



Reparación y remplazo de sistemas de revestimiento de techos residenciales de madera

Propósito y público al que va dirigida la información

El propósito de este Boletín Informativo de Recuperación es identificar las mejores prácticas para reparar y remplazar sistemas de revestimiento de techo en residencias sobre estructuras con armazón de madera y proporcionar un mejor entendimiento sobre cómo se comportan los revestimientos de techo durante los eventos de vientos fuertes. Diseñar y construir sistemas de revestimiento de techos siguiendo los códigos y las mejores prácticas de construcción más recientes, reducirá la filtración de agua; mejorará la integridad de las estructuras y los revestimientos del techo; y mejorará el desempeño general de un edificio durante huracanes y otros eventos de viento. Estas guías son para viviendas de una y dos familias, y van dirigidas principalmente a ingenieros, arquitectos y contratistas. Sin embargo, también contiene información útil para dueños de casas y edificios.

Asuntos claves

1. Un ingeniero o arquitecto profesional certificado deberá efectuar una evaluación de vulnerabilidad al viento antes de instalar un sistema de recubrimiento de techo nuevo sobre una estructura existente de soporte de un techo de armazón de madera. El evaluador deberá verificar la integridad de la estructura del armazón existente (por ejemplo, viguetas, vigas o cerchas), así como sus conexiones, con el fin de garantizar la capacidad estructural adecuada para resistir el viento. Según el *Código Internacional de Edificios Existentes* de 2018 del Consejo Internacional de Códigos (ICC *IEBC*, 2018b), si la estructura de soporte de un techo existente no es capaz de resistir por lo menos un 75 por ciento de las cargas de viento derivadas de la publicación *Cargas mínimas del diseño y criterios relacionados para edificios y otras estructuras, Edición de 2016* de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE, por sus siglas en inglés), (ASCE 7-16, 2017), los elementos estructurales y las conexiones deficientes deberán ser remplazados o reforzados para cumplir con las cargas de viento vigentes de ASCE 7.¹
2. Si el armazón estructural de un techo cuenta con una cubierta de madera, verifique que el material de la misma, su grosor y fijación, sean suficientes y estén en buenas condiciones de servicio. Si determina que el material de la cubierta no es suficiente para transferir adecuadamente la carga al sistema de soporte del techo, elimine y replácela.
3. Si determina que la cubierta está en condiciones aceptables, inspeccione y remplace los sujetadores según sea necesario, antes de remplazar el revestimiento del techo. Es posible que haya que añadir sujetadores abrazaderas adicionales para cumplir con los requisitos del código para las zonas de filos, crestas y esquinas.
4. Durante la construcción, los contratistas deben ser supervisados por un ingeniero profesional o arquitecto licenciado que pueda implementar los procedimientos de control y garantía de calidad a fin de asegurar que se cumplirá con los criterios de instalación recomendados.

Este Boletín Informativo de Recuperación considera

- Códigos de construcción
- Trayectorias de carga
- Mejores prácticas de reparación y remplazo de sistemas de revestimiento de techos

¹ La cifra de 75 por ciento se basa en los criterios del *IEBC* de 2018.

Este boletín informativo aborda los componentes de los sistemas de techo instalados sobre la estructura de armazón de madera de un techo (p. ej., vigas, viguetas o cerchas). No aborda completamente el diseño ni la instalación de la estructura de soporte del techo. A menos que se indique lo contrario, todas las fotografías provienen de lo observado por el Equipo de Evaluación de Mitigación en Puerto Rico después de los huracanes Irma y María.

Códigos de Construcción

Actualmente, el código que rige en Puerto Rico es el *Código de Construcción de Puerto Rico (CCPR, 2011)*, que hace referencia a las ediciones de 2009 del *Código Internacional de Construcción (ICC IBC, 2009a)*, el *Código Internacional de Edificios Existentes (ICC IEBC, 2009b)*, y el *Código Residencial Internacional (ICC IRC, 2009c)*; que juntos forman los Códigos-I de 2009. La adopción del código aplicable bajo el CCPR es el IEBC de 2009, que rige las actividades de reparación y remplazo de techos. Se espera que Puerto Rico adopte los Códigos-I de 2018 durante el verano de 2018. Este boletín informativo se basa en los IBC, IRC e IEBC de 2018 para la reparación y el remplazo de sistemas de cobertura de techos dañados o comprometidos.

Trayectoria de carga

La trayectoria de carga describe cómo se transmiten las cargas aplicadas a un edificio a través de una estructura hasta los cimientos.

En el caso del viento, las cargas se aplican a la superficie del techo por medio de la fuerza de succión de levante del viento, y en algunos casos, de presión hacia abajo, dependiendo de la geometría del techo y la dirección del viento. Las presiones del viento se transmiten, a través de sujetadores, desde la cobertura del techo hasta el revestimiento de madera debajo de este. La cubierta del techo es el primer componente estructural en la trayectoria de carga entre el sistema del techo y los cimientos. El mismo transmite las fuerzas del viento a los elementos de soporte del techo por medio de sujetadores como clavos con vástago anillado o tornillos preferiblemente. El diseño especial de los clavos con vástago anillado (*ring shank nails*) tiene estrías en el vástago que dan mayor capacidad de retirada en comparación con los vástagos de los clavos lisos regulares. Las conexiones fallidas o saltadas hacen que las cargas se desvíen hacia trayectorias de carga indebidas, y pueden hacer que falle el sistema.

Al determinar si un sistema de revestimiento de techo puede repararse o remplazarse, es esencial evaluar la integridad de la cobertura de techo y la estructura de apoyo del techo. Es importante garantizar que la cobertura pueda transferir la carga adecuadamente a la estructura de soporte del techo para mantener la continuidad de la trayectoria de carga de la estructura. También se deben considerar especialmente los sujetadores que fijan el revestimiento del techo a la cubierta y a la estructura de soporte del mismo. Se podrían requerir sujetadores de techo adicionales para garantizar que la cubierta del techo quede debidamente conectada con la estructura de soporte, sobre todo en los filos, las crestas y las esquinas.

La Imagen 1 muestra un ejemplo de la trayectoria de carga de la fuerza de succión de levante para un sistema de cubierta de techo de madera estándar. La trayectoria de carga de la fuerza de succión de levante para techos con panel de metal corrugado es similar cuando se trata de una cubierta de techo de madera laminada.

La trayectoria de carga es similar en el caso de techos de panel de metal corrugado sin cubierta de madera, aunque los paneles de metal estén conectados directamente a las viguetas o cerchas. Si es así, la integridad del techo depende totalmente de la conexión entre la cubierta de metal del techo, los sujetadores y la estructura de soporte del techo. La falta de redundancia en una cubierta de metal de techo sin cubierta de paneles de madera, hace que este sistema de techo quede susceptible a filtración de agua, daños por escombros arrastrados por el viento, fuerza de succión de levante por vientos fuertes, y, posiblemente, daños estructurales.

Daños estructurales sustanciales

Dependiendo del grado de los daños a la estructura del techo debajo del sistema de revestimiento del mismo, dichos daños podrían clasificarse como daños estructurales sustanciales (SSD, por sus siglas en inglés). Los SSD aparecen definidos en los Códigos Internacionales (Códigos-I). Cuando se determina que un edificio sufrió daños sustanciales, el oficial de edificios podría requerir que se actualicen la estructura del techo y demás elementos estructurales correspondientes durante cualquier esfuerzo de reparación según el código de construcción en vigor. Para más información sobre los SSD, visite:

<https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/130384>

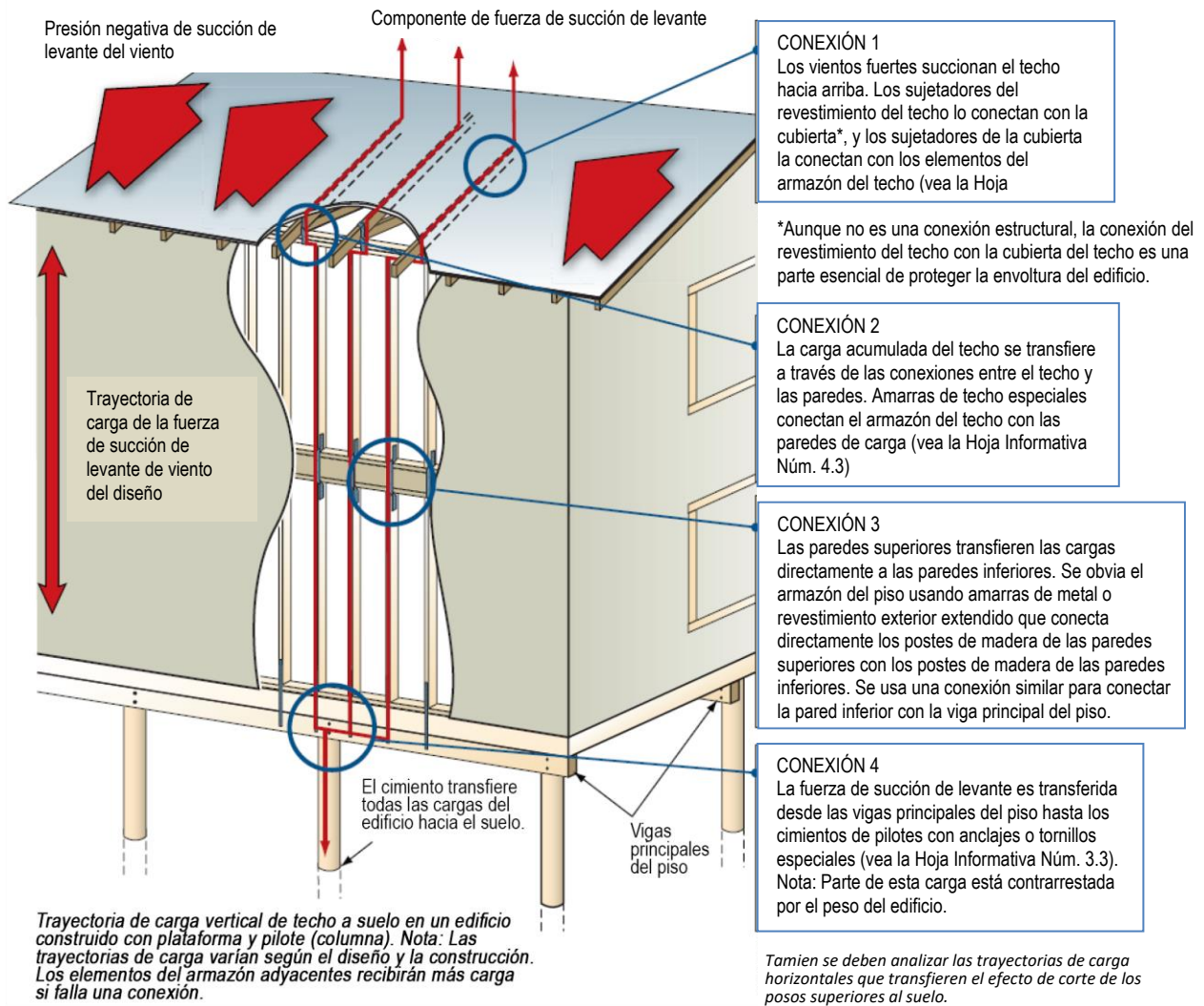


Imagen 1. Ilustración de la trayectoria de carga de un sistema de techo típico. De la Guía del Constructor de Viviendas para la Construcción Costera (FEMA P-499, 2010), Hoja de Datos Técnicos 4.1

Mejores prácticas de reparación y remplazo de sistemas de revestimiento de techos

En Puerto Rico, se observó que uno de los mecanismos de falla común en los sistemas de techos fue la fijación inadecuada del sistema primario de cobertura del techo a la estructura del armazón del techo. Otra falla común fue el colapso del armazón del techo cuando se perdió el revestimiento debido a la falta de una cubierta estructural de techo en todo el armazón del techo. Idealmente, esta debería establecerse usando como cubierta madera laminada o paneles estructurales de madera. Por lo general, en las regiones propensas a huracanes, se recomienda usar cubiertas de madera laminada con un espesor mínimo de $\frac{3}{8}$ de pulgada, en lugar de paneles de viruta orientada (OSB, por sus siglas en inglés). Ese tipo de revestimiento resiste mejor la tracción en los clavos para garantizar que el sistema del techo permanezca intacto al exponerse a las fuerzas de succión de levante del viento. Consulte la *Guía del Constructor de Viviendas para la Construcción Costera* (FEMA P-499, 2010), para recomendaciones adicionales sobre la selección y el desempeño de diferentes cubiertas. La madera laminada también ofrece protección ante los escombros arrastrados por el viento en las regiones propensas a huracanes.

Los dos tipos de cobertura de techo (materiales) predominantes observados en edificios residenciales con sistemas estructurales de techo de madera en Puerto Rico fueron las coberturas de techo con panel de metal corrugado y con tejas:

Coberturas de techo con paneles de metal

Si se diseñan y construyen correctamente, los techos con paneles de metal pueden formar un sistema de cobertura de techo sólido y duradero. Es importante seleccionar panel de techo lo suficientemente grueso para resistir las fuerzas de succión de levante. En Puerto Rico, a menudo, los paneles finos de metal corrugado sufren daños por el viento y la entrada de agua en condiciones normales del tiempo. En la Imagen 2 se puede observar que falta una sección de la estructura del techo debido a las fuerzas intensas del viento durante el Huracán María de 2017. Los paneles de metal corrugado se atornillaron a alfájas de 2 pulgadas x 4 pulgadas, colocados sobre la cubierta de madera laminada. Las alfájas y la madera laminada se fijaron con clavos,

que no proporcionaron suficiente resistencia ante la fuerza de succión de levante.

Es crucial que los sujetadores sean del tamaño adecuado y estén colocados con el espaciamiento correcto entre ellos para garantizar que los paneles de metal permanezcan conectados al armazón del techo. Se recomienda encarecidamente usar cubierta de paneles de madera laminada estructural de $\frac{3}{4}$ de pulgada, tipo T-1-11 (o cubierta de madera laminada equivalente) debajo del panel del techo, para transferir la carga al armazón del techo, prevenir la filtración de agua hacia la estructura y crear un diafragma adecuado. También se recomienda un sistema robusto de capa base, como fieltro saturado Núm. 30, para así contar con una barrera secundaria contra el agua que proteja contra la filtración del agua. Si se coloca un sistema nuevo de cobertura de techo sobre una estructura de soporte del techo sin ser reforzada, el nuevo sistema de revestimiento de techo quedaría susceptible a daños futuros.



Imagen 2. Techo de metal corrugado dañado. El techo no tenía cubierta de madera laminada armazón de soporte ni conexiones de techo adecuadas.

Cobertura de techo con tejas

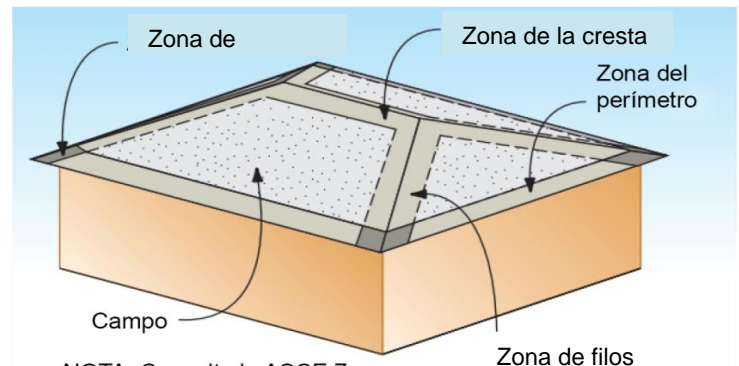
Los sistemas de revestimiento de techo con teja no son muy comunes en Puerto Rico, aunque varias comunidades en la isla usan las tejas como sistema principal de cobertura de techos. En estos casos, las tejas son decorativas y se colocan sobre una cubierta de cemento. Existen muchos estilos diferentes de tejas para techos, fabricadas con materiales como barro, cemento, plástico y hasta panel de metal en forma de tejas.

La instalación ideal incluye tejas instaladas sobre una cubierta sólida de cemento. Luego se instala una membrana impermeable, seguida por listones. En las regiones con huracanes, los techos con tejas deben anclarse al techo con sujetadores, típicamente sobre los listones. Los sujetadores utilizados deben ser adecuados para resistir la fuerza de succión de levante de las cargas del viento según el *IBC*. Si los sujetadores resultan inadecuados para retener las tejas al techo, estas podrían desprenderse de la estructura y convertirse en escombros arrastrados por el viento. Esas tejas pueden volar distancias considerables y penetrar tormenteras y vidriados, y podrían lastimar a alguien. Aunque estén bien sujetadas, las tejas corren el riesgo de romperse por el impacto de escombros arrastrados por el viento, a menos que tengan la clasificación de resistentes a impactos. Cuando queden comprometidas, o se hayan desprendido del techo, la cubierta del techo también queda susceptible a filtración de agua. La Imagen 3 muestra cómo el viento desprendió muchas de las tejas de la casa.

Se debe tener cuidado especial con las tejas de esquinas, filos, crestas y perímetros del techo, para garantizar que estas áreas queden sujetadas correctamente con ganchos o correas, ya que las tejas en estas zonas son más susceptibles a desprenderse con el viento. La Imagen 4 muestra las zonas de carga del viento de la *Guía de diseño para mejorar la seguridad de instalaciones críticas en casos de inundación y vientos fuertes: Cómo proteger a personas y edificios* (FEMA 543, 2007). Se deberán instalar ganchos en las tejas de techo de estas zonas.



Imagen 3. Techo con tejas dañadas.



NOTA: Consulte la ASCE 7 para ver el ancho de estas zonas.

Imagen 4. Áreas en las que se deben instalar pasadores para tejas. De FEMA 543 (Boletín técnico 7.4, Imagen 1).

Capa base para techos con tejas o metal

Cuando se usa correctamente, la capa base da protección adicional contra la entrada de agua y reduce los daños causados por agua a la estructura y al contenido de un edificio con un costo limitado adicional. Se observó que muchos de los sistemas de techos con tejas inspeccionados en Puerto Rico tenían capa base, pero no se vio en otros tipos de coberturas de techo a pesar de estar especificado en las guías de diseño preparadas por FEMA y otras entidades después del huracán Georges en 1998.

Al instalar la capa base, se requiere el solape inicial, de extremo y los lados correctos, para que funcione en forma óptima. No se deben usar selladores para sustituir los solapes del adecuado de la capa base. Las Imágenes 5 y 6 muestran ejemplos de cómo instalar y detallar debidamente la capa base para lograr protección adicional contra la filtración de agua a través del sistema del techo.

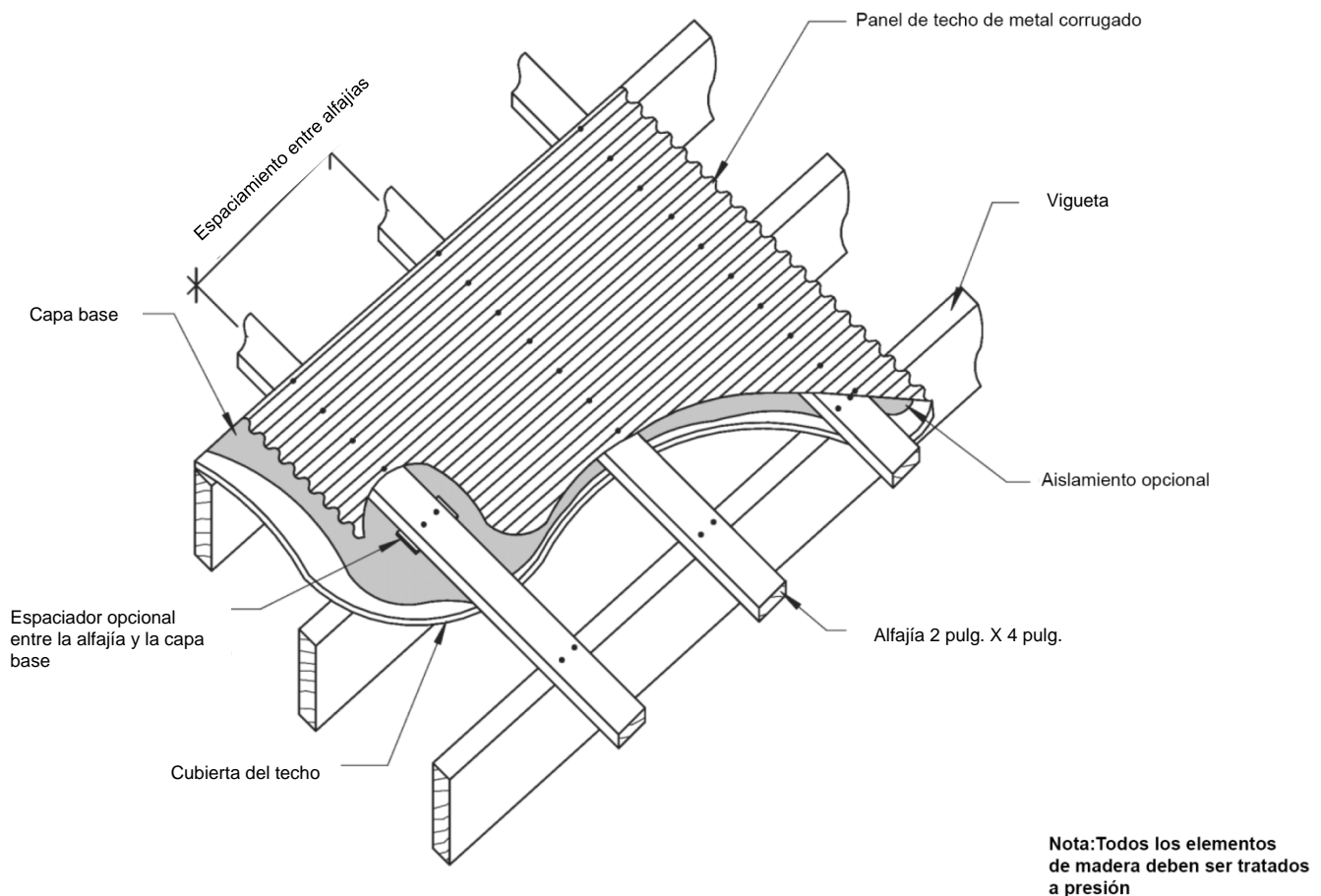


Imagen 5. Instalación típica de capa base. De: Información de Construcción para un Hogar Más Fuerte, 4ta edición (Departamento de Recursos Naturales de las Islas Vírgenes de EE. UU., 2018), Hoja S-16.

Los tapajuntas y las canaletas de borde de metal son componentes importantes para mejorar la resistencia ante la entrada de agua y la lluvia impulsada por el viento. El grosor de los tapajuntas debe ser igual que el de la cobertura del techo de metal, o un equivalente de vinilo. Se deben evitar los tapajuntas de aluminio debido a su riesgo de corrosión al entrar en contacto con productos de madera tratada. El código requiere canaletas de metal a lo largo de los aleros y los extremos del hastial. La Imagen 6 muestra un ejemplo de la configuración de la capa base y la canaleta de borde. La Sección R905 del IRC de 2018, y la Sección 1507 del IBC de 2018, ofrecen guías adicionales sobre cómo seleccionar y aplicar la capa base en sistemas de cobertura de techos.

Materiales e instalación

La Tabla 1 muestra una guía de las mejores prácticas para materiales e instalación. Aunque fue redactada para las Islas Vírgenes de EE. UU., aplica a la mayoría de las áreas de Puerto Rico. Las cifras en la tabla se basan en viguetas espaciadas a 2 pies 0 pulgadas en el centro, y una velocidad de viento básica de 165 mph para un edificio de Categoría de Riesgo II. Para las áreas de Puerto Rico con velocidades de viento del diseño mayores a 170 mph, un profesional de diseño debe tomar la decisión final para los componentes del techo nombrados.

Las recomendaciones de la Tabla 1 se basan en la categoría de exposición dada, aunque el diseño puede variar de acuerdo con la ubicación de un lugar en particular y las suposiciones del profesional de diseño.

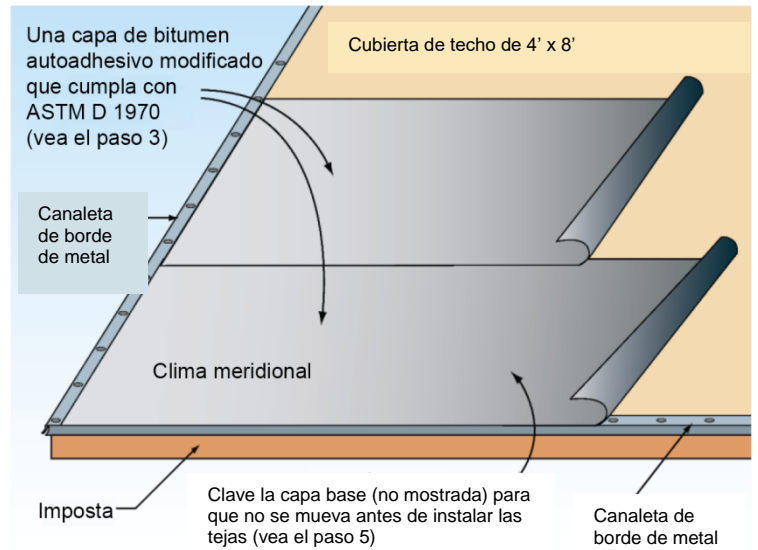


Imagen 6. Instalación típica de capa base y canaleta de borde de metal. De: FEMA P-499 (Hoja Informativa Técnica 7.2).

Tabla 1. Cubierta de techo, alfajía y conexiones. De: Información de Construcción para un Hogar Más Fuerte, 4ta edición, Hoja S-15.

Diseños de los componentes de techo	Exposición al viento B en la mitad superior de una colina, cresta o escarpadura o cerca de la cresta de una escarpadura	Exposición al viento B	Exposición al viento D
Espacios entre sujetadores de paneles de metal para techo a lo largo de la alfajía	5 ½ pulg. al centro (Alternando canaletas del corrugado).	10 ⅔ pulg. al centro (Cada 4 ^{ta} canaleta del corrugado).	8 pulg. al centro (Cada 3 ^{ra} canaleta del corrugado).
Espacios entre alfajías	Ver los planos del techo	Ver los planos del techo	Ver los planos del techo
Sujetadores para alfajías en los salientes de voladizos	Tornillo de acero inoxidable para madera #14 de 5 pulg. de largo enroscado a 6 pulg. al centro	Tornillo de acero inoxidable para madera #12 x 4 ½ pulg. enroscado a 12 pulg. de largo al centro	Tornillo de acero inoxidable para madera #14 de 5 pulg. de largo enroscado a 6 pulg. al centro
Sujetadores para alfajías en el cruce de cada vigueta	Dos tornillos de acero inoxidable para madera #14 de 5 pulg. de largo	Dos tornillos de acero inoxidable para madera #12 de 4 ½ pulg. de largo	Dos tornillos de acero inoxidable para madera #14 de 5 pulg. de largo
Bloques para revestimiento (espaciadores)	Se deberán instalar bloques debajo del borde sin soporte de todo el revestimiento del techo al que se le haya aplicado una membrana líquida	Se deberán instalar bloques debajo del borde sin soporte de todo el revestimiento del techo al que se le haya aplicado una membrana líquida	Se deberán instalar bloques debajo del borde sin soporte de todo el revestimiento del techo al que se le haya aplicado una membrana líquida
Tamaño de la cubierta Se puede disminuir el grosor por ⅛ de pulgada si se reemplaza la madera laminada con textura por madera laminada regular. Sin embargo, el grosor mínimo no debe ser menor de ¾ de pulg.	Madera laminada con textura estructural tipo 1 de ⅞ de pulg. con clasificación de luz de 48/24	Madera laminada con textura estructural tipo 1 de 23/32 de pulg. con clasificación de luz de 32/16	Madera laminada con textura estructural tipo 1 de ¾ de pulg. con clasificación de luz de 40/20
Sujetadores de cubierta	Tornillos de acero inoxidable para madera #14 de 3 ½ pulg. de largo enroscados a 3 pulg. al centro en todos los elementos de soporte	Tornillos de acero inoxidable para madera #12 de 3 pulg. de largo enroscados a 5 pulg. al centro en todos los elementos de soporte	Tornillo de acero inoxidable para madera #14 de 3 ½ pulg. de largo enroscados a 3 pulg. al centro en todos los elementos de soporte

Nota: La tabla se basa en viguetas espaciadas a 2 pies 0 pulg. (al centro) como máximo.

Referencias y enlaces útiles

Referencias

- Consejo Americano de la Madera. 2018. *Manual de Construcción de Armazones de Madera para Viviendas de Una y Dos Familias (Wood Frame Construction Manual for One- and Two-Family Dwellings)*. <http://www.awc.org/codes-standards/publications/wfcm-2018>.
- Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE). 2017. *Cargas mínimas del diseño y criterios relacionados para edificios y otras estructuras (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures)*. Edición de 2016. ASCE 7-16. <https://www.asce.org/structural-engineering/asce-7-and-sei-standards/>.
- Consejo Internacional de Códigos. 2009a. *Código Internacional de Construcción*. ICC IBC. <https://codes.iccsafe.org/public/document/details/toc/745>.
- Consejo Internacional de Códigos. 2009b. *Código Internacional de Edificios Existentes*. ICC IEBC. <https://codes.iccsafe.org/public/document/details/toc/746>.
- Consejo Internacional de Códigos. 2009c. *Código Residencial Internacional*. ICC IRC. <https://codes.iccsafe.org/public/document/details/toc/754>.
- Consejo Internacional de Códigos. 2018a. *Código Internacional de Construcción*. ICC IBC. <https://codes.iccsafe.org/public/document/IBC2018>.
- Consejo Internacional de Códigos. 2018b. *Código Internacional de Edificios Existentes*. ICC IEBC. <https://codes.iccsafe.org/public/document/IEBC2018>.
- Consejo Internacional de Códigos. 2018c. *Código Residencial Internacional*. ICC IRC. <https://codes.iccsafe.org/public/document/IRC2018>.
- FEMA. 2007. *Guía de diseño para mejorar la seguridad de instalaciones críticas en casos de inundación y vientos fuertes: Cómo proteger a personas y edificios (Design Guide for Improving Critical Facility Safety from Flooding and High Winds: Providing Protection to People and Buildings)*. FEMA 543. <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/8811>.
- FEMA. 2010. *Guía del Constructor de Viviendas para la Construcción Costera (Home Builder's Guide to Coastal Construction)*. FEMA P-499. <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/6131>.
- FEMA. 2017. *Cómo entender los daños estructurales sustanciales en el Código Internacional de Edificios Existentes (Understanding Substantial Structural Damage in the International Existing Building Code)*. <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/130384>.
- Oficina de Gerencia y Permisos (OGPE) de Puerto Rico. 2011. *Código de Construcción de Puerto Rico CCPR 2011*.
- Departamento de Recursos Naturales de las Islas Vírgenes de EE. UU. 2018. *Información de Construcción para un Hogar Más Fuerte (Construction Information for a Stronger Home)*, 4ta edición. (Fecha esperada de publicación, abril de 2018).

Enlaces útiles

- FEMA. 2011. *Manual de construcción costera: Principios y prácticas de planificación, ubicación, diseño, construcción y mantenimiento de edificios residenciales en áreas costeras (Coastal Construction Manual: Principles and Practices of Planning, Siting, Designing, Constructing, and Maintaining Residential Buildings in Coastal Areas)*, 4ta Edición. FEMA P-55. <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/3293>.

FEMA. “FEMA U.S. Virgin Islands”. <https://www.facebook.com/FEMAUSVirginIslands>. Nota, esta página de Facebook fue creada para el proceso de recuperación de los huracanes Irma y María y se actualiza regularmente con información útil.

Para más información, consulte el sitio de internet de Preguntas Frecuentes de Ciencia de la Construcción de FEMA en <https://www.fema.gov/frequently-asked-questions-building-science>.

Si tiene preguntas adicionales sobre las Publicaciones de Ciencia de la Construcción de FEMA, comuníquese con la línea de ayuda en FEMA-BuildingScienceHelp@fema.dhs.gov o al 866-927-2104.

También puede inscribirse para recibir la suscripción electrónica de Ciencias de la Construcción de FEMA, que se actualiza con publicaciones y las actividades de Ciencias de la Construcción de FEMA. Suscríbase en <https://public.govdelivery.com/accounts/USDHSFEMA/subscriber/new>.

Visite la Rama de Ciencias de la Construcción de la Dirección de Manejo de Riesgos en la Administración del Seguro Federal y Mitigación <https://www.fema.gov/building-science>.

Para ordenar publicaciones, comuníquese con el Centro de Distribución de FEMA:

Llame al: 800-480-2520

(Lunes a viernes, de 8 a.m. a 5 p.m., hora del este)

Fax: 240-699-0525

Correo electrónico: FEMA-Publications-Warehouse@fema.dhs.gov

Para documentos adicionales de FEMA, visite la Biblioteca de FEMA en:

<https://www.fema.gov/library>.

Escanee este código QR para visitar la página de Ciencias de la Construcción de FEMA.

