posible fijar el revestimiento y el enrasado a la estructura de madera u otros sustratos de la pared sin comprimir el aislamiento. Esto evita la reducción del rendimiento térmico debido a la compresión aislante en puntos de la conexión, mejora la constructibilidad y permite cumplir plenamente con la definición del ci.

PASO 2: CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DEL CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN PARA LAS CONEXIONES DE REVESTIMIENTOS

Las ediciones recientes del Código Internacional de la Construcción (IBC), capítulo 26, y del Código Residencial Internacional (IRC), sección R703, incluyen tres opciones para la fijación de revestimientos a través de una capa del ci de RAEP utilizando sujetadores debidamente especificados que cumplan con la definición del ci del código de energía:

1. Fijación del revestimiento directo por el ci de RAEP (véase la Figura 3A y la Tabla 1)
2. Fijación del enrasado directo por el ci de RAEP (véase la Figura 3B y la Tabla 2)
3. Fijación del revestimiento por el ci de RAEP al Sustrato de paneles estructurales de madera (véase la Figura 4 y la Tabla 3)

Estos procedimientos garantizan que el esquema de sujeción sea suficiente para soportar el peso del revestimiento y resistir el movimiento una vez instalado sobre el ci de RAEP (hasta 4 pulgadas de espesor) en función de diversas condiciones, como el peso del revestimiento (véase el cuadro de texto). Se deben consultar los requisitos del fabricante del revestimiento y de fijación del código de construcción para conocer los requisitos adicionales de instalación, especialmente cuando se requiera un esquema de sujeción más estricto por razones distintas al soporte del peso del revestimiento. Además, hay que tener muy en cuenta las especificaciones y limitaciones importantes que aparecen en las notas a pie de página de las tablas. Por último, es importante tener en cuenta que estas soluciones no son exhaustivas y que puede haber otras soluciones de sujetadores o detalles de propiedad por diseño o a través del fabricante de RAEP, revestimiento o sujetadores.

Material común de revestimiento incluidos en las clases de pesos indicados en las Tablas 1, 2 y 3 son los siguientes (verifique con los datos del fabricante del revestimiento):¹

- 3 psf (libras por pie cuadrado), por ej., forrado de panel y madera, forrado de vinilo y la mayoría de los forrados de fibra-cemento
- 11 psf – por ej., estuco de cemento Portland de 3 capas
- 18 psf – por ej., chapa de piedra adherida de peso medio
- 25 psf – por ej., chapa de piedra adherida de gran peso

¹ Los requisitos de la fijación de las Tablas 1, 2 y 3 no se aplican a los revestimientos soportados por separado, como la chapa de mampostería anclada (es decir, la chapa convencional de ladrillo o piedra). Los tirantes y sujetadores de ladrillos tienen como función resistir las cargas de viento y sísmicas fuera del plano y no a soportar el peso de la chapa. Los tirantes y sujetadores de ladrillos térmicamente eficientes pueden especificarse de forma que cumplan con la definición de ci para el cumplimiento del código de energía.

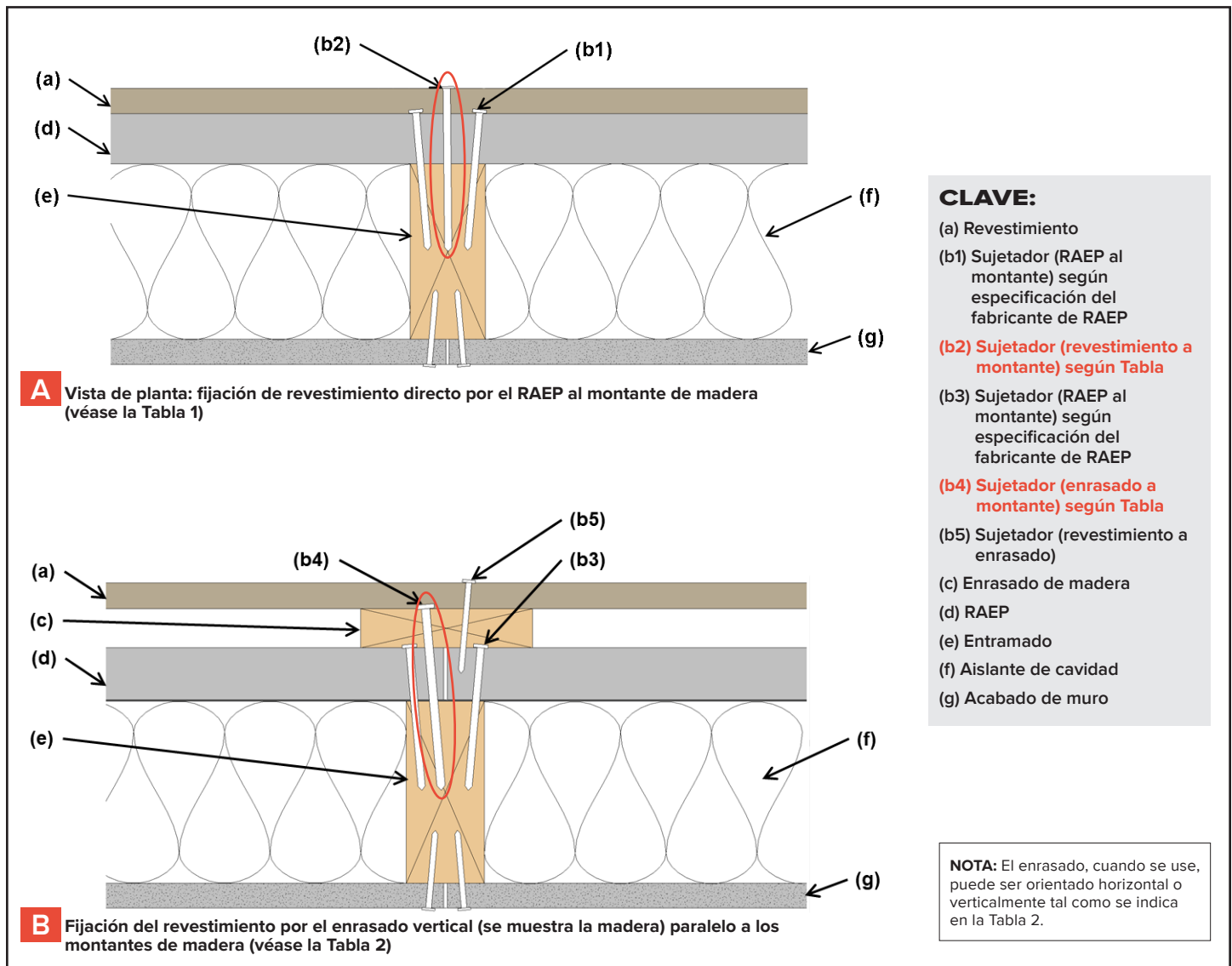


Figura 3. Ilustración de las fijaciones del revestimiento y enrasado mediante RAEP al entramado de madera.

Tabla 1. Requisitos mínimos de sujeción del forrado al entramado de madera para la fijación de revestimiento por encima del RAEP para soportar el peso del sistema de revestimiento ^{12,3,4}

SUJETADOR DE REVESTIMIENTO POR EL RAEP AL:	Tipo de sujetador de forrado y tamaño mínimo	Distancia vertical del sujetador de forrado (pulgadas)	ESPESOR MÁXIMO DE PFIS (PULGADAS)							
			16" entre centros distancia horizontal del sujetador				24" entre centros distancia horizontal del sujetador			
			PESO DEL SISTEMA DE REVESTIMIENTO							
			3 psf	11 psf	18 psf	25 psf	3 psf	11 psf	18 psf	25 psf
Entramado de madera (mínimo 1/4" de penetración)	Clavo (0.113" vástago; 0.226" cabezal)	6	2.00	1.45	0.75	DR	2.00	0.85	DR	DR
		8	2.00	1.00	DR	DR	2.00	0.55	DR	DR
		12	2.00	0.55	DR	DR	1.85	DR	DR	DR
	Clavo (0.120" vástago; 0.281" cabezal)	6	3.00	1.70	0.90	0.55	3.00	1.05	0.50	DR
		8	3.00	1.20	0.60	DR	3.00	0.70	DR	DR
		12	3.00	0.70	DR	DR	2.15	DR	DR	DR
	Clavo (0.131" vástago; 0.281" cabezal)	6	4.00	2.15	1.20	0.75	4.00	1.35	0.70	DR
		8	4.00	1.55	0.80	DR	4.00	0.90	DR	DR
		12	4.00	0.90	DR	DR	2.70	0.50	DR	DR
	16d Clavo (0.162" vástago; 0.344" cabezal)	6	4.00	3.55	2.05	1.40	4.00	2.25	1.25	0.80
		8	4.00	2.55	1.45	0.95	4.00	1.60	0.85	0.50
		12	4.00	1.60	0.85	0.50	4.00	0.95	DR	DR

Para SI: 1" = 25.4 mm; 1 libra por pie cuadrado [psf] = 4.88 kg/m²

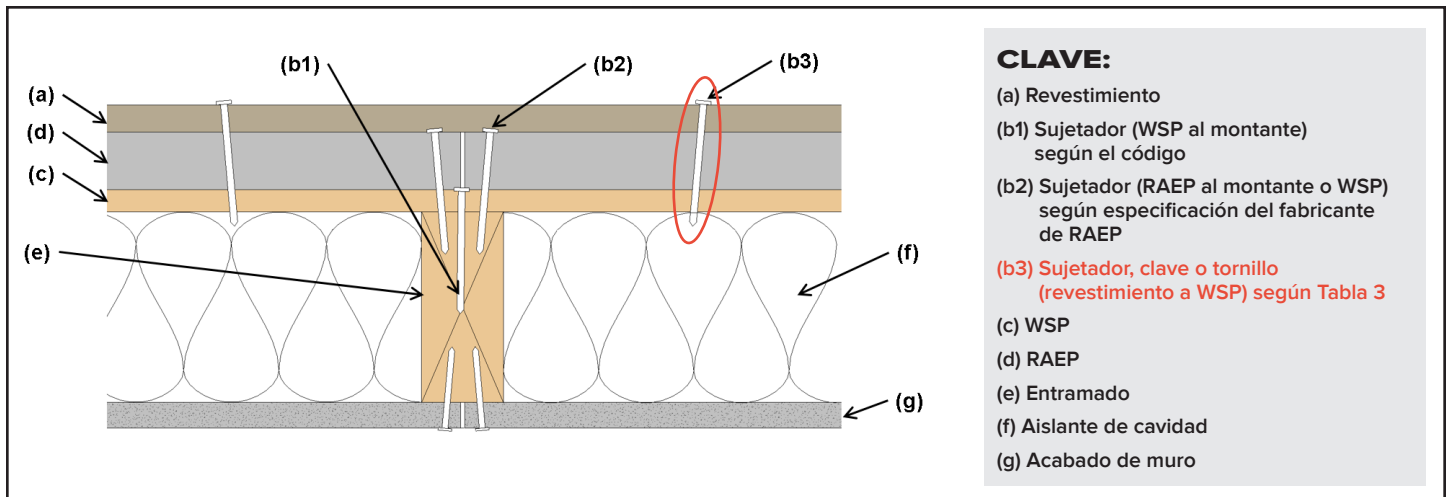
- Los valores de la tabla se basan en entramados de madera de abeto-pino-abeto o cualquier especie de madera con una gravedad específica de 0.42 o superior de acuerdo con la NDS. Se permitirá que la penetración mínima de los sujetadores incluya el espesor de los materiales de recubrimiento de los paneles estructurales de madera.
- Los sujetadores de clavos deberán cumplir con la norma ASTM F1667, excepto que se permitirá que la longitud de los clavos exceda la norma ASTM F1667. Se permitirán sujetadores de diámetro equivalente o superior y resistencia a la flexión.
- El RAEP deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 15 psi de acuerdo con ASTM C578 o ASTM C1289.
- DR = Diseño requerido

Tabla 2. Requisitos mínimos de sujeción de enrasado al entramado de madera para la aplicación por encima del RAEP para soportar el peso del sistema de revestimiento ^{12,3,4,5,6}

MATERIAL DE ENRASADO	Miembro de entramado	Tipo de sujetador y tamaño mínimo	Penetración mínima en el entramado del muro (pulgadas)	Distancia del sujetador en enrasado (pulgadas)	ESPESOR MÁXIMO DE PFIS (PULGADAS)							
					16" entre centros enrasado				24" entre centros enrasado			
					PESO DEL SISTEMA DE REVESTIMIENTO							
					3 psf	11 psf	18 psf	25 psf	3 psf	11 psf	18 psf	25 psf
Mínimo 1x3 Enrasado de madera	Mínimo 2x Montante de madera	Clavo (0.120" vástago; 0.271" cabezal)	1/4"	8	3.00	1.85	1.05	0.65	3.00	1.20	0.60	DR
				12	3.00	1.20	0.60	DR	3.00	0.70	DR	DR
				16	3.00	0.80	DR	DR	2.30	DR	DR	DR
		Clavo (0.131" vástago; 0.281" cabezal)	1/4"	8	4.00	2.45	1.45	0.95	4.00	1.60	0.85	DR
				12	4.00	1.60	0.85	DR	4.00	0.95	DR	DR
				16	4.00	1.10	DR	DR	3.05	0.60	DR	DR
		16d Clavo (0.162" vástago; 0.344" cabezal)	1/4"	8	4.00	4.00	2.45	1.60	4.00	2.75	1.45	0.85
				12	4.00	2.75	1.45	0.85	4.00	1.65	0.75	DR
				16	4.00	1.90	0.95	DR	4.00	1.05	DR	DR
		#10 tornillos de madera (0.363" cabezal)	1"	12	4.00	2.30	1.20	0.70	4.00	1.40	0.60	DR
				16	4.00	1.65	0.75	DR	4.00	0.90	DR	DR
				24	4.00	0.90	DR	DR	2.85	DR	DR	DR
		1/4" tornillo tirafondo hexagonal	1/2"	12	4.00	2.65	1.50	0.90	4.00	1.65	0.80	DR
				16	4.00	1.95	0.95	0.50	4.00	1.10	DR	DR
				24	4.00	1.10	DR	DR	3.25	0.50	DR	DR

Para SI: 1" = 25.4 mm; 1 libra por pie cuadrado [psf] = 4.88 kg/m²

- Los valores de la tabla se basan en entramados de madera y enrasado de abeto-pino-abeto o cualquier especie de madera con una gravedad específica de 0.42 o superior de acuerdo con la NDS.
- Los sujetadores de clavos deberán cumplir con la norma ASTM F1667, excepto que se permitirá que la longitud de los clavos exceda la norma ASTM F1667. Los tornillos para madera y tornillos tirafondos deberán cumplir con el Apéndice L de la NDS y la norma ANSI/ASME B18.6.1. Se permitirán otros sujetadores aprobados de diámetro y resistencia a la flexión equivalentes o superiores. Se permitirá que la penetración mínima de los sujetadores incluya el espesor de los materiales de recubrimiento de los paneles estructurales de madera.
- Se utilizará un enrasado de madera de 2x como mínimo cuando la penetración requerida del sujetador de forrado en el material de madera exceda 3/4" (191 mm) y no sea mayor de 1 1/2" (381 mm), a menos que se utilicen clavos de vástago deformado aprobados para revestimiento o tornillos para forrado que proporcionen una fuerza de retiro equivalente, permitiendo que la conexión del forrado se haga a un enrasado de madera de 1x.
- El enrasado debe espaciarse a un máximo de 24" entre centros en una orientación vertical u horizontal.
 - En una orientación vertical, se debe ubicar el enrasado sobre montantes del muro y fijarlos con la distancia de sujetadores requerida.
 - En una orientación horizontal, se debe fijar el enrasado a cada montante con un número de sujetadores equivalente a lo requerido por la separación de los sujetadores. Si la distancia requerida entre clavos es de 12" entre centros y los montantes están a 24" entre centros, entonces se requerirán dos (2) clavos en cada montante (24/12=2). En ningún caso los sujetadores se separarán por más de 24" (0.6 m).
- El RAEP deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 15 psi de acuerdo con ASTM C578 o ASTM C1289.
- DR = Diseño requerido



CLAVE:

- (a) Revestimiento
- (b1) Sujetador (WSP al montante) según el código
- (b2) Sujetador (RAEP al montante o WSP) según especificación del fabricante de RAEP
- (b3) Sujetador, clave o tornillo (revestimiento a WSP) según Tabla 3
- (c) WSP
- (d) RAEP
- (e) Entramado
- (f) Aislante de cavidad
- (g) Acabado de muro

Figura 4. Ilustración de la fijación del revestimiento ligero (≤ 3 psf) a través de un RAEP de 2" de espesor RAEP a un recubrimiento de panel estructural de madera (WSP) de mínimo 7/16" de espesor.

Tabla 3. Revestimiento ligero (≤ 3 psf) Requisitos mínimos de sujeción para la fijación a través de un RAEP de 2" de espesor máximo a un panel estructural de madera de 7/16" de espesor mínimo^{1,2,3}

TIPO Y TAMAÑO DE SUJETADOR	DISTANCIA HORIZONTAL DE LOS SUJETADORES A LO LARGO DEL FORRADO
Clavo con vástago ranurado para cubierta (0.120" mín. vástago; 0.281" cabezal)	12" entre centros
Clavo con vástago ranurado del marco del poste (0.148" mín. vástago; 5/ 5" cabezal)	15" entre centros
Tornillo n.º 6 (0.138" mín. vástago; 0.262" cabezal)	12" entre centros
Tornillo n.º 8 (0.164" mín. vástago; 0.312" cabezal)	16" entre centros

Para SI: 1" = 25.4 mm

1. Distancia horizontal de los sujetadores a lo largo del forrado está basado en el ancho del forrado (distancia entre hileras horizontales de sujetadores) de 12 pulgadas. Para otros anchos de forrado, se requiere una distancia múltiple horizontal por 12 de ancho, donde el ancho es el ancho del forrado en pulgadas.
2. Esta tabla se basa en IRC Tabla R703.3.3. El uso de esta tabla se limita a los límites de alcance de la carga de viento para las fijaciones de los revestimientos de acuerdo con la Sección R703.3.2 del IRC (es decir, una presión de viento negativa máxima de 30 psf).
3. El sujetador de revestimiento debe ser de suficiente largo como para penetrar un mínimo de ¼" más allá de la cara posterior del revestimiento de los paneles estructurales de madera.

Recursos adicionales

Para un análisis más profundo de este tema, incluso la instalación, los ejemplos de cumplimiento de códigos, la metodología de diseño, las aplicaciones distintas de las conexiones de revestimientos, y la investigación de apoyo, consulte:

- ContinuousInsulation.org: [Attachment of Exterior Wall Coverings through FPIS](#)
- [ABTG Research Report 1503-02: Attachment of Exterior Wall Coverings Through Foam Plastic Insulating Sheathing \(FPIS\) to Wood or Steel Wall Framing](#)

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD Aunque se ha hecho un esfuerzo razonable para garantizar la exactitud de la información presentada, el diseño real, la idoneidad y el uso de esta información para cualquier aplicación particular es responsabilidad del usuario. Cuando se utiliza en el diseño de edificios, el diseño, la idoneidad y el uso de esta información para cualquier edificio en particular es responsabilidad del Propietario o del agente autorizado del Propietario.



Propiedad y gestión de la Applied Building Technology Group con apoyo del Foam Sheathing Committee (FSC) de la American Chemistry Council, continuousinsulation.org proporciona recursos informativos destinados a ayudar a la industria del recubrimiento aislante de espuma plástica, utilizando una ciencia sólida para desarrollar investigaciones que apoyen el diseño y la instalación fiables, eficientes y económicas del revestimiento de espuma.

Póngase en contacto con nosotros.