



MANUAL DE REFERENCIA

COMO INSTALAR CUBIERTAS SEGURAS

LOS PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEL MOVIMIENTO INTERNACIONAL DE LA CRUZ ROJA Y DE LA MEDIA LUNA ROJA.

Humanidad:

El Movimiento Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, al que se ha dado nacimiento la preocupación de prestar auxilio, sin discriminación, a todos los heridos en los campos de batalla, se esfuerza, bajo su aspecto interno internacional y nacional, en prevenir y aliviar el sufrimiento de los hombres en todas las circunstancias. Tiende a proteger la vida y la salud, así como a hacer respetar a la persona humana. Favorece la comprensión mutua, la amistad, la cooperación una paz duradera entre todos los pueblos.

Imparcialidad:

No hace ninguna distinción de nacionalidad, raza, religión, condición social ni credo político. Se dedica únicamente a socorrer a los individuos en proporción con los sufrimientos, remediando sus necesidades y dando prioridad a las más urgentes.

Neutralidad:

Con el fin de conservar la confianza de todos, el movimiento se abstiene de tomar parte en las hostilidades y en todo tiempo, en las controversias de orden político, racial, religioso e ideológico.

Independencia:

El movimiento es independiente. Auxiliares de los poderes públicos en sus actividades humanitarias y sometidas a las leyes que rigen los países respectivos, las Sociedades Nacionales deben, sin embargo, conservar una autonomía que les permita actuar siempre de acuerdo con los principios del movimiento.

Voluntariado:

Es un movimiento de socorro voluntario y de carácter desinteresado.

Unidad:

En cada país solo puede existir una Sociedad de la Cruz Roja o de la Media Luna Roja, que debe ser accesible a todos y extender su acción humanitaria a la totalidad del territorio.

Universalidad:

El Movimiento Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, en cuyo seno todas las Sociedades tienen los mismos derechos y él debe de ayudarse mutuamente, es universal.

Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja.

Este manual ha sido elaborado por la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja con apoyo técnico del Centro de Referencia en Preparación Institucional para Desastres.

Se autoriza citar total o parcialmente el contenido de este manual con fines no comerciales, siempre y cuando se mencione la fuente. La Federación Internacional apreciaría recibir detalles acerca de su utilización.



Federación Internacional de Sociedades
de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja



Swiss Red Cross 



CROIX-ROUGE 
de Belgique

Para más información, diríjase a:
17 calle Poniente y Avenida Henry Dunant,
Centro de Gobierno, San Salvador, El Salvador
Teléfono: +503 2239 4938
Correo Electrónico: crepd.americas@ifrc.org


Rode Kruis
Vlaanderen

ÍNDICE

CONTENIDOS

RECONOCIMIENTO.....	6
PRÓLOGO	7
SOBRE ESTE MANUAL.....	8
ESTRUCTURA DEL MANUAL	9
DESTINATARIOS DEL MANUAL.....	10
TÉRMINOS TÉCNICOS USADOS EN ESTE MANUAL.....	11
FORMAS Y ESTRUCTURAS DE LAS CUBIERTAS	11
A. CUBIERTA A UN AGUA	11
B. CUBIERTA A DOS AGUAS.....	12
C. CUBIERTA A CUATRO AGUAS.....	14
D. CUBIERTA ABUHARDILLADA	15
E. MATERIALES	16
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	17
SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	20
CAPITULO I	21
MATERIALES.....	21
1.1. Materiales ondulados para cubiertas	22
1.2. Láminas Zinc.....	25
1.2.1. Dimensiones y medidas de las láminas de Zinc	26
1.2.2. Tipo de galvanización o recubrimiento	30
1.2.3. Espesor del recubrimiento y durabilidad de las láminas de zinc	33
1.2.4. Ejemplo de las especificaciones técnicas para las láminas de zinc.....	42
1.2.5. Problemas con láminas de zinc y medidas preventivas	44
1.3. Materiales para el soporte estructural de cubiertas con láminas de zinc	48
1.3.1. Madera de construcción	49
1.3.2. Madera de coco	57

1.3.3. Bambú	62
1.3.4. Metal	63
1.3.5. Ventajas y desventajas de cada tipo de soporte.....	64
1.4. Elementos de fijación y accesorios	66
1.4.1 Clavos para techo.....	67
1.4.2 Tornillo para techo.....	70
1.4.3 Elementos de fijación específicos para metal y bambú.....	74
1.4.4. Arandelas de cierre	76
1.5. Prueba de rendimiento de elementos de fijación y soportes realizadas por IFRC-SRU	79
1.6. Anclajes antihuracanes	87
1.6.1. Anclaje o correa en bobina	88
1.6.2. Anclajes antihuracanes para sujetar los listones a las vigas	89
1.6.3. Anclajes antihuracanes para sujetar las vigas a los travesaños superiores.....	91
1.6.4. Elementos de fijación para anclajes y correas antihuracanes	94
1.7. Accesorios para techos: remate de cumbrera, limatesa y borde	96
1.7.1. Remate de cumbrera y remate de limatesa	96
1.7.2. Remate de borde	99
CAPITULO II	107
EQUIPO DE SEGURIDAD, CONTROL DE CALIDAD, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO.....	107
2.1. Equipo básico de seguridad	108
2.2. Control de calidad de las láminas de zinc y otros artículos galvanizados.....	110
2.2.1. Pruebas para verificar las dimensiones de las láminas de zinc.....	111
2.2.2. Pruebas para verificar el espesor del recubrimiento.....	112
2.2.3. Pruebas para verificar la calidad del recubrimiento de zinc.....	121
2.3. Transporte y Almacenamiento.....	124
2.3.1. Lámina de zinc y otros artículos galvanizados para techos	125
2.3.2 Madera de construcción, madera de coco y bambú	127
CAPITULO III.....	130
FORMA Y ÁNGULO DE PENDIENTE DE LOS TECHOS	130
3.1 Efectos del viento y los terremotos en las estructuras.....	131
3.1.1. Efectos generales de los vientos fuertes y los terremotos en las estructuras.....	131
3.1.2. Efectos del viento en las estructuras	133

3.2 Presión del viento sobre las paredes de distintas edificaciones.....	134
3.2.1. Presión del viento sobre las paredes	135
3.2.2. Alojamiento cerrado	136
3.2.2. Alojamiento “abierto”	137
3.2.2. Alojamiento elevado del suelo.....	138
3.3 Impacto de la presión del viento sobre los diferentes tipos de techos	139
3.3.1. Categorías de ciclones y velocidad sostenida del viento	140
3.3.2. Exposición del emplazamiento o tipo de terreno	141
3.3.3. La mejor orientación para el alojamiento y el techo	144
3.3.4. Ventajas y desventajas de las diferentes formas de techo.....	144
3.3.5. Ángulo de pendiente del techo.....	146
3.3.6. Detalles de los techos	149
3.4 Selección del tipo de techo de acuerdo con la exposición (tipo terreno) y la velocidad del viento	156
3.4.1. Zona Urbana.....	159
3.4.2. Zonas suburbanas y rurales con cubierta de vegetación.....	164
3.4.2. área rural con poca vegetación.....	168
3.4.3. Zona costera.....	172
CAPITULO IV	181
MANTENIMIENTO DEL TECHO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	181
4.1. Mantenimiento del techo	182
4.1.1. Listones, vigas y otros elementos estructurales	182
4.1.2. Chapas onduladas de hierro galvanizado (láminas de zinc).....	183
4.1.3. Elementos de fijación de las láminas zinc	185
4.1.4. Anclajes antihuracanes y sus elementos de fijación.....	186
4.1.5. Revisión de las canaletas.....	187
4.2. Medidas de protección	187
4.2.1. Alojamiento con paredes exteriores que no son herméticas	188
4.2.2. Alojamiento con paredes herméticas	188
4.2.3. Medidas de refuerzo para el techo	190
4.2.4. Tipos de anclaje al suelo	198

RECONOCIMIENTO

Coordinadora del proyecto y editora del manual: Cecilia Braedt (IFRC-SRU)

Autora principal: Emeline Decoray (Shelter over^head)

Laboratorio y pruebas de campo: Daniel Ledesma (IFRC-SRU)

Diseño gráfico: Teresa Boese (titrobonbon.de)

Fotos: Emeline Decoray (Shelter over^head y IFRC-SRU)

Foto de portada: Emeline Decoray (Shelter over^head y Cruz Roja de San Vicente y las Granadinas).

Nuestro más sincero agradecimiento a la delegación del CICR en Filipinas, especialmente a la delegación de Samar, por su apoyo operativo y por poner a nuestra disposición las instalaciones de sus almacenes para las pruebas de campo. Agradecemos especialmente a Gafur M Nur Abdul, Britt Christiaens y Marco Alberti, así como a Wardell Eastwood de la delegación de la FICR en Filipinas, y a la FICR y Cruz Roja Filipina en Tacloban por brindarnos apoyo operativo. Agradecemos también al ingeniero Jean Lamesch por compartir su extenso y especializado conocimiento en el uso de la chapa ondulada de hierro galvanizado y las cubiertas de zinc.

Extendemos nuestros agradecimientos a Alexander van Leersum (Cruz Roja Holandesa), Azmat Ulla (FICR), Charles Aurouet (Cruz Roja Francesa), Corinne Tréherne (FICR), David Dalgado (FICR), Ela Serdaroglu (FICR), Leeanne Marshall (FICR / Cruz Roja Australiana), Nadine Weber (Cruz Roja Suiza), Patrick Elliot (FICR/Cruz Roja Británica) Santiago de Luengo (FICR/Cruz Roja Mexicana) y a Wardell Eastwood (FICR) por la revisión y sus valiosos comentarios, así como a David Dalgado (FICR) por la revisión final del manual.

PRÓLOGO

Las estadísticas del *World Disaster Report 2016*¹ de los últimos diez años revelan que dentro de los desastres naturales las tormentas son la segunda causa de pérdida de vidas y daños materiales, después de los terremotos. Las tormentas son también el desastre natural que afecta al mayor número de personas en el mundo después de las inundaciones.

Las fotografías de la devastación producida por tifones, ciclones o huracanes nos dejan una clara imagen de los efectos que tienen estos fenómenos climáticos extremos: tejados arrancados de en su totalidad, cabañas y casas deslizadas o completamente destruidas por la fuerza del viento.

Obviamente la destrucción afecta mayormente a las estructuras construidas de forma precaria, sin pericia técnica o con materiales de construcción de baja calidad. No obstante, la construcción de bajo costo no tendría que tener como resultado una estructura frágil. Desde tiempos inmemoriales, muchas culturas locales que han afrontado desastres naturales han desarrollado técnicas para construir edificaciones que resisten a estos desastres, utilizando materiales locales que a menudo provienen del entorno natural. Pero actualmente es difícil aplicar estas técnicas tradicionales a los nuevos materiales industriales que se usan alrededor del mundo. En la última década, la lámina de zinc se ha convertido en el material más común para la construcción de cubiertas y se ha usado ampliamente en las respuestas humanitarias de alojamiento.

Dado que “reconstruir de forma más segura” es el principal objetivo del alojamiento en emergencias y de las intervenciones de reconstrucción, es importante adquirir conocimientos para construir cubiertas con láminas de zinc que sean seguros y resistentes a las tormentas. Sin duda la selección de los materiales y los pequeños detalles técnicos pueden marcar la diferencia en el rendimiento general de las cubiertas y pueden tener efectos considerables en el costo por unidad. En operaciones a gran escala también se debe tomar en cuenta otros aspectos como las existencias del material en los mercados locales y los medios de vida en las comunidades. Por ello las especificaciones técnicas de las láminas de zinc y sus elementos de fijación han sido a menudo motivo de discusiones acaloradas y desacuerdos entre los grupos técnicos de trabajo de los Clústers de Alojamiento en los distintos países.

Este manual persigue consolidar toda la información sobre los aspectos técnicos de las láminas de zinc y las mejores prácticas en la construcción de cubiertas resistentes a huracanes de una manera clara y accesible con el objetivo de contribuir a reducir las vulnerabilidades relacionadas con el alojamiento que ponen en riesgo la vida de sus habitantes.

¹ World Disaster Report 2016: Resilience: saving lives today, investing for tomorrow; International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, ISBN: 978-92-9139-240-7

SOBRE ESTE MANUAL

Las láminas de zinc actualmente tienen el costo más bajo conocido en materiales de construcción disponible para la instalación de cubiertas. Existe una gran variedad de tipos de láminas de zinc en el mercado y éstas varían de acuerdo con su calidad y a la región del mundo.

Este manual persigue brindar orientación acerca cómo escoger el tipo más apropiado de láminas de zinc tomando en cuenta el contexto en el que se pretende instalar, cómo manejar e instalar las láminas de zinc para cubiertas. Asimismo, el manual ofrece algunas medidas de mantenimiento y prevención para garantizar la seguridad y durabilidad de las cubiertas.

Dado que este manual se centra especialmente en mejorar la seguridad y resistencia las cubiertas con láminas de zinc ante las tormentas, proporcionamos orientación sobre la forma y la pendiente más adecuada que debe tener la cubierta para soportar la acción del viento y así ayudar a tomar decisiones informadas en cada contexto específico. En zonas en las que hay poco riesgo de vientos fuertes, se puede replantear la calidad de las láminas de zinc y la resistencia de los elementos de fijación.

Nota importante:

Este texto no es un manual sobre estructuras de cubiertas. Si bien proporciona recomendaciones importantes acerca de las formas y pendientes de las cubiertas y sobre el espaciado de correas y vigas utilizados para dar soporte a las láminas de zinc, así como acerca de los anclajes antihuracanes para sujetar la estructura de la cubierta, no explica con detalle todos los componentes de construcción tales como uniones o soportes que son esenciales para la estabilidad de la estructura de la cubierta. Tampoco se ha calculado la carga de nieve puesto que no se confirmó la necesidad según los contextos estudiados. Sin embargo, si se considera necesario, se añadirá un capítulo adicional sobre la carga de nieve.

Las recomendaciones proporcionadas en este manual están basadas en:

- Cálculos de ingeniería para cubiertas a un agua, a dos aguas, a cuatro aguas y cubiertas abuhardillados, cada uno de ellos con tres pendientes diferentes y en cuatro escenarios de acción de viento, conforme las normas de los Eurocódigos estructurales.
- Pruebas de campo llevadas a cabo en Las Filipinas de las diferentes calidades de láminas de zinc, así como de sus elementos de fijación y soportes.
- Análisis de las especificaciones de los materiales y otra información relevante.

ESTRUCTURA DEL MANUAL

Capítulo I - Materiales: explica las especificaciones más importantes para el rendimiento de las láminas de zinc y los materiales usados para la estructura de las cubiertas, así como los diferentes elementos de fijación, accesorios y herramientas necesarios para trabajar con las láminas de zinc.

Capítulo II - Equipo de seguridad y control de calidad, transporte y almacenamiento de las láminas de zinc y de otros artículos de hierro o acero galvanizado.

Capítulo III - Diseño de la forma y pendiente de la cubierta: explica cómo la acción del viento afecta la estructura y qué medidas (como la forma de la cubierta) se pueden tomar para reducir la fuerza del viento sobre la cubierta. Se exploran cuatro formas de cubiertas diferentes y de pendientes en distintos escenarios para identificar la más apropiada para cada contexto específico.

Capítulo IV - Mantenimiento de la cubierta y medidas de mitigación: explica cómo mantener y reparar las cubiertas de láminas de zinc y qué medidas pueden aplicarse para reducir el riesgo de daños causados por fuertes vientos o huracanes.

La información técnica detallada está resaltada en los capítulos de la siguiente manera:



Recomendaciones



Advertencias



Consejos prácticos



Información adicional

Al final de cada sección se presenta un resumen breve de los puntos más importantes.

En los anexos se encuentra la siguiente información técnica:

- Tabla de conversión para la lámina de zinc
- Tabla de conversión para clavos y tornillos

- Categorías de huracanes y velocidades sostenidas de viento
- Tabla de distintas velocidades de viento en varios países
- Orientación sobre cómo utilizar el Formulario para el cálculo de la cubierta
- Pendiente básica de la cubierta (en grados, porcentajes y dimensiones)
- Biblioteca y textos recomendados.

En el Anexo 5 se ofrecen instrucciones para rellenar el Formulario para cálculos de cubiertas (hoja de Excel, Anexo 7). El Formulario para cálculos de cubiertas es específico para alojamientos/viviendas (tamaño máximo: 5,4 x 7,2 m(38,88m²), altura máxima: 5 m) basado en los Eurocódigos estructurales (normas europeas). Este formulario está diseñado para comprobar si las dimensiones del alojamiento se adaptan a las condiciones medioambientales (exposición del emplazamiento y velocidad del viento) y determinar la cantidad de materiales necesaria para cubrir la cubierta.

DESTINATARIOS DEL MANUAL

Este manual proporciona distintos niveles de información y detalles técnicos, y está destinado a tres grupos diferentes:

Tomadores de decisiones: podrán obtener una visión general de los asuntos que deben considerar en la elaboración de programas, planificación y cálculo de costos para un proyecto de alojamiento.

Profesionales involucrados en la implementación de proyectos de alojamiento: los arquitectos, ingenieros y logistas encontrarán información técnica y recomendaciones prácticas para su trabajo.

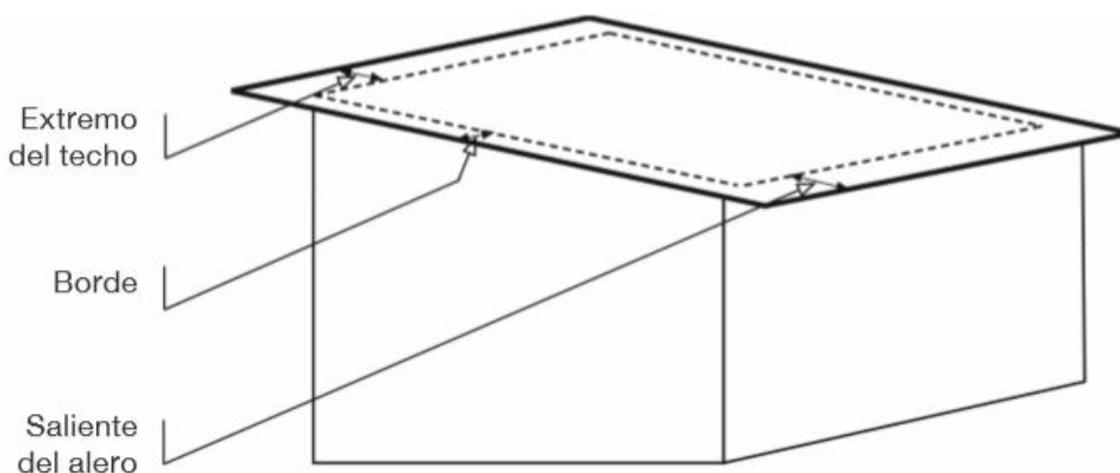
Beneficiarios y autoconstructores: encontrarán información exhaustiva y orientación sobre cómo construir cubiertas más seguras para sus viviendas y mantenerlas en buenas condiciones.

TÉRMINOS TÉCNICOS USADOS EN ESTE MANUAL

A continuación, se explica con la ayuda de ilustraciones las formas y estructuras de las cubiertas, así como los materiales para construirlos. En el glosario de la próxima sección se detallan los términos técnicos en orden alfabético.

FORMAS Y ESTRUCTURAS DE LAS CUBIERTAS

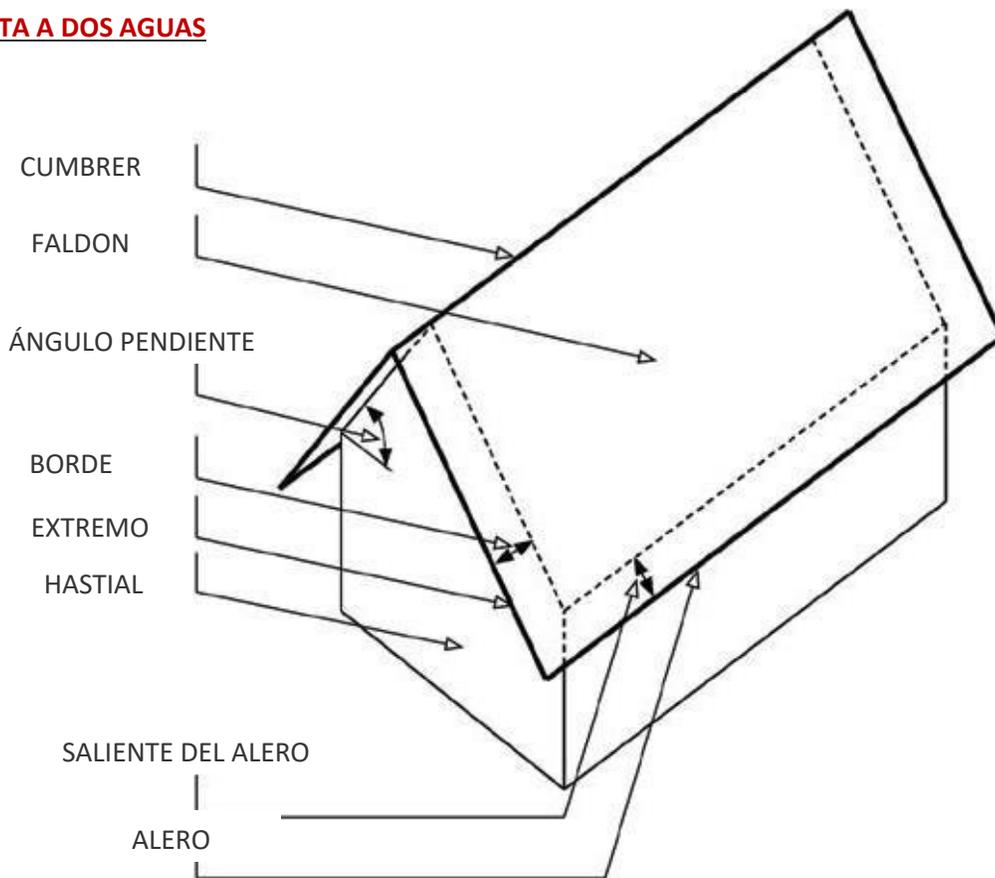
A. CUBIERTA A UN AGUA



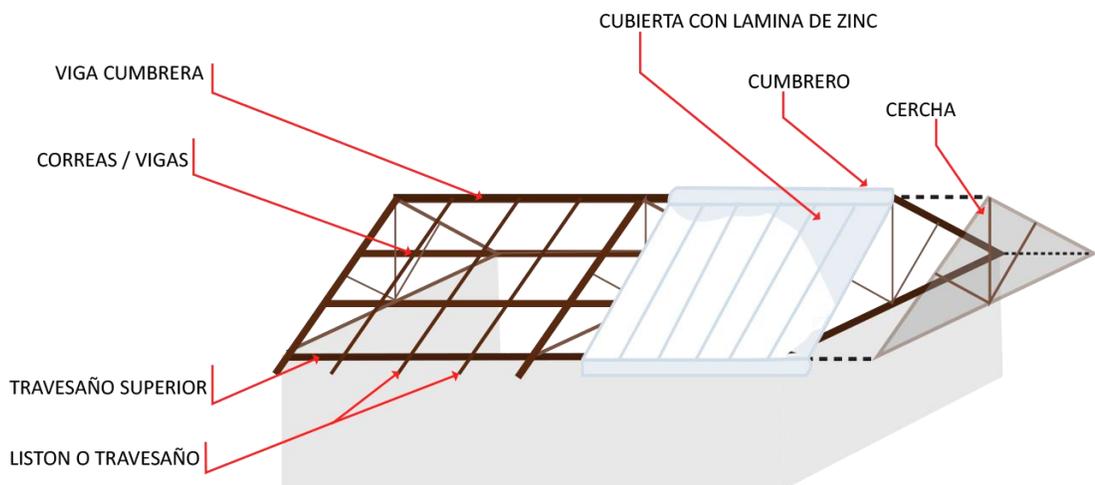
Techo a un agua / Cubierta a un agua
/ Techo de una vertiente

Ilustración 1: Terminología de la estructura del techo a un agua

B. CUBIERTA A DOS AGUAS



Cubierta a dos aguas, techo a dos aguas, cubierta a dos pendientes



- TRAVESAÑO: SE APOYA EN CORREAS
- CORREA VA DE CERCHA A CERCHA (VIGAS)

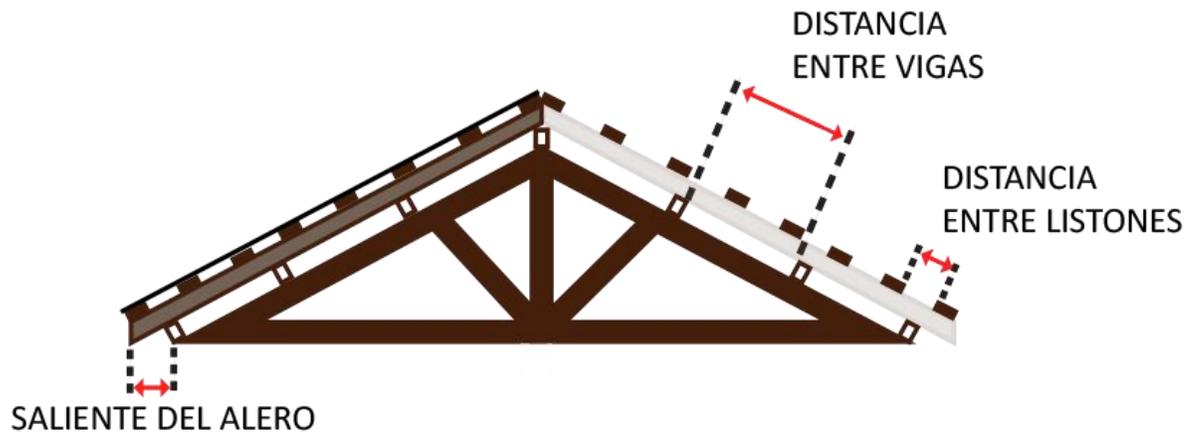
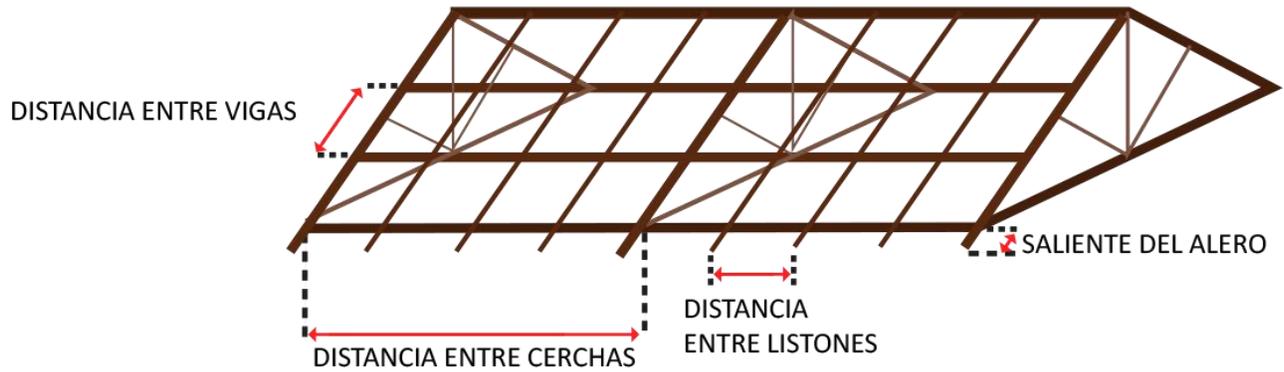
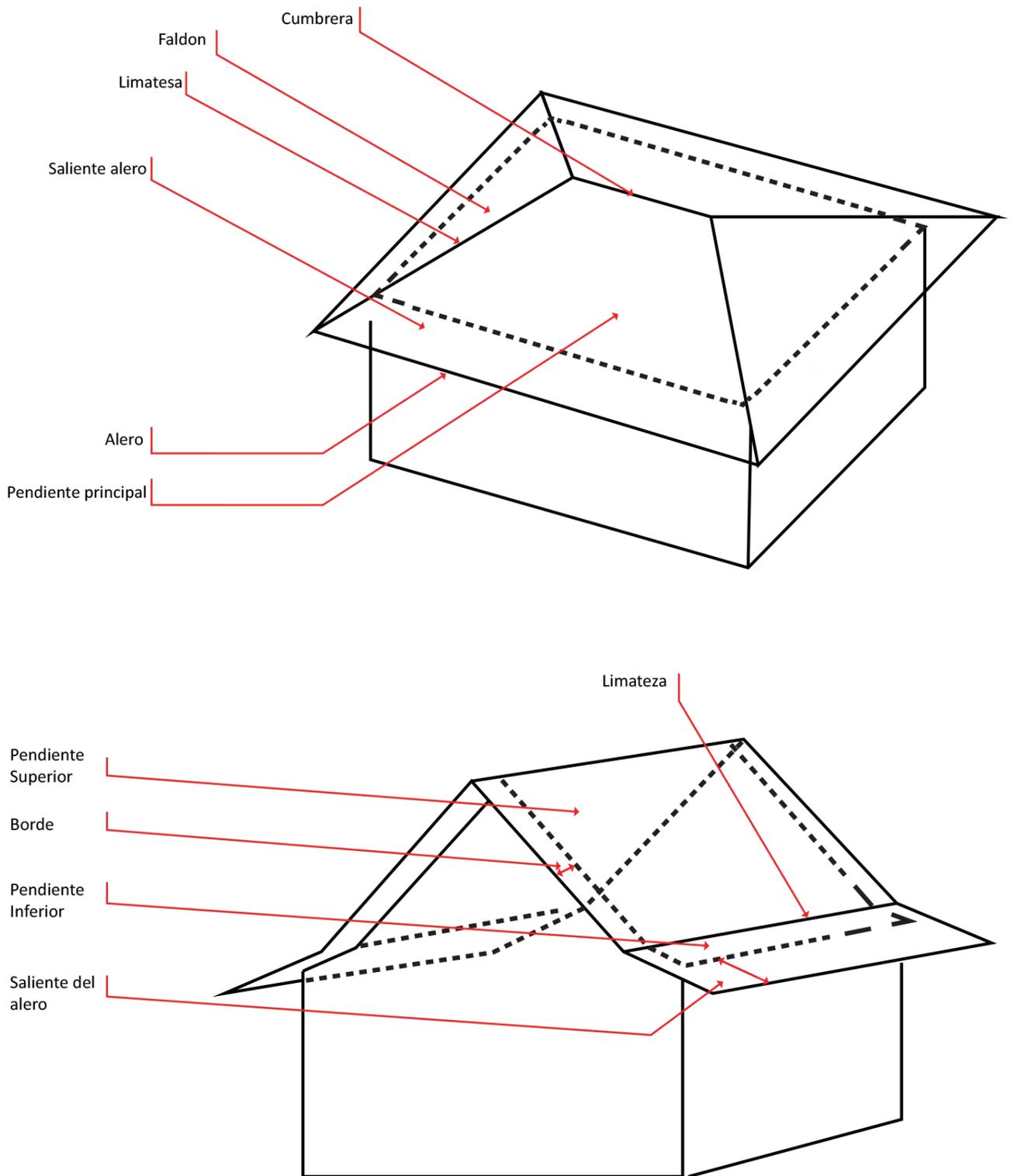
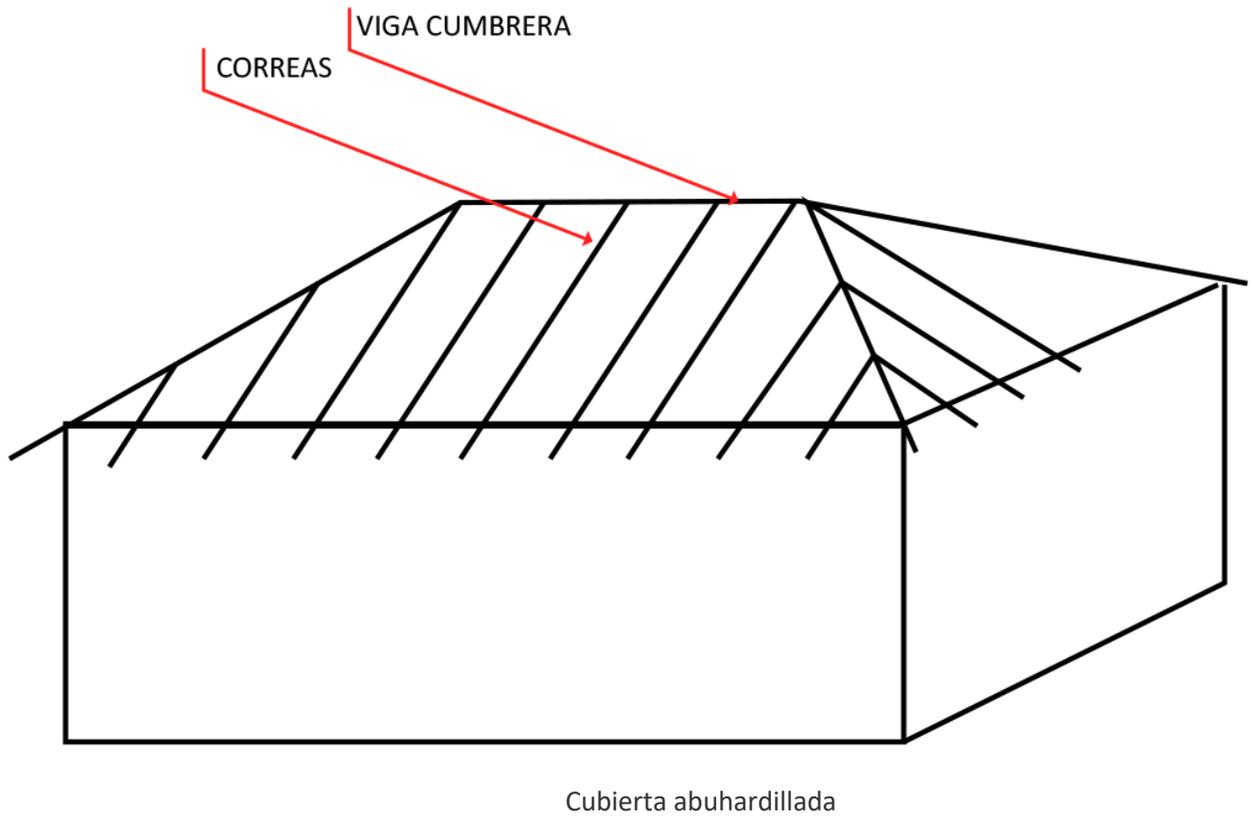


Ilustración 4: Terminología de la estructura de la cubierta

C. CUBIERTA A CUATRO AGUAS

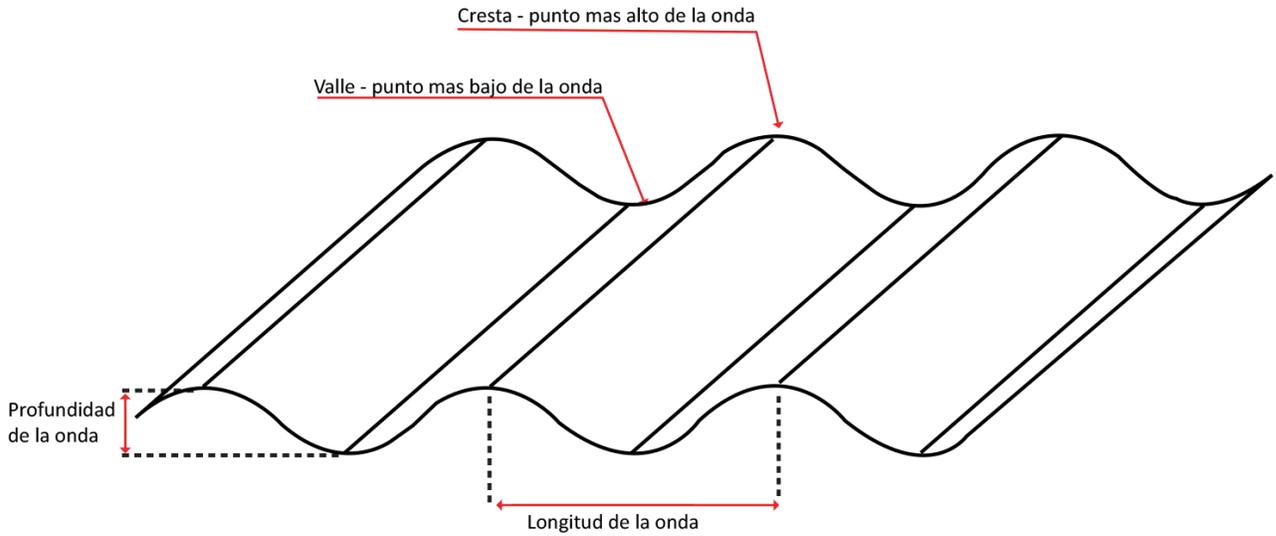


D. CUBIERTA ABUHARDILLADA

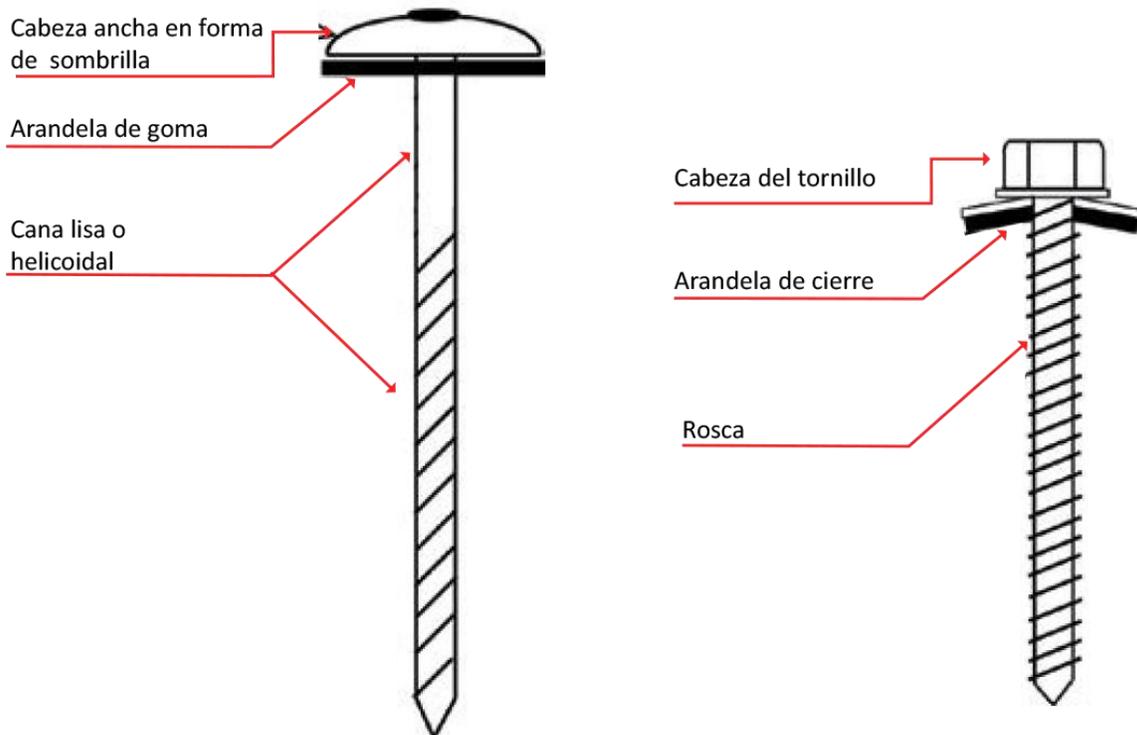


E. MATERIALES

Lamina Zinc ondulada



Elementos de fijación: clavo y tornillo para cubiertas



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Alero: parte de un tejado que sobresale de las paredes externas de un edificio y las protege de la lluvia.

Aluminio ondulado: chapa de aluminio que ha sido moldeada en un patrón de ondas paralelas para aportar rigidez.

Ángulo de pendiente: el ángulo de la pendiente de una cubierta, medido en grados (°).

Arandela de cierre: aro de goma aplanado usado para sellar y minimizar la filtración.

Arandela de goma: arandela suave de goma unida a elementos de fijación de acero galvanizado o aluminio. Utilizada para cerrar herméticamente y evitar la entrada de aire o agua.

Borde: borde de una cubierta a dos aguas que se proyecta sobre el hastial (el extremo de la pared de la fachada que colinda con la cubierta). Puede estar al mismo nivel del hastial o sobresalir.

Calibrador: instrumento para medir espesores, profundidades o diámetros interiores o exteriores con dos piezas que recuerdan las tenazas de un cangrejo.

Calibre: espesor de una lámina de metal o de un alambre.

Ciclón: sistema de vientos intensos que rotan hacia el interior de un área de baja presión atmosférica, con una circulación en contra del sentido de las agujas del reloj (hemisferio norte) o en el sentido de las agujas del reloj

(hemisferio sur).

En la zona del Caribe y en la zona este del océano Pacífico reciben el nombre de huracanes y en las regiones del Pacífico occidental y del Índico se conocen como tifones.

Lamina de zinc: También conocida como chapa de hierro o acero que ha sido moldeada en patrones de ondas paralelas para mayor firmeza y rigidez. La rigidez de las láminas onduladas permite que se puedan sostener más fácilmente que las chapas lisas.

Clavo para cubierta: clavo especial para techos de caña helicoidal y con cabeza ancha en forma de sombrilla. Suele ser galvanizado o de aluminio con una arandela de plástico o neopreno para facilitar la sujeción y el cierre de las cubiertas de los techos.

Cobertura inferior de la cubierta: capa subyacente colocada sobre el entramado y debajo de la cubierta para proporcionar protección secundaria contra el agua de lluvia.

Cubierta del techo: superficie externa del techo usada para proteger la estructura de la lluvia y otros elementos externos. Puede ser de distintos materiales: paja, chapas de hierro o acero, tejas, pizarra u otros materiales de cobertura.

Cubierta ondulada: lamina ondulada de metal o de fibra de vidrio montada sobre

vigas para cubrir el techo.

Cumbrera: línea o borde superior donde las dos pendientes de un techo se unen.

Deformación por fluencia lenta: deformación gradual de una membrana de la cubierta debida a la presión térmica. Lenta pero continua deformación de un material debida a la presión.

De canto: posición de un elemento tal como un listón que se coloca sobre su lado más angosto.

Durabilidad de la cubierta: tiempo de rendimiento útil de la lámina de zinc hasta que alcanza el 5% de corrosión de su superficie.

Elementos de fijación: clavos, tornillo y pernos para unir piezas de madera, bambú u otros materiales.

Entramado de la cubierta: serie de elementos que se unen o fijan para proporcionar soporte a la cubierta.

Extremos de la cubierta: son los aleros, los bordes, las limatesas y la cumbrera.

Extremo de la cubierta: extremo de la parte más alta de una cubierta a un agua.

Anclaje antihuracanes: anclajes o soportes de metal de distintas formas fabricados en acero o acero inoxidable usados para reforzar las uniones entre los elementos de las estructuras de manera, especialmente de las cubiertas de manera.

Galvanizado: hierro o acero revestido con una capa protectora de zinc.

Hastial: parte de la pared o fachada que se encuentra entre las dos pendientes de una cubierta.

Limatesa: borde afilado de una cubierta a cuatro

aguas desde la cumbrera hasta los aleros en el que se encuentran dos lados.

Listón: pieza de madera en la que se sujetan los materiales de la cubierta del techo.

Madera de construcción: madera proveniente de árboles cortados tratada para usarse como material de construcción.

Medidor de espesor de recubrimiento: instrumento para medir el espesor del recubrimiento de zinc mediante una sonda de inspección.

Ménsula del alero: soporte de pared para apoyar el alero cuando es muy largo.

Ondulado: en forma de ondas, lo que añade fuerza y rigidez al material.

Pendiente: superficie en la que uno de los lados o extremos está en nivel más alto que el otro lado o extremo.

Placa de borde: pieza de madera o metal usada para cubrir los extremos de las vigas. Proporciona también una superficie adecuada para sujetar la canaleta.

Presión: la presión positiva del viento soportada por la superficie de una vivienda.

Saliente del alero: medida de la parte de la cubierta que sobresale a las paredes externas en los aleros.

Superposición: el grado en el que un objeto se extiende sobre otro. Las tejas o las chapas de metal necesitan estar superpuestas para evitar que el agua de lluvia entre a la estructura.

Resistencia a la perforación: resistencia de las láminas de zinc a la perforación de las cabezas de los elementos de fijación bajo los efectos de la presión del viento (desde dentro) o de la succión del viento (desde fuera). Si la lámina no es lo suficientemente gruesa, esto significa que la resistencia a la perforación será baja y la lámina se romperá alrededor del clavo o tornillo.

Resistencia al arranque: característica de la adhesión de un material a otro que se mide por la fuerza de tracción (por unidad de superficie) ejercida sobre uno de los dos materiales para separarlo del otro. Por ejemplo, la resistencia de los elementos de fijación (clavos) fijados al soporte (listón) para evitar que sean levantados por la lámina de zinc que está sujeta a fuerzas de levantamiento (succión) causadas por el viento o a la presión del viento.

Succión: la presión “negativa” aplicada a una superficie que resulta en la fuerza de levantamiento

Tornillo para cubierta:

tornillo largo enroscado utilizado para fijar cubiertas onduladas o acanaladas.

Riostra del alero: soporte entre el alero y la pared que sirve para aumentar el largo de la saliente del alero.

Viga: parte del entramado de una cubierta de pendientes que sostiene los listones y otros materiales de la cubierta.

Vigueta: (a) piezas horizontales del entramado que sujetan las vigas o conforman la cercha para sostener la cubierta. (b) piezas horizontales de la estructura que descansan sobre las vigas o en la cercha en las que se fijan los materiales de la cubierta.

utilizado o

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

- ACQ:** Cobre Alcalino Cuaternario (para tratamiento de la madera).
- ASTM:** *American Society for Testing and Materials* (hasta 2001). (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales).
- CA:** Azol de cobre (para tratamiento de madera).
- CICR:** Comité Internacional de la Cruz Roja.
- CRF:** Cruz Roja de Filipinas.
- EN:** Norma Europea.
- FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FICR:** Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja.
- ISO:** Organización Internacional de Normalización.
- JIS:** Normas Industriales Japonesas.
- LOSP:** Conservante Ligero Orgánico a base de Disolvente (para tratamiento de madera).
- OFDA:** Oficina de EE. UU. para la Asistencia a Desastres en el Exterior.

CAPITULO I

MATERIALES

En este capítulo se introducen las especificaciones más importantes para el rendimiento de las láminas de zinc, así como los distintos materiales usados en las estructuras de cubiertas y los diferentes elementos de fijación y accesorios necesarios para sujetar las láminas y construir cubiertas seguras.



Las Filipinas: modelo de alojamiento dentro de las acciones de respuesta al tifón Haiyan (IFRC-SRU)

1.1. Materiales ondulados para cubiertas

Se han desarrollado una gran variedad de materiales ondulados para cubiertas, tales como las planchas de bitumen, fibra de vidrio o cemento. La ondulación aporta estabilidad a las láminas o planchas y hace posible que éstas cubran superficies más extensas que las que cubren otros materiales tradicionales como las tejas.

Esta cobertura de superficies más amplias significa también que las láminas sean materiales rentables para la construcción de cubiertas en términos de tiempo y dinero. Muchas de las láminas onduladas son livianas y de bajo costo. Por ello, suelen ser materiales idóneos para la respuesta humanitaria de alojamiento, tanto en situaciones de emergencia como en las fases de recuperación y reconstrucción.

La tabla 1 ofrece información general sobre los materiales ondulados para cubiertas disponibles en el mercado, así como sus principales ventajas y desventajas.

Nepal: almacén donde se venden LÁMINAS ZINC de distintos tamaños y calidades (IFRC-SRU).



Tabla 1: Ventajas y desventajas de distintos materiales ondulados para cubiertas

Producto	+ Ventajas	- Desventajas
<i>Lamina ondulada de hierro o acero galvanizado con recubrimiento de zinc.</i>	<ul style="list-style-type: none"> + Viene en varios espesores y tamaños. + Liviana. + Fácil de conseguir. + Ampliamente disponible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Durabilidad limitada; requiere protección adicional contra la corrosión dependiendo del espesor del recubrimiento de zinc, sobre todo cuando se usa

	+ Muy bajo costo.	en entornos industriales/urbanos y costeros. - Escasas propiedades térmicas. - Escasas propiedades acústicas.
Elementos de fijación: clavos o tornillos galvanizados con arandelas de goma/arandelas de cierre		
<i>Lamina ondulada de aluminio con recubrimiento de zinc.</i>	+ Viene en varios espesores y tamaños. + Liviana. + Resistencia a la corrosión (oxidación) mejorada. + Puede usarse en entornos industriales / urbanos.	- Más costosa que la lámina de zinc. - Mejores propiedades térmicas que la lámina de zinc. - Escasas propiedades acústicas. - No es recomendable el contacto con madera tratada con sulfato de cobre o cualquier material hecho de cobre, plomo, latón o bronce.
Elementos de fijación: clavos o tornillos de aluminio con arandelas de goma / arandelas de cierre.		
<i>Lamina ondulada de aluminio</i>	+ Viene en varios espesores y tamaños. + Resistente a la corrosión (oxidación) + Muy liviana. + Puede usarse en entornos industriales / urbanos.	- Precio elevado. - Escasas propiedades térmicas. - Escasas propiedades acústicas. - No es recomendable el contacto con madera tratada con sulfato de cobre o cualquier material hecho de cobre, plomo, latón o bronce.
Elementos de fijación: clavos o tornillos de aluminio con arandelas de goma / arandelas de cierre.		
<i>Lamina ondulada de bitumen</i>	+ Muy resistente. + No se oxida. + Buenas propiedades térmicas. + Buenas propiedades acústicas. + Muy bajo costo comparada con la lámina de zinc de rendimiento similar. + Puede usarse en cualquier entorno: costero, industrial o urbano.	- Escasa variedad de tamaños. - Poca disponibilidad en el mercado. - Más pesada que la lámina de zinc. - Poca resistencia al fuego ▶ Se recomienda colocar debajo una cobertura de otro material.
Elementos de fijación: tornillos galvanizados con arandelas de goma / arandelas de cierre.		

<p><i>Plancha ondulada de fibra de vidrio</i></p>	<p>+ Transparente ▶ Permite la entrada de luz + Ligera</p>	<p>- Escasa variedad de tamaños. - Frágil / quebradiza ▶ poca resistencia al viento y las sacudidas - Precio elevado</p>																				
<p>Elementos de fijación: tornillos galvanizados con arandelas de goma / arandelas de cierre.</p>																						
<p><i>Plancha ondulada de fibrocemento</i></p>	<p>+ No se oxida + Buen rendimiento ante cargas pesadas (ej., nieve) + Viene en las siguientes dimensiones:</p> <table border="1" data-bbox="678 682 985 930"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Largo</th> <th colspan="2">Espesor</th> </tr> <tr> <th>6 mm</th> <th>8 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,22</td> <td>15,40 kg</td> <td>19,50 kg</td> </tr> <tr> <td>1,53</td> <td>19,25 kg</td> <td>24,48 kg</td> </tr> <tr> <td>1,83</td> <td>23,00 kg</td> <td>29,30 kg</td> </tr> <tr> <td>2,44</td> <td>26,77 kg</td> <td>34,00 kg</td> </tr> <tr> <td>3,05</td> <td>30,70 kg</td> <td>39,00 kg</td> </tr> </tbody> </table>	Largo	Espesor		6 mm	8 mm	1,22	15,40 kg	19,50 kg	1,53	19,25 kg	24,48 kg	1,83	23,00 kg	29,30 kg	2,44	26,77 kg	34,00 kg	3,05	30,70 kg	39,00 kg	<p>- Frágil ▶ poca resistencia al viento y las sacudidas - Precio elevado - Más pesada - Escasas propiedades acústicas</p>
Largo	Espesor																					
	6 mm	8 mm																				
1,22	15,40 kg	19,50 kg																				
1,53	19,25 kg	24,48 kg																				
1,83	23,00 kg	29,30 kg																				
2,44	26,77 kg	34,00 kg																				
3,05	30,70 kg	39,00 kg																				
<p>Elementos de fijación: tornillos galvanizados con arandelas de cierre anchas</p>																						
<p><i>Plancha ondulada de plástico</i></p>	<p>+ No se oxida + Colores variados + Muy liviana</p>	<p>- Frágil ▶ poca resistencia al viento y las sacudidas</p>																				
<p>Elementos de fijación: tornillos galvanizados con arandelas de goma / arandelas de cierre.</p>																						
<p><i>Plancha acanalada de metal galvanizado con recubrimiento plástico o de pintura</i></p>	<p>+ Más rígida que la lámina de zinc + Mayor tamaño (hasta 16 m): puede usarse para superficies más grandes + Resistencia mejorada a la corrosión debido al recubrimiento protector + Puede usarse en entornos industriales o urbanos y en zonas costeras</p>	<p>- Requiere recubrimiento de zinc + recubrimiento de plástico o pintura - Precio elevado - Escasas propiedades térmicas. - Escasas propiedades acústicas</p>																				
<p>Elementos de fijación: tornillos galvanizados con arandelas de goma / arandelas de cierre.</p>																						
	<p>El asbesto es dañino para la salud, aunque su uso no está prohibido en todos los países, no está recomendado porque causa</p>																					

<i>Plancha ondulada de asbesto</i>	graves problemas de salud.
------------------------------------	-----------------------------------

En la actualidad las láminas onduladas de hierro o acero galvanizado son los materiales para cubiertas más disponibles a nivel mundial y proporcionan un buen rendimiento a bajo costo. Son usadas en todo el mundo como materiales económicos y de autoconstrucción para techos y cubiertas, y son también muy comunes en la respuesta humanitaria de alojamiento.

Otros materiales ondulados para cubiertas, especialmente el bitumen, pueden resultar una buena alternativa a las láminas de zinc en algunos contextos, sobre todo si empiezan a comercializarse más ampliamente a nivel internacional.

1.2. Láminas Zinc

Las láminas de zinc son un material muy conocido y disponible a nivel mundial en muchos contextos, y usualmente de bajo costo. Si bien es más común que en estas laminas se use el acero como base, la denominación “lamina de zinc” es el nombre más conocido para este material y así lo usaremos en este manual.

No obstante, la calidad de las láminas de zinc puede variar enormemente en los distintos mercados y regiones del mundo, por ello es importante tener la pericia y las capacidades necesarias para identificar los criterios de rendimiento y las especificaciones apropiadas al contexto determinado. Este capítulo presenta todas las especificaciones importantes de las láminas de zinc, así como su rendimiento (resistencia a las cargas y durabilidad), para tomar decisiones informadas sobre qué tipo de láminas es la más apropiada según el contexto.

Las láminas están hechas de un metal delgado que se fortalece con las ondulaciones. Las ondulaciones tales como ondas o pliegues aumentan en gran medida la fuerza y rigidez de las láminas; sin estas ondas las chapas tendrían poca capacidad para soportar las cargas y se deformarían fácilmente. Normalmente las láminas de zinc son fabricadas de acero dulce que sufre un proceso de galvanización para aumentar la resistencia a la corrosión u oxidación y la durabilidad.

La calidad y el rendimiento de una lámina de zinc se determina según los siguientes tres criterios:

- Estabilidad y resistencia a las cargas: según sus dimensiones y el tipo de ondas.
- Durabilidad (resistencia a la corrosión), vida útil y apariencia: según el tipo de galvanizado o recubrimiento.
- Durabilidad (resistencia a la corrosión) y vida útil: según el espesor de la galvanización/recubrimiento de la superficie de la chapa.

Estos tres parámetros se explican con más detalle en las siguientes secciones. El peso por unidad de superficie (lb/ft² o kg/m²) no tiene tanta relevancia directa en el desempeño de la chapa.

1.2.1. Dimensiones y medidas de las láminas de Zinc

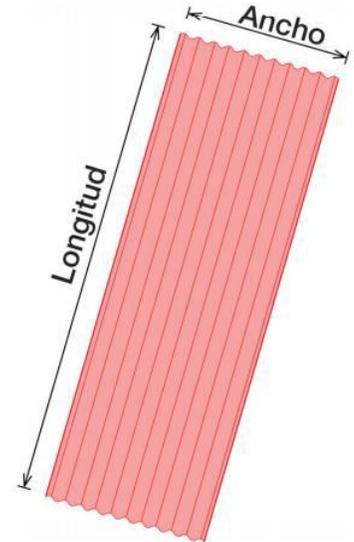
Las medidas más importantes de las láminas zinc son:

- Dimensiones de chapa: longitud y ancho (de la chapa ondulada)
- Espesor
- Dimensiones de las ondas.

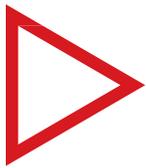
Las dimensiones se indican siguiendo el sistema métrico decimal o el sistema imperial británico.

Ancho: el ancho más común en el sistema imperial es 30 pulgadas = 30" (762 mm), 36 pulgadas = 36" (914 mm) y 42 pulgadas = 42" (1067 mm).

Longitud: varía desde los 6 pies (1,83 m) hasta los 20 pies/20 ft (6 m) en el sistema imperial y desde los 1,65 m a los 5 m en el sistema métrico decimal.



Espesor: comúnmente se expresa en calibre, desde el calibre 32 (0,34 mm) al calibre 24 (0,701 mm). Mientras más bajo es el calibre, más gruesa es la lámina de zinc. Las normas del tamaño del calibre se desarrollaron en base al peso por superficie (m^2 o ft^2) de una chapa o plancha de un material específico (acero, hierro o acero galvanizado, aluminio, etc.); por ello el espesor equivalente en mm o pulgadas varía de acuerdo con el material (Ver el Anexo 2 para más información sobre el calibre y las conversiones).



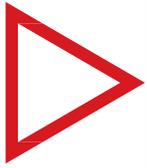
Al diseñar un alojamiento es importante considerar las dimensiones disponibles de las LÁMINAS ZINC en el mercado local. Idealmente la pendiente completa del techo debe ser cubierta por una sola chapa para usar la menor cantidad de material posible y ahorrar en las horas de trabajo y el costo requeridos para cortar el material.

Dimensiones de las ondas:

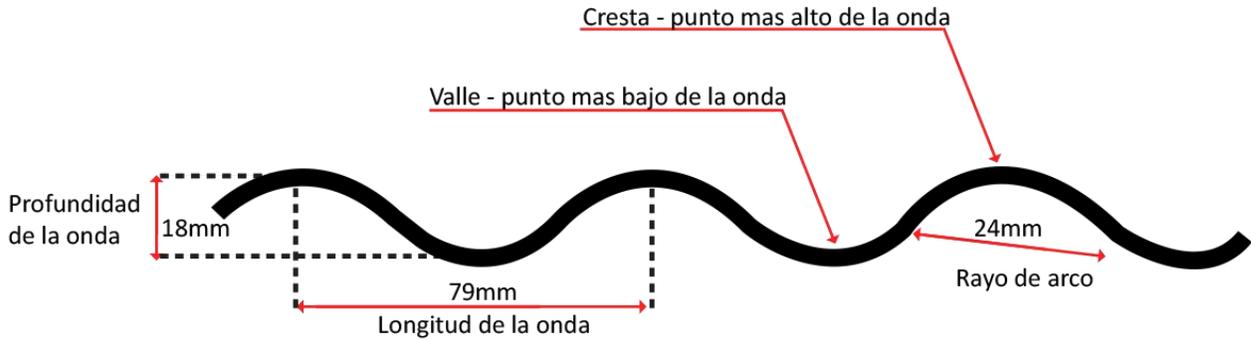
Las medidas básicas de las láminas zinc son las siguientes:

- Longitud de la onda = 79 mm
- Profundidad de la onda = 18 mm
- Rayo de arco = 24 mm
- Número de ondas = 11 para una chapa de 36" (ancho = 914 mm)

- Número de crestas (ondas) = 12



Al hacer reparaciones sobre techos de láminas zinc ya existentes hay que asegurarse de que las láminas zinc nuevas tengan las mismas dimensiones de ondas que las láminas zinc instaladas previamente en el techo; de lo contrario, no se superpondrán de manera adecuada y puede haber filtraciones en el techo.



Comparación de los distintos espesores rendimientos y calidades de láminas de zinc:

El espesor o calibre es el criterio más relevante para medir la resistencia de las láminas a una fuerza de arrastre o arranque como la succión ocasionada por fuertes vientos. El calibre y el tipo de ondas también son importantes en lo referente a la estabilidad y resistencia a otras cargas. La siguiente tabla ofrece información sobre los tipos de láminas de zinc más comunes disponibles en el mercado y sus ventajas y desventajas. En la columna de las desventajas se indica qué resistencia tienen a fuertes vientos y a las distintas categorías de huracanes.



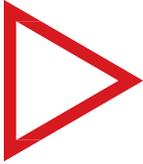
Las indicaciones están basadas en cálculos de una estructura de soporte para una cubierta con distancias de 60 cm entre listones y elementos de fijación (tornillos) de 38 mm de profundidad de penetración (Se sugiere que la distancia entre listones sea máxima de 60cm). Si la distancia entre listones es mayor a 60 cm y/o la profundidad de penetración de los elementos de fijación es menor a 38 mm es probable que la lámina de zinc no resista las categorías de huracanes indicadas en la tabla. En caso de que la distancia entre los listones sea inferior o superior a 60 cm, se puede confirmar el espesor apropiado del material en la hoja de Excel del Anexo 7: Formulario para cálculos de techos. También se ofrece información sobre el uso de arandelas de cierre adicionales o sobre el riesgo de deformación del material.

Tabla 2: Ventajas y desventajas del espesor de las distintas láminas zinc

*Para una explicación más detallada sobre las distintas categorías de huracanes, ver la Sección C de este manual.

Espesor de la lámina	+ Ventajas y resistencia a huracanes	- Desventajas
<p><i>Calibre 32 / 0,340 mm</i> <i>(y espesores menores, hasta 0,15 mm)</i></p>	<p>+ Muy económica. - No resiste vientos fuertes o huracanes.</p>	<p>-Muy poco espesor para proporcionar suficiente estabilidad a la cubierta del techo. -Alto riesgo de perforación/rotura de la lámina de zinc ante fuertes vientos. -Riesgo de deformación por fluencia lenta > el recubrimiento de zinc tiene poca durabilidad.</p>
<p><i>Calibre 30 / 0,399 mm</i></p>	<p>+ Bajo costo. + Espesor mínimo de la chapa para su uso como cubierta de techo en alojamientos. + Puede resistir como máximo un huracán categoría 1 sin arandelas de cierre adicionales para los clavos del techo. + Puede resistir un huracán categoría 3 con arandelas de cierre adicionales.</p>	<p>-Alto riesgo de rotura o desprendimiento de la chapa alrededor de los clavos en los huracanes de categoría 2 o mayores. -Requiere arandelas de cierre adicionales (de 22 mm de diámetro para los clavos del techo y de 35 mm de diámetro para los tornillos del techo). -Riesgo de deformación por fluencia lenta > el recubrimiento de zinc tiene poca durabilidad.</p>
<p><i>Calibre 28 / 0,475 mm</i></p>	<p>+ Resistencia aceptable a la perforación > no precisa arandelas de cierre adicionales para los clavos del techo. + Bajo costo. + Puede resistir un huracán categoría 2 sin arandelas de cierre adicionales para los</p>	<p>-Requiere arandelas de cierre adicionales (27 mm de diámetro) para que los tornillos del techo resistan un huracán categoría 3. -Riesgo de deformación por fluencia lenta > el recubrimiento de zinc tiene poca durabilidad.</p>

	<p>clavos del techo. + Puede resistir un huracán categoría 3 con arandelas de cierre adicionales.</p>	
<p><i>Calibre 26 / 0,551 mm</i></p>	<p>+ Buena resistencia a la perforación > no necesita arandelas de cierre adicionales para los clavos del techo. + Recomendada en la mayor parte de los países del Caribe, sujeta al entramado del techo. + Puede resistir un huracán categoría 2 sin arandelas de cierre adicionales para los clavos del techo. + Puede resistir un huracán categoría 3 con arandelas de cierre adicionales.</p>	<p>-Alto costo (el precio puede ser un 150% más alto que el de una chapa de calibre 30 o de 0,4mm de espesor). -Requiere arandelas de cierre adicionales (25 mm de diámetro) para que los tornillos del techo resistan un huracán categoría 3.</p>
<p><i>calibre 25 / 0,627 mm</i></p>	<p>+ Buena resistencia a la perforación. > no necesita arandelas de cierre adicionales para los clavos. + Cumple con las normas europeas + Puede resistir un huracán categoría 3 con tornillos para techo y arandelas de cierre de 20 mm de diámetro.</p>	<p>-Precio elevado (el precio puede ser un 150% más alto que el de una chapa de calibre 30 o de 0,4mm de espesor). -Requiere arandelas de cierre adicionales (22 mm de diámetro) para tornillos del techo.</p>
<p><i>calibre 24 / 0,701 mm</i></p>	<p>+ Excelente resistencia a la perforación > no necesita arandelas de cierre adicionales para los clavos del techo. + Recomendada en la mayor parte de los países del Caribe. + Puede resistir un huracán categoría 4 con tornillos para techo y arandelas de cierre de 20 mm de diámetro.</p>	<p>-Precio muy elevado (alrededor del doble del precio de una chapa de calibre 30 o de 0,4mm de espesor). -Requiere arandelas de cierre adicionales (20 mm de diámetro) para tornillos del techo.</p>



0,399 mm (calibre 30) es el espesor mínimo que debe tener una lámina de zinc para ser usada como cubierta de un alojamiento. Las láminas de zinc de 0,475 mm de espesor (calibre 28) o de 0,551 mm de espesor (calibre 26) pueden ser una buena solución para techos en alojamientos ubicados en zonas propensas a los huracanes. Al construir alojamientos permanentes es importante respetar las normas de construcción locales que pudieran requerir chapas más gruesas.



Si se va a optar por una lámina de zinc más delgada, es necesario reducir la distancia entre los listones o usar arandelas de cierre de mayor diámetro, así como más elementos de fijación para alcanzar el mismo nivel de resistencia a las fuerzas de levantamiento y succión. Esto significa el uso de más materiales para cada estructura de techo y más elementos de fijación/accesorios, lo que puede aumentar el costo de la estructura.

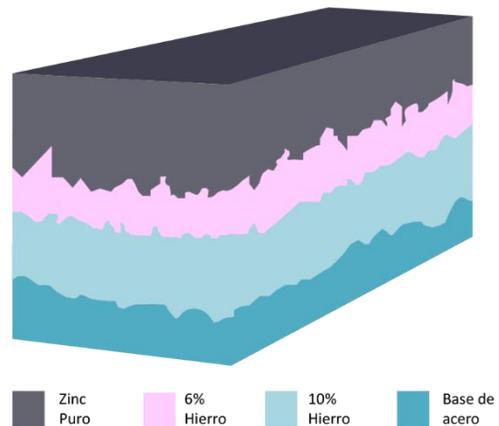
1.2.2. Tipo de galvanización o recubrimiento

La galvanización es el proceso de recubrir el hierro o el acero con zinc para brindar mayor protección contra la corrosión. Los métodos más comunes para aplicar el recubrimiento de zinc al hierro y al acero son: la galvanización en caliente, el galvanizado electrolítico, la sherardización, el depósito mecánico y la pintura a base de zinc.

Galvanización en caliente:

La lamina de acero se sumerge en un baño de zinc fundido. De esta manera la capa de zinc se une químicamente al acero y lo protege contra la corrosión. Este es el método más efectivo para proteger al hierro o al acero contra la corrosión.

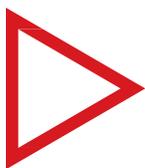
La durabilidad de las láminas depende principalmente del espesor de la capa de zinc depositada en la superficie de la lámina de acero, pero también del proceso de galvanización utilizado. La galvanización en caliente proporciona un acabado rugoso dado que se deposita mayor cantidad de zinc que en otros procesos de galvanización, con lo cual



Sección de un recubrimiento galvanizado en caliente*

el material resulta más resistente a la corrosión.

Esto es relevante cuando se usan las chapas sobre madera con alto grado de acidez, así como en zonas costeras o urbanas (donde los factores contaminantes pueden aumentar el riesgo de corrosión).



El galvanizado en caliente proporciona los mejores resultados para las láminas de zinc, así como para sus accesorios, elementos de fijación y anclajes anti-huracanes. Los otros métodos brindan menor resistencia a la corrosión y menos durabilidad (Para más información sobre los métodos de galvanización, ver el Anexo 8: Biblioteca y textos recomendados).

Pintura a base de zinc:

Cuando se utiliza la pintura a base de zinc, es preciso aplicar una capa de pintura dos veces más gruesa que el recubrimiento de zinc aplicado durante la galvanización en caliente para obtener la misma protección, lo cual resulta en un mayor costo por unidad.

- La pintura a base de zinc puede resultar un método adecuado para “reparar” láminas de zinc que están envejeciendo (ver Sección E: mantenimiento de la cubierta y medidas de mitigación).

Otros recubrimientos para las láminas de zinc:

En entornos con duras condiciones medioambientales, especialmente en las zonas costeras, en zonas altamente industrializadas o en entornos urbanos, las láminas de zinc no son la mejor opción. Para este tipo de zonas se recomienda el uso de chapas de acero para techos revestidas con materiales que proporcionen una mayor protección contra las condiciones que producen la corrosión tales como la contaminación causada por dióxido de azufre y la alta salinidad en el aire.

Además del recubrimiento de zinc —clasificado con una “Z” (recubrimiento de zinc utilizado en las láminas), existen otros tipos de recubrimientos protectores para las láminas de zinc, entre los que se incluyen:

- Aleación de zinc y aluminio: clasificado como ZA ▶ zinc + 5 de aluminio.
- Aluzinc: clasificado como AZ ▶ 55% aluminio, 1,6% silicio + zinc.
- Aluminio: clasificado como AL.
- Inoxidable: clasificado como Z8 C17 ▶ acero inoxidable con 17% de cromo.

Ventajas y desventajas de cada tipo de recubrimiento:

En algunos entornos, las chapas de acero galvanizado en caliente pueden no resultar apropiadas. La tabla 3 ayudará a comprobar si el recubrimiento de zinc es el que mejor se adapta al entorno o si es preferible escoger otro tipo de recubrimiento.

* © The Engineers and Architects' Guide: hot-dip galvanizing, Galvanizers Association UK

Tabla 3: Ventajas y desventajas de cada tipo de recubrimiento

Recubrimiento	+ Ventajas	- Desventajas
<i>Zinc (Z)</i>	<ul style="list-style-type: none"> + Más disponible + Menor costo 	<ul style="list-style-type: none"> – Su vida útil puede estar muy limitada en entornos industriales o urbanos con contaminación y en zonas costeras.
<i>Aleación de zinc y aluminio (ZA)</i>	<ul style="list-style-type: none"> + Aumenta la dureza de la lámina. 	<ul style="list-style-type: none"> –Su vida útil puede estar muy limitada en entornos industriales o urbanos con contaminación y en zonas costeras –Precio elevado
<i>Aluzinc (AZ)</i>	<ul style="list-style-type: none"> + Aumenta la dureza de la lámina. 	<ul style="list-style-type: none"> –Su vida útil puede estar muy limitada en entornos industriales o urbanos con contaminación y en zonas costeras. –Precio elevado.
<i>Pintura o plástico</i>	<ul style="list-style-type: none"> + Mayor resistencia a la corrosión. + Recomendada en entornos industriales o urbanos con contaminación. + Puede usarse en zonas costeras (previa confirmación con el proveedor). 	<ul style="list-style-type: none"> – Precio elevado
<i>Aluminio (AL)</i>	<ul style="list-style-type: none"> + Mayor resistencia a la corrosión. + Recomendada para zonas costeras. 	<ul style="list-style-type: none"> – Precio muy elevado
<i>Inoxidable</i>	<ul style="list-style-type: none"> + No necesita protección ni acabado. + No se oxida. + Ideal para zonas costeras. 	<ul style="list-style-type: none"> –Precio extremadamente elevado. –Está considerado como un producto de gama alta.

Las láminas con recubrimiento de zinc son generalmente la opción más eficaz cuando se construye en zonas rurales o suburbanas ubicadas a menos de 800 m de la costa. En zonas costeras, así como en zonas urbanas muy contaminadas o en zonas industriales, otros recubrimientos pueden resultar más apropiados, aunque también más cómodos.



Usar una capa de pintura con base de zinc sobre las láminas puede mejorar la resistencia a la corrosión en zonas con condiciones climáticas propensas a la corrosión. Sin embargo, NO se debe usar cualquier tipo de pintura; por el contrario, la pintura utilizada debe ser específica para este uso (por ejemplo, pintura epóxica). Para más información, ver la Sección E: Mantenimiento del techo y medidas de mitigación.

1.2.3. Espesor del recubrimiento y durabilidad de las láminas de zinc

El recubrimiento de zinc es lo que protege a las chapas de metal de la corrosión. Este recubrimiento proporciona una barrera continua que no permite que la humedad y el oxígeno lleguen al metal y reacciona con la atmósfera para formar una capa protectora. En la galvanización en caliente, el espesor del recubrimiento puede variar entre 12 μm hasta 160 μm (para ambos lados juntos).

Valores básicos del recubrimiento de zinc:

- Una lámina ondulada de hierro o acero galvanizado en caliente debe tener un recubrimiento de zinc de 20 μm /lado \triangleright equivalente a 275g/m² (Z275 de acuerdo con las normas ASTM y EN).
- Los elementos de fijación y las arandelas de cierre deben ser de acero galvanizado y el espesor del recubrimiento de zinc debe ser similar \triangleright 20 μm /lado (equivalente a 275g/m²) para evitar la corrosión y las roturas.
- Para elementos que tienen que estar en contacto con el suelo, como diversos anclajes al suelo, el recubrimiento de zinc debe ser más grueso, aproximadamente 30 μm /lado \triangleright equivalente a 400g/m² (Z350 – Z450 de acuerdo con las normas ASTM y EN).

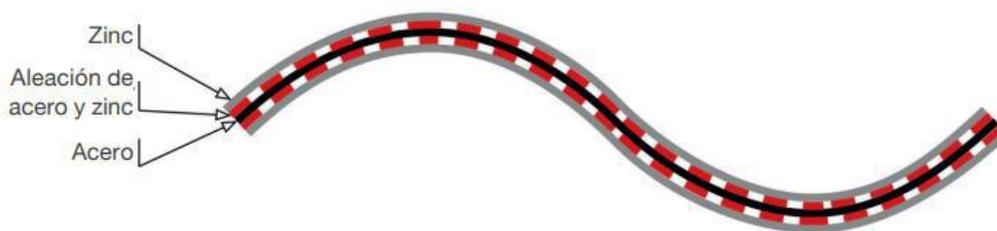
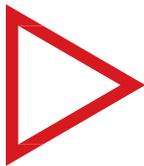


Ilustración de una lámina que muestra las capas de recubrimiento.

Nota:

- 1. Para convertir la masa de recubrimiento de oz/ft² a g/m², multiplicar por 305: 1 oz /ft² = 305 g/m² > G90 (0,90 oz /ft²) = 0,9 x 305 = 275 g /m² = 2275
- 2. La unidad de densidad del zinc que se usa como referencia es 7140 kg/m³.
- > 1µm de recubrimiento de zinc equivale a 7,14 g /m² de zinc
- 3. La designación del recubrimiento de zinc usada por las normas japonesas presenta un valor mínimo de espesor para el recubrimiento de zinc que es más alto que el sugerido por la ASTM y las Normas Europeas. Esta disparidad inusual se podría deber a que el recubrimiento usado como referencia no es zinc puro sino una aleación de zinc y aluminio; no obstante, esta información no ha sido aún confirmada.

La selección del espesor del recubrimiento de zinc depende del medio ambiente (atmósfera) y de la vida útil que se espera de la lámina.



La durabilidad de una lámina se define como el período de uso de una lámina hasta que se ve afectada por un 5% de corrosión. La vida útil de una lámina corresponde al período de uso de la lámina hasta que pierde sus características mecánicas y comienza su degradación (más del 5% de corrosión). La vida útil se puede extender si la lámina se somete a un tratamiento con pintura especial a base de zinc una vez que ha alcanzado un 5% de corrosión.

Impacto del medio ambiente (atmósfera) sobre la vida útil de las láminas de zinc:

Los niveles de corrosión u oxidación causados por las distintas condiciones atmosféricas (ej., humedad, salinidad y acidez en el aire) se clasifican en seis categorías.

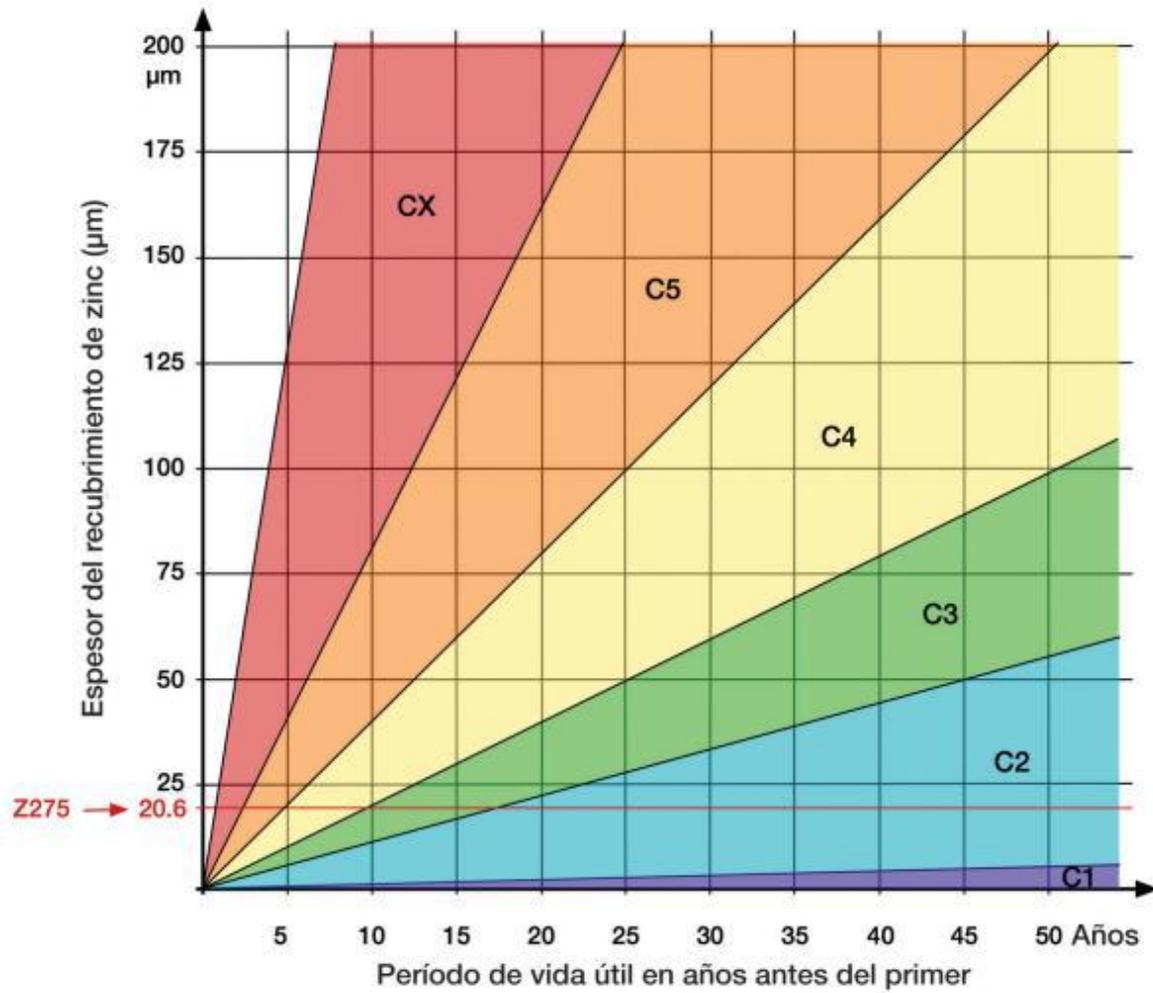
Tabla 5: Clasificación del nivel de corrosión basada en las condiciones medioambientales

Categoría de Corrosión	Nivel de corrosión	Medio ambiente (atmosfera exterior)
C1	Muy bajo	<p>•Regiones secas o frías:</p> <p>Condiciones atmosféricas con niveles muy bajos de contaminación y humedad, ej., Algunos desiertos, el Ártico y Antártico central.</p>

C2	Bajo	<p>•Regiones templadas: Condiciones atmosféricas con poca contaminación (So₂ menor a 5 µg/m³), ej., zonas rurales, pueblos pequeños.</p> <p>•Regiones secas o frías: Condiciones atmosféricas con cortos períodos de humedad, ej., desiertos, regiones subárticas.</p>
C3	Medio	<p>•Regiones templadas: Condiciones atmosféricas con contaminación media (So₂: 5 a 30 µg/m³) o influencia de cloruros, ej., zonas urbanas, zonas costeras con depósitos bajos de cloruros.</p> <p>•Regiones subtropicales y tropicales: Condiciones atmosféricas con poca contaminación (So₂ menor a 5 µg/m³).</p>
C4	Alto	<p>•Regiones templadas: Condiciones atmosféricas con contaminación alta (SO₂: 30 to 90 µg/m³) o influencia significativa de cloruros, ej., zonas urbanas con contaminación, zonas costeras sin niebla salina y exposición severa a sales de deshielo.</p> <p>•Regiones subtropicales y tropicales: Períodos muy largos de humedad y condiciones atmosféricas con contaminación media (So₂: 5 a 30 µg/m³).</p>
C5	Muy alto	<p>•Regiones templadas y subtropicales: Condiciones atmosféricas con contaminación muy alta (So₂: 90 a 250 µg/m³) y/o fuerte influencia de cloruros, ej., zonas industriales, zonas costeras.</p>
CX	Extremo	<p>•Regiones subtropicales y tropicales: Períodos muy largos de humedad y condiciones atmosféricas con contaminación muy alta (SO₂ sobre 250 µg/m³), con contaminación y producción asociada a cloruros, ej., zonas industriales altamente contaminadas, zonas costeras o marinas en contacto con niebla salina.</p>

Vida útil en función del medio ambiente (atmósfera):

El siguiente gráfico define la expectativa de vida útil de una lámina de acuerdo con el espesor del recubrimiento de zinc para varios entornos medioambientales, incluidas las zonas subtropicales y tropicales. El gráfico nos ayuda a escoger el espesor del recubrimiento en relación con la expectativa de vida útil del material.



*“Primer mantenimiento” se refiere al momento en que la corrosión alcanza el 5% de la superficie galvanizada total de la lámina de zinc. En este porcentaje, la alteración de la base de acero todavía es muy baja para causar una degradación relevante y es sencillo hacerle mantenimiento con la pintura apropiada.

>Para más información, ver módulo 4: Mantenimiento la cubierta y medidas de mitigación.

Tabla 6: Ejemplo de la expectativa de vida útil (en años) para un recubrimiento de zinc Z275 (aproximadamente 20 µm/lado)

Categoría	Medio ambiente	Expectativa de vida útil (en Expectativa de vida útil (en años) para un recubrimiento de zinc Z275 (20 µm/lado) os) para un recubrimiento de zinc Z275 (20 µm/lado)
C2	<ul style="list-style-type: none"> • Regiones templadas: Condiciones atmosféricas con poca contaminación (So2 menor a 5 µg/m3), ej., zonas rurales, pueblos pequeños. • Regiones secas o frías: Condiciones atmosféricas con cortos períodos de humedad, ej., desiertos, regiones subárticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • 17 – más de 50 años
C3	<ul style="list-style-type: none"> • Regiones templadas Condiciones atmosféricas con contaminación media (So2: 5 a 30 µg/m3) o influencia de cloruros, ej., zonas urbanas, zonas costeras con depósitos bajos de cloruros. • Regiones subtropicales y tropicales: Condiciones atmosféricas con poca contaminación (So2 menor a 5 µg/m3). 	10 – 18 años
C4	<ul style="list-style-type: none"> • Regiones templadas: Condiciones atmosféricas con contaminación alta (SO2: 30 to 90 µg/m3) o influencia significativa de cloruros, ej., zonas urbanas con contaminación, zonas costeras sin niebla salina y exposición severa a sales de deshielo. • Regiones subtropicales y tropicales Períodos muy largos de humedad y condiciones atmosféricas con contaminación media (So2: 5 a 30 µg/m3). 	5 – 10 años
C5	<ul style="list-style-type: none"> • Regiones templadas y subtropicales: Condiciones atmosféricas con contaminación muy alta (So2: 90 a 250 µg/m3) y/o fuerte influencia de cloruros, ej., zonas industriales, zonas costeras. 	2 – 5 años
CX	<ul style="list-style-type: none"> • Regiones subtropicales y tropicales: 	

	Períodos muy largos de humedad y condiciones atmosféricas con contaminación muy alta (SO ₂ sobre 250 µg/m ³).	Menos de 2 años
--	--	-----------------

De acuerdo con la Norma Europea (EN ISO 14713), el recubrimiento de zinc tiene un período mínimo de vida útil en función de su espesor, tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 7: Período mínimo de vida útil (en años) para el recubrimiento de zinc según su espesor

Tipo de recubrimiento de zinc (EN ISO 14713)	Espesor del recubrimiento de zinc (µm)	Vida útil mínima (años) según el tipo de condiciones atmosféricas			
		C3	C4	C5	CX
Z100	7	3 años	2 años	0	0
Z150	10	5 años	3 años	1 año	0
Z225	15	7 años	4 años	2 años	0
Z275	19	10 años	5 años	3 años	0
Z350	24	12 años	6 años	4 años	1 año
Z450	31	15 años	7 años	4 años	1 año
Z600	41	20 años	10 años	5 años	2 años



Los estudios* han revelado a lo largo de los años que la vida útil del recubrimiento de zinc es directamente proporcional al espesor de dicho revestimiento. Por ello al duplicar el espesor del recubrimiento de zinc se duplicará la durabilidad y la vida útil de la lámina.

Para obtener resultados más precisos sobre la vida útil de las láminas o sobre el espesor del recubrimiento de zinc que se debe aplicar a la chapa de metal, se puede utilizar también una herramienta online diseñada por X.G. Zhang, llamada el Zinc Coating Life Predictor (pronosticador de la vida útil del zinc). Esta herramienta calcula la velocidad de corrosión para el zinc en varias condiciones atmosféricas y en la zona específica del emplazamiento. Proporciona además algunos ejemplos de velocidad de corrosión en distintas zonas y ofrece información sobre dónde encontrar datos al respecto. Se puede consultar en: <http://www.galvinfo.com:8080/zclp/>²

Para encontrar la información requerida sobre la vida útil o el espesor mínimo del recubrimiento de zinc es necesario:

1. Rellenar un formulario con información sobre la ubicación del alojamiento. Esta información requerida consiste en:
 - ☒ Temperatura (°C) anual (temperatura del aire).
 - ☒ Humedad relativa (%) promedio por año.
 - ☒ Precipitaciones (mm/año).
 - ☒ Concentración en el aire de dióxido de azufre SO₂ (contaminación) (mg /m². día o µg/m³).
 - ☒ Salinidad del aire (mg/m². día).
 - ☒ Condiciones del alojamiento (al aire libre, protegido de la lluvia, interior).

2. Escoger entre 2 tablas para obtener la duración de la vida útil o el espesor del recubrimiento de zinc que se requiere.
 - ☒ La primera tabla calcula la vida útil del recubrimiento y pregunta por el espesor del recubrimiento de zinc (de un lado) en µm.
 - ☒ La segunda tabla calcula el espesor del recubrimiento de zinc y pregunta por la vida útil en años.

3. Leer el informe (ver ejemplo a continuación). El informe muestra que:
 - ☒ La velocidad de corrosión en este entorno particular es de 1,7µm / año.
 - ☒ Una lámina con un recubrimiento de zinc con un espesor de 24µm (Z275) de un lado tiene una vida útil de 14,1 años.

Entradas		Resultados	
Condiciones del alojamiento	al aire libre	Velocidad de corrosión	1,7 µm / y
Lluvia	1820 mm /	Vida útil	14,1 años

² Fuente: European General Galvanizers Association (EGGA)

Salinidad	56 mg/	Para encontrar el tipo de lámina que cumpla con los requerimientos de los cálculos, consulte a las asociaciones industriales locales o a los proveedores de materiales galvanizados de la zona.
Dióxido de	31 mg/	
Humedad	79 %	
Temperatura	27 °C	
Espesor del recubrimiento	24 µm	

Informe: Zinc coating life predictor report for a CGI sheet with Z275 coating © Galvinfo.com

1.2.4. Ejemplo de las especificaciones técnicas para las láminas de zinc

Especificaciones del IFRC Emergency Items Catalogue (EIC)³ (Catálogo de artículos de emergencia de la FICR)

Tabla 8: Especificaciones técnicas para las láminas de zinc según el EIC (2016, en espera de ser actualizado)

Artículo	Valor requerido	Descripción
Acero (base)	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Acero dulce para conformado. ⌘ lamina de acero laminada en frío. ⌘ Conformado en frío. 	
Grado		Conforme las normas siguientes:
	<ul style="list-style-type: none"> • DX 51 D+Z 	<ul style="list-style-type: none"> • Norma Europea: EN 10346 (2009)
	<ul style="list-style-type: none"> • SgCC • CS 	<ul style="list-style-type: none"> • Norma japonesa: JIS G3302 • Norma ASTM: ASTM A653
Resistencia a la conformación	<ul style="list-style-type: none"> • 220 MPa (N/mm²) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mínima 220 MPa (N/mm²)
Resistencia elástica	<ul style="list-style-type: none"> • 300 MPa (N/mm²) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mínima 270 MPa (N/mm²) • Máxima 500 MPa (N/mm²)

^{1 3} Enlace al IFRC Emergency Items Catalogue:
<http://procurement.ifrc.org/catalogue/detail.aspx?volume=1&groupcode=111&familycode=111003&categorycode=BSHE&productcode=EBUIBSHE>

Método de galvanización	<ul style="list-style-type: none"> Recubrimiento en continuo por inmersión en caliente. 	<ul style="list-style-type: none"> La galvanización en caliente brinda la mejor protección para las láminas de zinc. Se deben evitar otros métodos.
		<ul style="list-style-type: none"> Norma Europea: EN 10346 (2009)
		<ul style="list-style-type: none"> Norma japonesa: JIS G3302 Norma ASTM: ASTM A653
Recubrimiento protector	<ul style="list-style-type: none"> Zinc 	<ul style="list-style-type: none"> Existen otros recubrimientos tales como la aleación de zinc y aluminio, el aluzinc y el aluminio. Más adelante se ofrece información al respecto.
Espesor del recubrimiento de zinc	<ul style="list-style-type: none"> Z275 (ASTM A653 o EN 10346) ▶ 275 g/m² (40 μm > 20μm/lado). 	<ul style="list-style-type: none"> Se recomienda un mínimo de 137,5 g/m² en cada lado ▶ Se debe escoger de acuerdo con la expectativa de vida útil y al entorno medioambiental.

Tabla 8: Especificaciones técnicas para las láminas de zinc según el EIC

Artículo	Valor requerido	Descripción
Espesor	<ul style="list-style-type: none"> Calibre 26 (0,551 mm) para alojamientos permanentes. Calibre 28 (0,475 mm) para alojamientos provisionales. Calibre 30 (0,399 mm) para alojamientos provisionales. 	<ul style="list-style-type: none"> El calibre 30 es el mínimo espesor permitido para la cubierta de alojamientos. Requerimiento mínimo de espesor según: <ul style="list-style-type: none"> Norma Europea: 0,63 mm (Calibre 25). Recomendaciones de los países del Caribe: 0,551 – 0,701 mm (calibre 26 – 24).
Longitud de la lamina (sistema imperial)	6 ft (1,83 m), 8 ft (2,44 m), 10 ft (3,05 m)	Más común: 6 – 20ft (1,83–6,00 m)
Longitud de la lamina (sistema métrico)	2,00 m; 2,50 m; 3,00 m	<ul style="list-style-type: none"> Más común: 1,65 – 5,00 m (5,5–18,6 ft)

Ancho después del ondulado	• 914 mm (36 in)	⌘ Más común: 762–1067 mm (30–42 in)
Número de longitudes de ondas	⌘ 11 longitudes de ondas	
Número de crestas (ondas) 12 crestas Profundidad de la onda	18 mm	
Longitud de la onda	• 79,2 mm	
Peso (kg/m²)	⌘ Aprox. 4,322 kg /m ²	⌘ Para una lámina calibre 26. ⌘ Depende del espesor del recubrimiento de zinc ⌘ Las equivalencias para otros espesores se ofrecen en el Anexo 1.
Vida útil (expectativa de vida)	⌘ Depende de las condiciones medioambientales	⌘ Es posible aumentar el espesor del recubrimiento de zinc para aumentar la vida útil de la lámina. Conforme las normas: ⌘ NORMA ISO 14713-1 & ISO 14713-2
Disponibilidad	⌘ Especificaciones del Emergency Items Catalogue > en todo el mundo	⌘ Ver enlace en pie al pie de la página

1.2.5. Problemas con láminas de zinc y medidas preventivas

El problema principal de las láminas de zinc es la corrosión u oxidación. También se pueden presentar problemas mecánicos, deterioro físico y fallas en los elementos de fijación, por causa de las condiciones climáticas, el calor o el exceso de carga.

Corrosión:

La resistencia del acero a la corrosión u oxidación depende fundamentalmente del tipo de galvanización, el espesor del recubrimiento de zinc y las condiciones atmosféricas del emplazamiento donde se usen las lamina. La corrosión puede ser causada por:

- Ácidos que se encuentran en el agua de lluvia, la condensación, el rocío, etc.
- Álcalis fuertes (tales como el sodio del agua de mar).
- Ácidos sulfúricos producidos en entornos urbanos o zonas industriales (sulfuro de hidrógeno o dióxido de azufre).



Zona costera en Kalapata, Bangladesh: chapa ondulada de hierro galvanizado afectada por la corrosión (IFRC-SRU).

Diferentes tipos de corrosión que afectan a las láminas de zinc

1. Corrosión natural:

El recubrimiento de zinc depositado en una lámina de metal desarrolla una corrosión natural de su superficie debido a la exposición a las condiciones atmosféricas y la acción del agua, y esto ayuda a proteger la chapa de metal (acero base). Sin embargo, después de un período de tiempo que varía de acuerdo con el entorno medioambiental, el recubrimiento de zinc se corroe a tal punto que ya no puede proteger al acero base.

2. Corrosión química:

Es ocasionada por una reacción química entre dos (o más) materiales que están en contacto. El hierro o acero galvanizado tiene una buena resistencia a la corrosión en contacto con otros materiales como concreto, plomo, estaño, acero inoxidable, zinc y aluminio. Sin embargo, tiene poca resistencia a la

corrosión en contacto con otros materiales tales como yeso, argamasa de cemento húmedo (especialmente el cemento Portland), taninos de algunos tipos de madera (como secoya, cedro, roble, castaño) y conservantes de madera que contienen cobre, como el cobre Azole (CA) y el Cobre Alcalino Cuaternario (ACQ). Los elementos de zinc y de acero galvanizado en contacto con los materiales corrosivos mencionados pueden sufrir una corrosión adicional o más rápida.

3. Corrosión galvánica:

El acero galvanizado en contacto con ciertos metales como cobre, acero puro, hierro puro, bronce, níquel o cromo y en contacto adicional con agua (agua de lluvia, condensación y rocío), generan una reacción electrolytica que acelera la corrosión del recubrimiento de zinc.

Medidas para mitigar los problemas de corrosión:

Corrosión natural:

- Usar laminas con una capa de recubrimiento de zinc lo suficientemente gruesa para resistir las condiciones medioambientales en las que se utilice. (Ver el apartado “Impacto del medio ambiente (atmósfera) sobre la vida útil de las láminas de zinc”).

Corrosión química:

- Evitar el contacto del acero galvanizado con los materiales corrosivos mencionados anteriormente.
- Usar solo hierro/acero galvanizado en caliente y acero inoxidable (para las chapas, los elementos de fijación y los anclajes). Ambos pueden soportar mejor los químicos corrosivos y disminuir la velocidad de corrosión.

Corrosión galvánica:

- Evitar el contacto con cobre, acero puro, hierro puro, bronce, níquel o cromo y aleaciones hechas con estos metales.
- Aplicar una capa protectora de pintura sobre el acero galvanizado.
- Evitar el contacto entre el acero galvanizado y el acero inoxidable. Usar metales disímiles puede causar pérdida de galvanización y protección.



Vigueta de hierro corroída y chapa con óxido blanco (IFRC-SRU).

Deterioro mecánico y físico:

El deterioro mecánico y físico de las láminas se puede producir por diversos motivos: rayones o impactos sobre el recubrimiento de zinc, el ciclo de expansión y contracción causado por la temperatura, la deformación lenta de las láminas por su propio peso y las deformaciones debidas al exceso de cargas (dinámicas o estáticas).



Medidas para evitar daños y asegurar la vida útil de las láminas de zinc:

- Evitar los rayones causados por el contacto con herramientas o materiales afilados.
- Escoger laminas lo suficientemente gruesas > no usar laminas cuyo grosor sea menor al recomendado (0,399 mm a 0,551 mm / calibre 30 – 26).
- Asegurar el espacio de sujeción adecuado a la estructura de soporte en función del espesor de la chapa.
- Evitar caminar sobre el techo a menos que sea absolutamente necesario.
- Evitar colocar objetos pesados sobre la lámina, sobre todo objetos con bordes afilados (como bloques de cemento) que puedan rayar, romper o dañar la chapa.
- Usar pintura a base de zinc para mantener la lámina, disminuir la corrosión y aumentar su durabilidad.

Fallas de los elementos de fijación:

Los elementos de fijación se pueden aflojar o soltar debido a la expansión y contracción de los materiales de soporte (madera de construcción o madera de coco).



Medidas para mantener los elementos de fijación en su lugar:

- Usar arandelas de goma o arandelas de cierre.
- Usar clavos helicoidales para techo (con caña en forma de espiral) y no clavos lisos.
- Revisar la condición de los clavos y tornillos con regularidad (anualmente), sobre todo después de la acción de vientos fuertes, y volver a clavar o atornillar, o añadir otro elemento de fijación al lado del que está suelto si es necesario.



Corrosión galvánica de la lámina, vigas y pernos (IFRC-SRU).

1.3. Materiales para el soporte estructural de cubiertas con láminas de zinc

Este apartado presenta algunos de los materiales más comunes usados como soporte (listones de la estructura del techo) para sujetar las chapas onduladas de hierro galvanizado (láminas de zinc), así como sus propiedades mecánicas específicas, dimensiones y secciones apropiadas para su uso, además de consejos prácticos. Al final se ofrece una tabla con las ventajas y desventajas de usar cada uno de los distintos materiales.

La elección del material dependerá de su disponibilidad, asequibilidad y aceptación cultural, y sin duda también de su rendimiento desde el punto de vista técnico para ofrecer una buena resistencia al arranque y garantizar una fijación segura de las láminas.

Los siguientes materiales son usados comúnmente como listones de soporte:

- 1 Madera de construcción
- 2 Madera de coco
- 3 Bambú



Jamaica, huracán Dean, 2008: un camión distribuye madera y otros materiales de construcción (© Cruz Roja Francesa).

4 Metal

1.3.1. Madera de construcción

La madera de construcción se clasifica en madera dura y madera blanda. Como sus nombres lo indican, la madera dura es más rígida que la madera blanda. La madera dura es también mucho menos común en la construcción que la blanda. La madera blanda es muy usada como elemento estructural, sobre todo las maderas de pino, abeto de Douglas, picea, cicuta y alerce. Es importante comprobar en el mercado local el tipo de maderas más comunes y disponibles para la construcción en la zona en la que se vayan a utilizar.

En este apartado usaremos el pino como ejemplo de una de las maderas blandas más comunes usadas para la construcción.

Propiedades mecánicas de las maderas blandas:

La siguiente tabla muestra las propiedades mecánicas de la madera de pino una madera blanda muy usada para los listones en la construcción, así como información básica sobre su tratamiento y durabilidad. Se recomienda buscar propiedades de desempeño similares cuando se vaya a escoger la madera de construcción para sostener las láminas.



Haití: Madera de construcción en una tienda de materiales (IFRC-SRU).

Tabla 9: Propiedades mecánicas de la madera de pino

Madera blanda MADERA DE CONSTRUCCIÓN (PINO)	VALORES REQUERIDOS / DESCRIPCIÓN
Especie	<ul style="list-style-type: none"> • Pino • Tipos de madera con propiedades similares: píceas, cicuta, alerce.
Contenido de humedad	<ul style="list-style-type: none"> • 12%
Módulo de elasticidad E (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 8.000 – 10.000 MPa
Gravedad específica G	<ul style="list-style-type: none"> • 0,30 – 0,59
Flexión estática – Módulo de rotura (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 50 – 80 MPa
Resistencia a la compresión paralela a la fibra (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 40 MPa
Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 5,6 MPa
Corte paralelo a la fibra (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 9 MPa
Resistencia a la tensión perpendicular a la fibra (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 2-3 MPa
Elementos de fijación	<ul style="list-style-type: none"> • Clavos y tornillos galvanizados en caliente (para techos). • Clavos y tornillos de acero inoxidable (para techos).
Tratamiento sugerido:	<p>Tratamiento a presión con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobre Azole (CA): conservante sin arsénico. • Cobre Alcalino Cuaternario (ACQ). • Conservante Ligero Orgánico a base de Disolvente (LOSP) (la madera tratada con LOSP no es adecuada para su uso en contacto con el suelo). <p>Métodos sugeridos:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Madera tratada en autoclave⁴. • Madera tratada por inmersión (menos duradera que la tratada en autoclave).
Durabilidad	<p>La durabilidad de la madera tratada depende de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La calidad de la madera (clase 1 a 4). • El producto químico utilizado. • La profundidad de penetración del producto químico (depende de los métodos de tratamiento). • El peligro de exposición (insectos, hongos, termitas). <p>Durabilidad natural (sin tratamiento) – clase 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5 – 8 años para usos separados del suelo. • 0 – 5 años para usos en contacto con el suelo. <p>Con un tratamiento apropiado para madera: más de 50 años.</p>

Fuente: Timber, Durability and External Applications, Australian Timber Importers Federation



- Los tratamientos de madera a presión con cobre pueden ser corrosivos si entran en contacto con zinc o aluminio. (Para más información ver el apartado 1.2.3)
- El bórax (SBX) es un conservante de madera mucho menos corrosivo, pero su uso está limitado a los componentes interiores del entramado del techo. Su uso en exteriores debe ser distanciado del suelo y previo acabado de tres capas de pintura bien mantenidas.

Dimensiones de las secciones de madera de construcción:

La madera de construcción usada para dar soporte a las láminas viene en varios tamaños. La Tabla

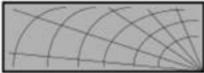
⁴ El tratamiento de autoclave introduce dentro de la madera agentes protectores por medio de autoclave con vacío – presión o autoclave de doble vacío. El objetivo de este tratamiento es aumentar la durabilidad frente a organismos xilófagos. La aplicación de madera tratada con autoclave se suele usar para exterior en construcción, mobiliario urbano, vallados, postes, guarda railes, muelles, puentes, carpintería, etc... Fuente: ¿Qué es la madera tratada? Madera en autoclave y termotratada, Maderea, www.maderea.es

9 muestra las dimensiones para la construcción de estructuras según las normas ASTM⁵ como orientación para escoger los tamaños más apropiados.

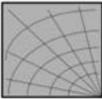
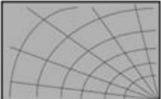
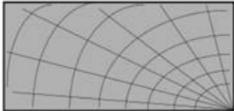
Se deben tener en cuenta varios factores para escoger las dimensiones adecuadas para los listones. El grosor es relevante para la profundidad de penetración de los clavos y tornillos y el ancho es también fundamental puesto que contribuye a aumentar la resistencia al arranque.

La Tabla 10 muestra la resistencia al arranque de clavos y tornillos para las distintas dimensiones de los listones de madera, las cuales han sido confirmadas a través de pruebas llevadas a cabo por la IFRC-SRU (Ver el apartado 1.4.4 para más información sobre las pruebas efectuadas).

Tabla 10: Ventajas y desventajas de las distintas dimensiones de listones de madera

Dimensiones de los listones	+Ventajas	-Desventajas
<p>Dimensiones menos apropiadas para los soportes:</p>  <p>19 x 38mm – 1" x 2"</p>		<ul style="list-style-type: none"> - La profundidad de penetración es muy poca para permitir la resistencia al arranque. - Los clavos pueden rajar la madera ya que el ancho de los listones no es suficiente para el diámetro de los clavos. - Es probable que los constructores no puedan caminar sobre el techo.
 <p>19 x 64 mm – 1" x 3"</p>	<p>+ Pueden usarse en zonas con una velocidad de viento de menos de 100 km/h.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La profundidad de penetración es muy poca. - Es probable que los constructores no puedan caminar sobre el techo.

⁵ ASTM International es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica de forma voluntaria normas técnicas consensuadas internacionalmente para una gran variedad de materiales, productos, sistemas y servicios. <https://www.astm.org/>

 <p>38 x 38 mm – 2" x 2" (o 50 x 50 mm)</p>	<p>+ Pueden usarse en zonas con una velocidad de viento de menos de 100 km/h.</p>	<p>- Los clavos pueden rajar la madera ya que el ancho de los listones no es suficiente para el diámetro de los clavos.</p>
 <p>38 x 64 mm – 2" x 3" (o 50 x 63 mm)</p>	<p>+ Tamaño óptimo del soporte.</p> <p>+ Recomendado para zonas con fuertes vientos.</p>	<p>- No debe ser colocado de canto.</p>
<p>Dimensiones más apropiadas para los soportes.</p>  <p>38 x 89 mm – 2" x 4"</p>	<p>+ Soporte extrafuerte.</p> <p>+ Recomendado para zonas con fuertes vientos.</p>	<p>- No debe ser colocado de canto.</p>



La madera debe estar seca si va a ser usada como material de construcción. Según las normas "occidentales" (establecidas en países de clima frío o moderado), la madera de construcción debe tener un contenido de un 12% de humedad. Sin embargo, esto varía en otras regiones con climas distintos; por ejemplo, según las normas en Malasia, un contenido de 19% de humedad se considera lo suficientemente seco para que la madera pueda ser usada en la construcción.



Las dimensiones nominales más usadas para la madera de construcción en el continente americano son mayores que las establecidas de manera estándar para los listones que ya han sido tratados. Por ejemplo, una tabla de 2x4" (50 mm x 100 mm) después del secado y tratado corresponde a 1-1/2 por 3-1/2 pulgadas (38 mm x 89 mm).

Orientación básica para trabajar con madera de construcción:

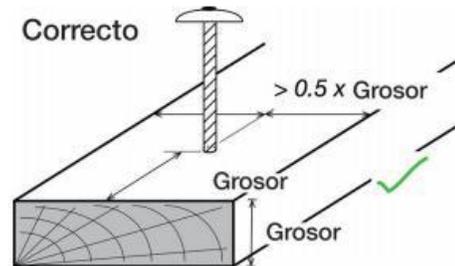


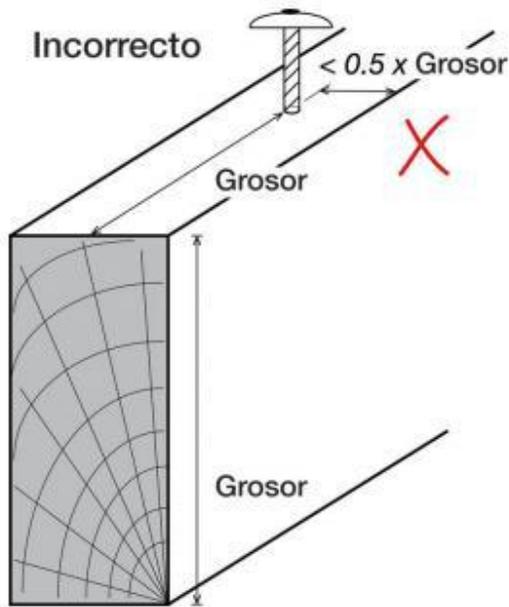
Reglas generales para evitar agrietar la madera con los clavos:

- El clavo se coloca a una distancia de los bordes que no sea menor a la mitad del ancho del listón (ejemplo 1).
- El clavo se coloca a una distancia del extremo que no sea menor al grosor del listón (ejemplos 1+2).
- El grosor del listón debe ser 11 veces mayor al diámetro del clavo (ejemplo 3)

Ejemplo 1: si el grosor del listón es de 19 mm, entonces el clavo debe colocarse a una distancia mínima de 10 mm del borde ($19 \times 0,5 = 9,5$ mm), y a 19 mm de distancia del extremo del listón.

Posición correcta del clavo para evitar grietas en la madera



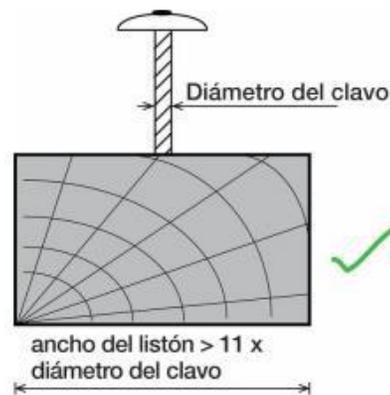


Posición incorrecta del listón y posición incorrecta del clavo.

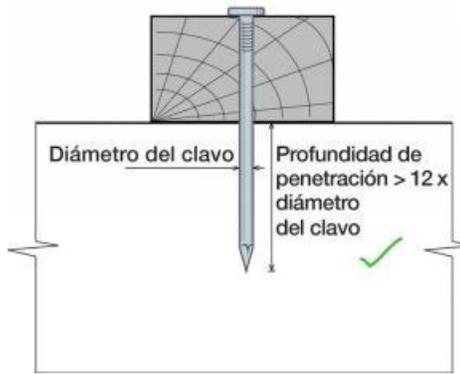
Ejemplo 2: si un listón (38x89 mm/2"x4") se coloca de canto (sobre su lado más estrecho como se muestra en la ilustración) con un grosor de 89 mm, entonces el clavo se debería colocar como mínimo a 45 mm del borde ($89 \times 0,5 = 44,5$ mm). Debido a que el ancho de este listón es de solo 38 mm, no es posible colocar el clavo a 45 mm del borde sin riesgo de agrietar la madera. Por ello los listones de 38x89mm/2x4" no se deben colocar de canto.

Ejemplo 3: si el diámetro del clavo para es de 3,76 mm (diámetro común), entonces el listón debe tener un ancho mínimo de 41,4 mm ($11 \times 3,76 = 41,4$ mm)

Ancho del soporte basado en el diámetro del clavo



Para sujetar correctamente los listones a las vigas, y las láminas a los listones, la profundidad de penetración del clavo en el listón debe ser como mínimo 12 veces el diámetro del clavo, lo que significa que los clavos deben ser bastante largos (ejemplo 4).



Profundidad de penetración basada en el diámetro del clavo.

Ejemplo 4: si el diámetro del clavo es de 4,11 mm, entonces la profundidad de penetración dentro de la viga debe ser al menos de 50 mm ($12 \times 4,11 = 50$ mm). Si el listón tiene un grosor de 38 mm, entonces el clavo debe tener al menos 88 mm de longitud ($50 + 38 = 88$ mm) ▶ un clavo de 3-½" o 4".

Si la longitud de los clavos (más de 100mm o 4") dificulta clavar los listones a una viga colocada de canto, se pueden usar anclajes antihuracanes para sujetar los listones a la viga (para más información sobre anclajes antihuracanes, ver el apartado 1.6).



Consejos prácticos para aumentar la resistencia al arranque de listones delgados (especialmente cuando se está reparando un techo):

Si los listones son delgados (ej., 1"x3"), es posible aumentar la resistencia al arranque usando clavos que sean más largos que el grosor del listón; el clavo atraviesa el listón y luego se martilla la punta para doblarla sobre el listón.

Aunque esta práctica mejora la resistencia y el cierre tiene algunas desventajas:

- Cuando el clavo atraviesa el listón aumenta el riesgo de filtraciones, por ello es fundamental colocar adecuadamente la arandela debajo de la cabeza del clavo.
- Aunque esta práctica aumenta la resistencia al arranque, es esencial asegurarse de que las cabezas de los clavos no perforen la lámina de zinc con la presión del viento. Para ello, se debe usar una lámina de zinc lo suficientemente gruesa (calibre 26) o colocar una arandela de cierre lo suficientemente amplia debajo de la cabeza del clavo para aumentar la resistencia a la perforación de la lámina de zinc.
- Es cierto que representa más trabajo doblar la punta de cada clavo, pero es peligroso dejar los clavos con la punta expuesta.

1.3.2. Madera de coco

La madera de coco, conocida también como madera de palma de coco o madera de cocotero, proviene de una palma y no de un árbol, por lo cual tiene diferentes propiedades a las maderas derivadas de árboles y no puede ser clasificada dentro de las “maderas duras” o “maderas blandas”. Dentro de una palma puede haber distintas densidades y resistencias en función del corte que se le haga al tronco.

En los árboles, el corazón o duramen (la parte central y más antigua del árbol) es más densa y dura, mientras que la albura (la parte exterior de entre 2 y 10 cm) es más blanda a lo largo de todo el tronco del árbol. En el caso de las palmas es prácticamente lo contrario, la parte interior del tallo es blanda, mientras que la exterior es dura. La albura de la palma (parte exterior más dura) normalmente es de color más oscuro (rojo o marrón oscuro) que el duramen que es más blando; éste último suele ser marrón claro. Además, la parte inferior de la palma (más cercana a las raíces) es más dura, y la dureza y densidad van disminuyendo a lo largo de la parte superior del tallo.



Si la palma de coco se corta a todo lo largo del tallo, la calidad de la madera será diferente en cada extremo de la pieza cortada. Por ello es importante saber escoger este tipo de madera para la construcción. Mientras que las partes más densas y duras de la parte inferior y exterior del tallo se usan para los elementos que soportan el peso de la estructura del techo (vigas), el material menos denso se usa como soporte (listones) para la cubierta del techo. Las partes menos densas del interior y la parte superior del tallo sólo pueden tener usos que no impliquen soportar ningún peso.

Al igual que la madera común, la madera de coco debe estar seca (un 12% de contenido húmedo) para poder usarse como material de construcción.

La madera de coco no se considera un material con mucha durabilidad, que es de entre 5 y 7 años sin tratamiento. Con tratamientos para protegerla de los hongos, los insectos y las termitas, este tipo de madera puede durar hasta 50 años.



Corte de madera de coco de la albura (alta densidad) (IFRC-SRU).



Corte de madera de coco del duramen (densidad baja o media) (IFRC-SRU).

La siguiente tabla ofrece más detalles sobre los usos de la madera de coco.

Tabla 11: Uso de la madera de coco de acuerdo con su densidad

Madera de coco	Densidad (kg / m³)	Uso recomendado *
Densidad alta	> 600 kg/m ³	Elementos estructurales que soporten cargas, tales como postes (sólidos y de diámetro circular), vigas, armazones, viguetas, listones, vigas secundarias, marcos para puertas y ventanas, así como recubrimiento y vigas para suelos.

Densidad media	400 – 600 kg/m ³	Paredes exteriores y apliques. También puede usarse en forma de tejas para el tejado.
Densidad baja	< 400 kg/m ³	Elementos no estructurales que no soporten cargas, como paneles y falsos techos interiores.

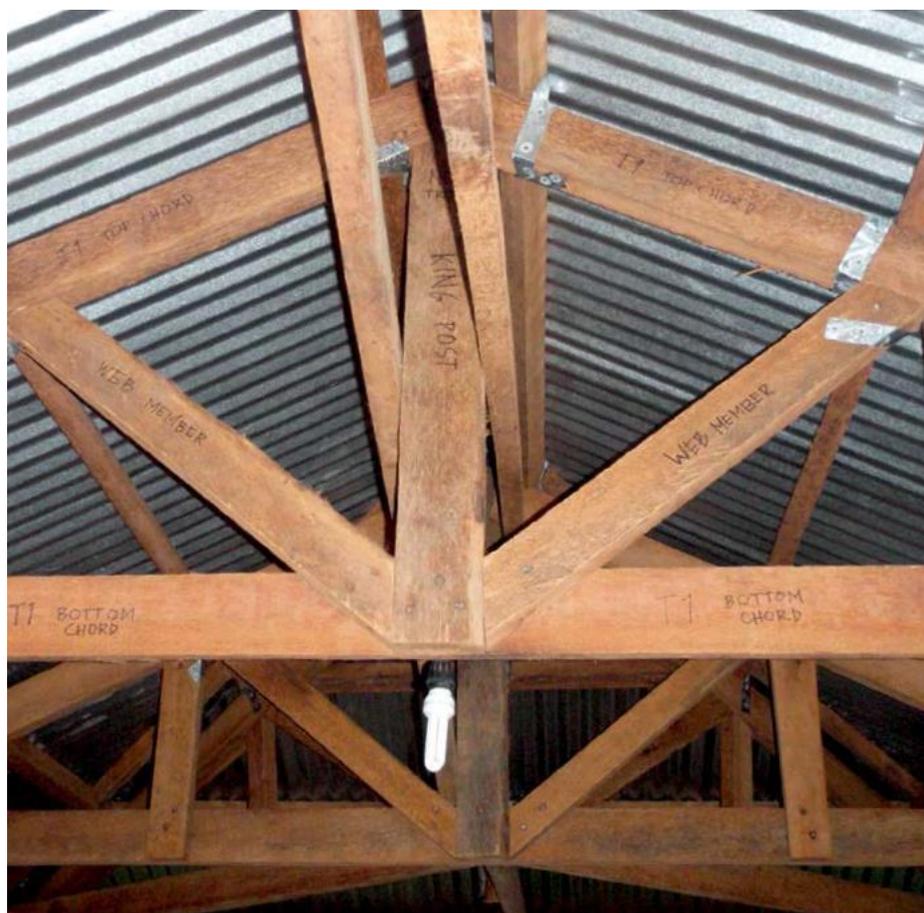


Las pruebas llevadas a cabo en el laboratorio de la SRU revelaron que la madera de coco de densidad media tiene una resistencia al arranque de clavos helicoidales para techo (de cabeza ancha y caña en espiral) y de tornillos para techo 20% menor que la madera de coco de alta densidad.

Por ello en zonas propensas a huracanes es recomendable usar vigas y listones de madera de coco de alta densidad o usar mayor cantidad de elementos de fijación (apartado 1.4 ofrece más información al respecto). Sin embargo, mientras más densa es la madera de coco, resulta más difícil de cortar por lo que es menos apreciada por los constructores de techos. Cortar madera de coco dura requiere el uso de una sierra eléctrica o de una motosierra cuya hoja esté fabricada con carburo de tungsteno (el acero más resistente para herramientas).

Para clavar más fácilmente en la madera dura se recomienda aplicar jabón de barra al clavo.

*Fuente: Arancón, Rómulo. *Asia Pacific Forestry Sector Outlook: Focus on Coconut Wood*. FAO, 1997



Filipinas: estructura de techo de madera de coco (IFRC-SRU).

Propiedades mecánicas de la madera de coco⁶:

La próxima tabla muestra las propiedades mecánicas de la madera de coco proveniente de palmas maduras y proporciona información sobre su trabajabilidad, tratamiento, durabilidad y disponibilidad.

Tabla 12: Propiedades mecánicas de la madera de coco proveniente de palmas maduras

MADERA DE COCO	VALORES / DESCRIPCIÓN
Especie	• Cocos nucifera
Contenido de humedad	• 12%

⁶ Fuentes: Arancón, Rómulo. *Asia Pacific Forestry Sector Outlook: Focus on Coconut Wood*. FAO, 1997. *Coconut wood - properties and processing facts for coconut 'wood'*, Australian Centre for International Agricultural Research, revised 2010.

Densidad (kg/m ³)	<ul style="list-style-type: none"> • 100 – 1020 kg/m³ Densidad alta > 600 kg/m³
Módulo de elasticidad E (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 2,000 – 25,000 Densidad alta: 11,400 MPa
Gravedad específica G	<ul style="list-style-type: none"> • 0,26 – 0,59
Flexión estática – Módulo de ruptura	<ul style="list-style-type: none"> • 28 – 205 MPa Densidad alta: 104 MPa
Resistencia máxima a la compresión paralela a la fibra (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 19 – 57 MPa Densidad alta: 40 MPa
Resistencia a la compresión	<ul style="list-style-type: none"> • 9,0 MPa
Resistencia al corte paralelo a la fibra (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 2,1 – 17,7 MPa
Forma	<ul style="list-style-type: none"> • Puede deformarse fácilmente
Trabajabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • De media a alta. Precisa de herramientas afiladas y resistentes. Se recomienda el uso de sierra eléctrica con dientes de hoja fabricados con carburo de tungsteno.
Elementos de fijación	<ul style="list-style-type: none"> • Clavos para techo. • Tornillos para techo.
Tratamiento recomendado	<p>Tratamiento a presión con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobre Azole (CA): conservante sin arsénico. • Cobre Alcalino Cuaternario (ACQ). • Conservante Ligero Orgánico a base de Disolvente (LOSP) (la madera tratada con LOSP no es adecuada para su uso en contacto con el suelo).
Madurez	<ul style="list-style-type: none"> • Unos 50 años
Durabilidad ⁴	<p>Durabilidad natural (sin tratamiento):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 – 7 años para usos separados el suelo. • 0 – 5 años para usos en contacto con el suelo. <p>Con un tratamiento apropiado para madera: más de 50</p>

Disponibilidad:	<p>Como recurso local: > en los Trópicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Región Asia-Pacífico • África • Latinoamérica
-----------------	--

Dimensiones para los listones de madera de coco para construcción:

La madera de coco normalmente viene en las mismas dimensiones que la madera común de construcción, por lo cual se puede usar como referencia la misma tabla presentada en el apartado 1.3.1.

1.3.3. Bambú

El bambú es visto a menudo como un material de poco valor. Sin embargo, algunos tipos de bambú presentan una mayor resistencia que la madera de construcción o la madera de coco lo que demuestra que el bambú puede ser un material de construcción muy fuerte y apropiado para construir estructuras resistentes al viento en algunos contextos.

Algunas especies de bambú, como la guadua, son recomendadas para la construcción. Es importante verificar qué tipo de bambú es usado para la construcción de viviendas en la zona en la que se piensa construir.

El bambú sin tratamiento no es un material con larga durabilidad. Sin embargo, su durabilidad puede aumentar considerablemente si se trata con conservantes seguros y respetuosos con el medio ambiente. Al igual que la madera de construcción y la madera de coco, el bambú debe estar seco para ser usado como material de construcción.



Nepal: instalación de una lámina de zinc sobre una estructura de bambú (IFRC-SRU).

1.3.4. Metal

Las estructuras de metal no son muy comunes en la construcción de alojamientos, pero pueden ser una alternativa en algunos contextos:

- Cuando el uso de estructuras de metal sea común y sus materiales se vendan a bajo costo en el mercado local.
- Cuando la calidad o cantidad de los materiales locales no sea suficiente y sea necesario importar materiales de construcción.
- Cuando se necesita que el material tenga una alta resistencia al viento (alojamientos construidos en una zona propensa a la categoría más alta de huracanes).
- Para edificaciones con largos tramos de vigas (escuelas, hospitales o construcciones dedicadas a la industria o la agricultura).

Las viguetas de metal están hechas de acero estructural laminado en caliente para conformado en frío. También pueden ser galvanizadas en caliente o de acero inoxidable, en función del nivel de corrosión del medio ambiente local.

Los perfiles regulares para las viguetas de metal son:

- Perfil Z > tamaño: de 100 a 250 mm; espesor: de 1 a 5 mm
- Perfil C > tamaño: de 30 x 11,5 x 2 mm a 140 x 50 x 3 mm



Perfiles de metal: Z y C



Si las viguetas están hechas de acero bruto, es necesario evitar el contacto entre el acero bruto y las láminas de zinc pintando las viguetas o usando material aislante (como trozos de goma) en los puntos en los que las viguetas y las láminas de zinc entran en contacto; de lo contrario, hay riesgo de corrosión galvánica.



El acero sin tratamiento se corre mucho más rápido que la lámina de zinc (SRU-FICR)

Propiedades mecánicas de las viguetas de metal:

La siguiente tabla muestra las propiedades mecánicas básicas de las viguetas de metal, así como sus elementos de fijación.

Tabla 13: Propiedades mecánicas básicas de las viguetas de metal

VIGUETA DE METAL	VALORES REQUERIDOS / DESCRIPCIÓN
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Acero galvanizado en caliente • Acero inoxidable • Depende de la velocidad de corrosión del medio ambiente local
Acero	<ul style="list-style-type: none"> • Acero estructural S350GD, acero galvanizado laminado en caliente para conformado en frío
Fuerza de tracción	<ul style="list-style-type: none"> • 420 MPa mínima
Resistencia a la conformación (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • 350 MPa mínima
Módulo de elasticidad E (MPa)	<ul style="list-style-type: none"> • Acero estructural: 210,000 MPa • Acero inoxidable: 180,000 MPa
Recubrimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Recubrimiento de zinc mínimo Z275 (275 g/m²) • De acero inoxidable para condiciones atmosféricas extremas
Elementos de fijación	<ul style="list-style-type: none"> • Solo tornillos para techo > Tornillos autotaladrantes.

1.3.5. Ventajas y desventajas de cada tipo de soporte

Cada material usado como soporte para la estructura de las láminas de zinc presenta ventajas y desventajas dependiendo de factores como la disponibilidad local, la aceptación cultural, el uso y el tipo de elementos de fijación, la dificultad de instalación, la resistencia/fuerza y, lógicamente, el precio.

De los cuatro tipos de materiales de soporte presentados, los más comunes para los alojamientos con cubiertas de láminas de zinc dentro de respuesta humanitaria son la madera de construcción y la madera de coco. El bambú se utiliza más comúnmente con cubiertas de techo naturales como los techos de paja o también puede usarse con cubiertas de lona en campamentos o albergues provisionales. En cuanto al metal, se usa mayormente en construcciones grandes o si la resistencia requiere una altura particularmente elevada.

La Tabla 14 brinda una comparación de los materiales para ayudar a decidir cuál es el material de soporte más apropiado al contexto y proyecto específicos.

Tabla 14: Ventajas y desventajas de cada tipo de soporte

SOPORTE	+ VENTAJAS	– DESVENTAJAS
<p>Madera de construcción (madera blanda)</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Alta resistencia, similar a la de la madera de coco (densidad alta). + Fácil de trabajar (fácil de cortar, clavar y atornillar). + Uso de clavos o tornillos para techo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suele ser un material importado. - Es de costo elevado sino se encuentra en el mercado local. - Debe ser tratada. - Requiere listones gruesos y elementos de fijación largos para asegurar una buena resistencia al arranque.
<p>Madera de coco</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Resistencia media-alta. + Material local. + Más económica si se encuentra localmente. + Resistencia similar a la madera blanda (pino). + Uso de clavos o tornillos para techo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Debe ser tratada. - Sólo se pueden usar las palmas maduras (de más de 50 años) como material de construcción. - Presenta resistencias y densidades variables > es necesario usar la madera más densa para las estructuras. - Puede ser difícil de cortar y clavar. - Requiere listones gruesos y elementos de fijación largos para asegurar una buena resistencia al arranque.
<p>Bambú (guadua)</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Material local. + Más económico si se encuentra localmente. + Puede ser más resistente que la madera de construcción y que 	<ul style="list-style-type: none"> - No se ha confirmado la resistencia al arranque ni los elementos de fijación necesarios. No se recomienda como soporte de láminas de zinc en zonas propensas a huracanes. - Necesita elementos de fijación específicos > alambre (los clavos o tornillos para techo no son apropiados). - Se puede usar solo bambú maduro.

<p>Metal</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Muy resistente >Puede usarse en zonas propensas a huracanes de categoría alta. + Útil para tramos largos > usado normalmente en construcciones para la industria o la agricultura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suele ser un material importado. - Precio elevado. - Necesita protección contra la corrosión > el uso de acero galvanizado o inoxidable depende del entorno. - Sólo se pueden usar tornillos de techo autotaladrante. - Requiere herramientas más sofisticadas (taladro, sierra eléctrica, esmeriladora). - Requiere trabajadores expertos.
---------------------	---	---

1.4. Elementos de fijación y accesorios

Existen distintos tipos de clavos, tornillos y ganchos en el mercado dependiendo del tipo de material y de viguetas que sujetarán las láminas de zinc a la cubierta. En esta sección se presentan los tipos más comunes de elementos de fijación y accesorios que pueden usarse para fijar de forma segura las láminas de zinc a la estructura de la cubierta. Diversos estudios sobre las causas de las fallas en las construcciones de acero indican que éstas tienen su origen en los elementos de fijación. Dado que estos elementos, usados tanto en la estructura como en los revestimientos, constituyen aproximadamente entre el 6% y el 8% del costo del proyecto completo, los constructores suelen desatender este aspecto vital del proyecto.

El uso de accesorios apropiados y recomendados aumenta la vida útil de las cubiertas y las paredes. Si estos accesorios son de mala calidad, pueden afectar de forma negativa la calidad de otros elementos como las láminas de zinc y reducir su durabilidad. Los accesorios y el material de las láminas de zinc deben tener la misma vida útil que el resto de los materiales de la estructura del techo y por ello el criterio para seleccionar estos accesorios (elementos de fijación, canaletas o láminas de remate) debe formar parte del diseño de la vida útil de la toda la estructura.

De acuerdo con el material de soporte, se pueden necesitar distintos tipos de elementos de fijación. El desempeño de los elementos depende del tipo, tamaño, material, profundidad de penetración y número de elementos de fijación utilizados. La selección depende del tipo de material disponible en el mercado local que tenga buena resistencia al arranque para colocar de forma efectiva los elementos de fijación de las láminas de zinc.

Los elementos de fijación más comunes para sujetar las láminas de zinc a la madera de construcción son:

- Clavos para cubierta: de caña lisa.
- Clavos para cubierta: de caña helicoidal (en forma de espiral).
- Tornillos para cubierta.

Las viguetas de bambú o metal requieren elementos de fijación específicos.

Se deben usar pernos de gancho fabricados en hierro galvanizado para sujetar las láminas a las viguetas de hierro perfiladas, mientras que para para fijar las láminas a las viguetas de hierro de contorno cuadrado o rectangular de deben usar tornillos de biela (crank bolts) de hierro galvanizado.



Las normas (tanto las europeas como las ASTM) ya no permiten el uso de clavos para cubiertas (ya sean de caña lisa o helicoidal) para sujetar las láminas de zinc e indican el uso de tornillos para techo. Sin embargo, los clavos para techo son usados en la mayor parte de los países del sur donde las operaciones de alojamiento humanitario se llevan a cabo y por ello se describen en este manual. Es importante destacar que los clavos para cubiertas de caña lisa ya no se venden en la región del Caribe puesto que se considera que no cumplen su función de fijación.

1.4.1 Clavos para techo

Existen varios tipos de clavos para cubiertas y no todos son apropiados para sujetar las láminas de zinc a los soportes, como se muestra en la siguiente tabla.

Los clavos para cubierta de láminas de zinc deben medir entre 60 mm (2 ½ pulgadas) y 75 mm (3 pulgadas) de longitud, dependiendo del grosor del soporte y la utilidad deseada.

Tabla 15: Tipos de clavos

Tipos de clavo para cubierta disponibles en el mercado	Uso	Características recomendadas
	Para fijar láminas de zinc solo en zonas con poca presión del viento	<ul style="list-style-type: none"> • Clavo largo • Caña lisa • Cabeza ancha abultada en forma de sombrilla • Se usa con arandelas de goma
	Para fijar láminas de zinc	<ul style="list-style-type: none"> • Clavo largo de 3”(7.62cm) • Caña helicoidal (en forma de espiral) • Cabeza ancha abultada en

	<ul style="list-style-type: none"> • Para fijar planchas de bitumen pequeñas. <p>No sirve para fijar láminas de zinc.</p>	<p>forma de sombrilla</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se usa con arandelas de goma
	<ul style="list-style-type: none"> • Para fijar capas inferiores (usados normalmente con planchas de bitumen). <p>No sirve para fijar láminas de zinc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Clavo corto • Caña lisa y gruesa • Cabeza plana y ancha
		<ul style="list-style-type: none"> • Clavo corto • Caña delgada y dentada • Cabeza pequeña • Tope de plástico



Para fijar las láminas de zinc solo se deben usar clavos para cubiertas con cabeza ancha en forma de sombrilla con una arandela de goma. Los otros tipos de clavo, incluidos los clavos comunes, no son apropiados para las cubiertas ya que tienen la cabeza muy angosta. La cabeza en forma de sombrilla es fundamental para asegurar que la chapa no se rompa alrededor de la cabeza del clavo.



La cabeza en forma de sombrilla o paraguas es básicamente una arandela de metal soldada a la parte superior de la caña del clavo para formar la cabeza. La calidad de la soldadura entre la cabeza y la caña es esencial para asegurar la resistencia del clavo. Si la soldadura es débil, la cabeza se puede romper con la presión del viento incluso antes de que el clavo se salga y lo que quede del clavo no será suficiente para sujetar la lámina de zinc. Por ello la calidad de la cabeza en forma de sombrilla es fundamental. La cabeza en forma de sombrilla debe ser capaz de soportar al menos la misma presión que la resistencia al arranque del clavo (a una profundidad de penetración de unos 40 mm).

La arandela de goma debajo de la cabeza en forma de sombrilla asegura que el agujero causado por la perforación del clavo en la lámina de zinc se selle y la cubierta del techo sea a prueba de agua. La arandela debe tener un diámetro aproximado de 2 mm más ancho que el diámetro de la cabeza del clavo, y su grosor ideal es de 3 mm.



Hay que asegurarse de incluir las especificaciones de las arandelas cuando se haga el pedido de clavos.



La resistencia al arranque de los clavos y tornillos para techo puede disminuir a lo largo del tiempo, sobre todo por las contracción o relajación de las fibras de madera con los cambios de temperatura. Los clavos para techo con caña helicoidal suelen tener mejor resistencia.

Ejemplo de especificaciones técnicas de los clavos para techos de láminas de zinc

El Emergency Items Catalogue de la FICR (EIC) propone un tipo de clavo para techo (de dos longitudes diferentes) con las especificaciones técnicas descritas en la siguiente tabla.

Tabla 16: Especificaciones técnicas de los clavos para techo propuestas por el EIC

	DESCRIPCIÓN
	Clavos para techo con cabeza sellada en forma de sombrilla, caña helicoidal (en forma de espiral) y arandela de goma
Tipo	<ul style="list-style-type: none"> Clavo de acero galvanizado, fabricado con acero pulido bajo en carbono, procesado al frío.
Cabeza	<ul style="list-style-type: none"> Cabeza sellada ancha y abultada en forma de sombrilla.
Caña	<ul style="list-style-type: none"> Caña helicoidal (en forma de espiral).
Diámetro de la caña	<ul style="list-style-type: none"> 3,76 mm
Longitud del clavo	<ul style="list-style-type: none"> 60 mm (2 ½ pulgadas): ideal para listones de 40mm de grosor. 75 mm (3 pulgadas): recomendada para listones más gruesos.
Diámetro de la cabeza (en forma de sombrilla)	<ul style="list-style-type: none"> Mínimo 20 mm

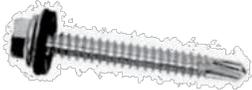
Arandela de goma	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 22 mm ▸ diámetro de la cabeza del clavo + 2 mm • recomendados (ej., 22 mm). • Grosor: 2 mm mínimo – 3 mm recomendado.
Metal	<ul style="list-style-type: none"> • Acero galvanizado en caliente (no se debe usar el acero con electrogalvanizado en madera tratada o en ambientes corrosivos).
Tratamiento contra la corrosión	<ul style="list-style-type: none"> • Recubrimiento de zinc: mínimo requerido 275 g/m² (20µm/lado). • Masa de recubrimiento: 350 g/m² recomendado para categorías de corrosión C1–C4. • Masa de recubrimiento: 450 g/m² recomendado para categorías de corrosión C5 + CX.
Fuerza de tracción	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo 600 MPa

1.4.2 Tornillo para techo

Hay distintos tipos de tornillos para techo. Algunos están diseñados para fijar laminas onduladas de hierro o acero galvanizado a la madera, otros para fijarlas al metal, y otros para fijarlas entre ellas.

La siguiente tabla ayuda a identificar los tipos de tornillos para techo más apropiados para fijar las láminas de zinc.

Tabla 17: Tipos de tornillo para cubiertas

Tipos de tornillo para cubiertas	Uso	Características
	Para fijar láminas de zinc a listones de madera de construcción o madera de coco.	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillo largo • Tornillo autotaladrante • Con arandela de cierre (arandela de goma con respaldo de metal)
	Para fijar láminas de zinc a viguetas de metal.	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillo corto • Tornillo autoroscante • Con arandela de cierre
	Para unir dos láminas de zinc (especialmente chapas acanaladas).	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillo muy corto • Tornillo autoroscante • Con arandela de cierre

	<p>Para unir láminas de zinc acanaladas con aislamiento a viguetas de metal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tornillo muy largo. • Tornillo Autoroscante. • Arandela de goma angosta.
---	--	--



Sólo se deben usar tornillos autotaladrantes para fijar a la lámina de zinc a los soportes de madera de construcción o madera de coco. Estos tornillos deben tener arandelas de cierre anchas para reducir el riesgo de perforación de la chapa. Sólo se deben usar tornillos autoroscantes para fijar la lámina de zinc a viguetas de metal.



Dado que la mayoría de los tratamientos aplicados a la madera de construcción son altamente corrosivos (los más comunes son el Cobre Azole [CA] y el Cobre Alcalino Cuaternario [ACQ]), se recomienda usar elementos de fijación galvanizados en caliente o de acero inoxidable cuando se usen en contacto con madera tratada o en entornos urbanos contaminados o zonas costeras que puedan acelerar la corrosión. Los detalles se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 18: Uso de elementos de fijación según las condiciones medioambientales

Tipo de lamina	Características de los elementos de fijación para condiciones medioambientales C1-C4	Entornos industriales y urbanos altamente contaminados o entornos marítimos
<p>Láminas de zinc</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acero galvanizado en caliente con recubrimiento de zinc: Z350 recomendado, Z275 mínimo requerido. • Acero inoxidable con arandela de goma entre la lámina de zinc y la cabeza del clavo/tornillo. • Aluminio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acero galvanizado en caliente con recubrimiento de zinc: Z450 recomendado. • Acero inoxidable con arandela de goma entre la lámina de zinc y la cabeza del clavo/tornillo.
<p>Láminas de zinc recubiertas con pintura</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Acero galvanizado en caliente con recubrimiento de zinc: Z350 	<ul style="list-style-type: none"> • Acero galvanizado en caliente con recubrimiento de zinc: Z450 recomendado.

	<p>recomendado, Z275 mínimo requerido.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable con arandela de goma entre la lámina de zinc y la cabeza del clavo/tornillo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable con arandela de goma entre la lámina de zinc y la cabeza del clavo/tornillo.
--	--	---

Especificaciones de tornillos para cubiertas:

La siguiente tabla muestra las especificaciones de los tornillos para cubiertas usados en soportes de madera y algunas especificaciones adicionales para su uso en soportes de metal.

Tabla 19: Especificaciones de tornillos para cubiertas usados en madera de construcción o madera de coco.

	Descripción
Tipo	<ul style="list-style-type: none"> - Tornillo para cubierta de acero galvanizado. - Autotaladrante (para listones de madera): con punta afilada.
Cabeza	<ul style="list-style-type: none"> - Cabeza de arandela hexagonal: cabeza de seis lados para atornillarla con llave inglesa (o cabeza de arandela hexagonal con ranuras). - Diámetro de la cabeza: 12 mm (½ pulgada en sistema imperial).
Arandela de cierre	<ul style="list-style-type: none"> - Arandela de neopreno (goma) con respaldo de metal - Diámetro: variable, ≥ 20mm. <p><i>Para más información, ver las especificaciones de las arandelas en la Sección A.5.</i></p>
Cuerpo	<ul style="list-style-type: none"> - Completamente enroscado (tornillo tirafondos). - Paso de la rosca: 0,7 mm > rosca gruesa para atornillar en madera.
Diámetro de la cabeza	<ul style="list-style-type: none"> - 4-6 mm

Longitud del tornillo	60 mm (2 ½ pulgadas): ideal para un listón de 40 mm de grosor.
Metal	Acero galvanizado en caliente.
Tratamiento contra la corrosión	<ul style="list-style-type: none"> • Recubrimiento de zinc: mínimo requerido 275 g /m² (20µm/lado). • Masa de recubrimiento: 350 g /m² recomendado para categorías de corrosión C1–C4. • Masa de recubrimiento: 450 g/m² recomendado para categorías de corrosión C1–C4.
Fuerza de tracción	Mínimo 650 MPa

Especificaciones de los tornillos para cubiertas usados en soportes de metal:

Las especificaciones son idénticas a las de la tabla anterior excepto por las características añadidas con respecto al tipo de cabeza y cuerpo.

Tabla 20: Tipos de tornillos

	Descripción
Tornillo para cubierta, autoperforante, con cabeza de arandela hexagonal y arandela de cierre	
Tipo	<ul style="list-style-type: none"> - Tornillo para cubierta de acero galvanizado. - Autoperforante (para barra/vigueta de meta): con punta en forma de broca.
Cabeza	<ul style="list-style-type: none"> - Cabeza de arandela hexagonal: cabeza de seis lados para atornillarla con llave inglesa. - Diámetro de la cabeza: 12 mm (½ pulgada en sistema imperial).
Cuerpo	<ul style="list-style-type: none"> - Completamente enroscado (tornillo tirafondos). - Paso de la rosca: muy angosto para atornillar en metal.

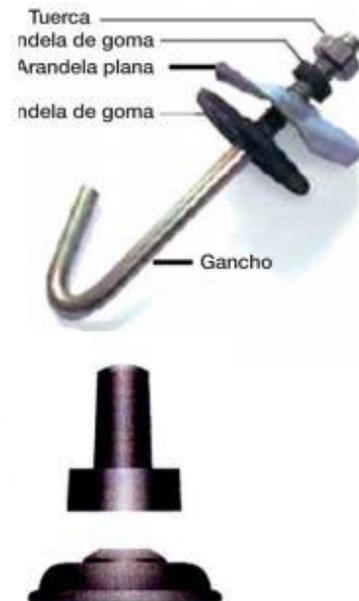
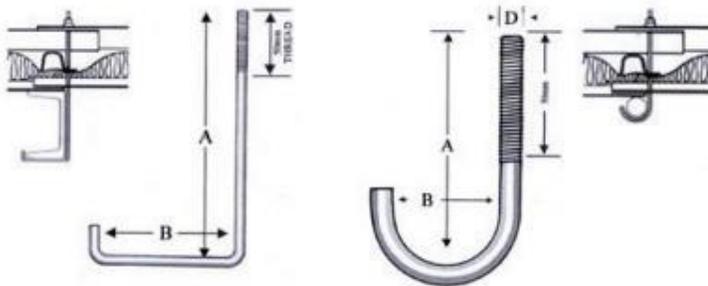


Nepal: Ganchos en forma de J usados en soportes circulares de acero (IFRC-SRU).

1.4.3 Elementos de fijación específicos para mental y bambú

Pernos de gancho:

Los pernos de gancho en forma de J o L apretados con tuercas pueden ser excelentes elementos para sujetar las láminas de zinc a soportes de bambú u otros soportes circulares, así como a las viguetas de metal. Dependiendo de la resistencia requerida pueden ser M6 (6 mm de diámetro) o M8 (8 mm de diámetro).



La longitud debe ser igual a la altura de la vigueta + 76 mm para fijar una sola lamina de zinc e igual a la altura de la vigueta + 89 mm para fijar dos láminas de zinc superpuestas. Los pernos de gancho y sus tuercas deben tener la misma calidad de galvanizado (en caliente) que las láminas de Zinc.

Algunos consejos básicos para colocar los pernos de fijación:

- ✎ Los agujeros para colocar los pernos de gancho deben ser taladrados (no perforados) en la cresta o parte superior de la onda de la lámina de zinc y no sobre el punto más bajo de la onda, tal como se indica en las ilustraciones de los términos técnicos al inicio del manual.
- ✎ Cuando hay dos chapas superpuestas, la superposición debe tener un mínimo de 15 cm y el perno debe fijarse a través de la segunda onda superpuesta (no de la primera).
- ✎ Usar arandelas de goma de 25 mm de diámetro y 3 mm de grosor y una arandela plana de 25 mm de diámetro (si es una arandela redonda) y de 1,60 mm de grosor para asegurar un buen sellado del agujero en la lámina de zinc.



Existe una gran variedad de pernos de gancho, es importante verificar las existencias en el mercado local y confirmar el uso y rendimiento requeridos (tanto la cantidad como el espaciado requerido) haciendo cálculos para identificar el tipo de elemento de fijación más apropiado.

El bambú es circular a diferencia de los listones de madera que son rectangulares, por ello las juntas y elementos de fijación para el bambú son también diferentes.

Los clavos y tornillos para techo no deben usarse con bambú ya que lo pueden rajar y comprometer su resistencia dentro de la estructura. Además, dado que el bambú es hueco y no compacto, no tiene una buena resistencia al arranque de clavos y tornillos. Los pernos de gancho en forma de J son usados normalmente para fijar las láminas de zinc al bambú.

Los pernos rectos con arandelas y tuercas a veces se utilizan también con el bambú, sin embargo, en este caso el bambú necesita ser perforado con mucho cuidado y precisión.



Alambre alemán



No hay pruebas suficientes que confirmen la resistencia de este tipo de elementos de fijación ante vientos muy fuertes por ello no se recomienda su uso en zonas propensas a huracanes.



Nepal: láminas de zinc sujetas con pernos a una estructura de bambú (IFRC-SRU).

En algunos lugares es posible encontrar elementos de fijación específicos para bambú. Por ejemplo, en las Filipinas se usa un alambre grueso galvanizado unido a una cabeza en forma de sombrilla (conocido como “alambre alemán” en esa zona) para fijar las láminas de zinc a las estructuras de bambú.



No se han efectuado pruebas para verificar la resistencia del alambre alemán y no se puede garantizar que éste tenga la misma resistencia que un clavo para cubierta. Se recomienda expresamente realizar pruebas de resistencia o buscar información en la zona antes de usar este tipo de elemento de fijación.

1.4.4. Arandelas de cierre

El propósito de las arandelas de cierre (o arandelas de sellado) es evitar que las láminas de zinc se rompan alrededor de los elementos de fijación a la vez que garantizan que no se filtre el agua a través de los agujeros perforados en las láminas de zinc por los clavos o tornillos.

Las arandelas de cierre son unas arandelas de goma con respaldo de metal. Están compuestas por una parte rígida de acero galvanizado en caliente (Z275), acero inoxidable o aluminio, y una parte flexible de elastómero (goma). Normalmente son redondas, pero también pueden encontrarse de forma ovalada o cuadrada.

Para su uso efectivo, el diámetro de las arandelas de cierre no debe ser menor de 20 mm.

El grosor de arandela de acero galvanizado o de acero inoxidable debe ser como mínimo de 1,75 mm, mientras que si es de aluminio debe ser de 1 mm como mínimo.

En cuanto al grosor de la arandela de goma, debe ser como mínimo de 2 mm; 3 mm es el grosor recomendado.

La tabla muestra algunos ejemplos de la resistencia máxima a la perforación (en N) de distintas láminas de zinc dependiendo del diámetro de la arandela y del espesor de la lámina de zinc



Para obtener el máximo rendimiento posible de todos los elementos, la resistencia al arranque de los elementos de fijación debe ser aproximadamente la misma que la resistencia máxima a la perforación de la lámina de Zinc.

Cuando la resistencia a la perforación de la lámina de zinc es menor que la resistencia de arranque de los elementos de fijación (ya sea porque la lámina es muy delgada o las cabezas de los elementos de fijación son muy pequeñas), la lámina se romperá alrededor del elemento de fijación.

Si la resistencia de arranque de los elementos de fijación es menor que la resistencia a la perforación de la lámina, entonces los elementos de fijación se pueden salir o soltar de la lámina.

Las arandelas aumentan la resistencia a la perforación de la lámina de zinc y pueden contribuir al equilibrio entre el espesor y la resistencia a la perforación de la lámina de zinc, y la resistencia al arranque de los elementos de fijación; en algunos casos, su uso puede contribuir a disminuir la cantidad de elementos de fijación.

Tabla 21: Resistencia máxima a la perforación (en Newton) para varios espesores de láminas de zinc dependiendo del diámetro de la arandela de cierre.

DIÁMETRO DE LA ARANDELA DE CIERRE	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm	40 mm
Lamina de zinc 0,15mm	360 N	450 N	540 N	630 N	720 N
Lamina de zinc 0,340mm	816 N	1020 N	1224 N	1428 N	1632 N
Lamina de zinc 0,399mm	958 N	1197 N	1425 N	1530 N	1650 N
Lamina de zinc 0,475mm (calibre 28)	1140 N	1425 N	1710 N	1995 N	2280 N
Lamina de zinc 0,513mm (calibre 27)	1224 N	1530 N	1836 N	2142 N	2448 N

Lamina de zinc 0,551mm (calibre 26)	1320 N	1650 N	1980 N	2310 N	2640 N
---	--------	--------	--------	--------	--------

Al comparar estos valores con la resistencia al arranque de los elementos de fijación (clavos lisos o helicoidales, y tornillos para cubierta), podemos reducir la cantidad de elementos de fijación y garantizar una sujeción segura de las láminas de zinc.

Clavos para cubierta con caña lisa (diámetro = 4,11 mm, profundidad de penetración = 40 mm):

- Resistencia al arranque (basada en una ecuación empírica (ver tabla en la sección A 4.1) = 403 N.
- Los valores más bajos similares a la resistencia a la perforación (como aparecen en la tabla anterior) se aplican solo a las láminas de 0,15 mm.
- Con una arandela de 25 mm la resistencia a la perforación puede aumentar de
- 360 N a 450 N. Sin embargo, no se recomienda usar láminas de zinc de 0,15 mm de espesor, son demasiado.

Clavos para techo de caña helicoidal (diámetro = 3,76 mm, profundidad de penetración = 40 mm):

- Resistencia al arranque = 925 N. (Basada en una ecuación empírica, ver tabla en el apartado 1.4.1).
- No se requiere el uso de arandela de cierre para las láminas de zinc con un espesor de 0,399–0,551 mm (calibre 30–26).
- Para las láminas de zinc con un espesor de 0,34 mm (calibre 32), el uso de una arandela de cierre de 25 mm de diámetro puede aumentar la resistencia a la perforación de 816 N (más baja que la resistencia al arranque del clavo de 924 N) a 1020 N (más baja que la resistencia al arranque del clavo de 924 N), la cual es superior a la resistencia a la perforación de la lámina de zinc de 0,399 mm (calibre 30) con clavos para techo de 20 mm. Aunque no se recomienda el uso de la lámina de zinc delgada de 0,34mm (calibre 32), se puede verificar si su uso es posible en un contexto específico usando el Formulario para cálculos de techos (Anexos 5 y 7).

Tornillos para techo (diámetro = 4,17 mm, profundidad de penetración = 40 mm): resistencia al arranque (basada en una ecuación empírica): = 1519 N

- El uso de tornillos no tiene sentido en las láminas de zinc de 0,15 mm dado que la resistencia a la perforación es mucho menor que la resistencia al arranque incluso usando arandelas anchas.
- Una arandela de cierre de 40 mm de diámetro podrá aumentar la resistencia a la perforación de una lámina de zinc de 0,34 mm (calibre 32) hasta 1632 N, un poco mayor que la resistencia al arranque del tornillo.
- De la misma forma, se deberá usar una arandela de cierre de 35 mm de diámetro para una lámina de zinc de 0,399 mm de espesor (calibre 30), una arandela de cierre de 30 mm de diámetro para una lámina de zinc de 0,475 mm de espesor (calibre 28), y así sucesivamente.



Si el diámetro del clavo para cubierta de caña helicoidal mide más de 3,76 mm y el del tornillo para cubierta es mayor de 4,11 mm (como se menciona en ejemplos anteriores), entonces la resistencia al arranque aumentará. Por consiguiente, el diámetro de la arandela de cierre también debe aumentar. La misma afirmación se puede hacer en sentido contrario.



Los tornillos para cubiertas normalmente vienen con una arandela de cierre de 15 mm de diámetro. Sin embargo, esta arandela no es lo suficientemente ancha como para permitir una buena resistencia a la perforación de las láminas de zinc de menos de 0,551mm de espesor (calibre 26). La resistencia a la perforación es más o menos equivalente a la resistencia al arranque de un clavo para cubierta de caña helicoidal. Esto significa que la resistencia a la fuerza de levantamiento será equivalente, pero a un costo más elevado, porque los tornillos son más costosos y no serán capaces de rendir al máximo de su capacidad. Por ello, sólo tiene sentido usar tornillos para cubierta con arandelas más anchas o una lámina de zinc más gruesa en los casos en que se requiera una gran resistencia a la presión del viento. En la mayoría de los casos, los clavos para cubierta son la mejor opción.

1.5. Prueba de rendimiento de elementos de fijación y soportes realizadas por IFRC-SRU

En el verano de 2014, IFRC-SRU llevó a cabo una serie de pruebas comparativas de diferentes elementos de fijación, materiales de soporte y calidades de láminas de zinc. Estas pruebas se realizaron para probar los siguientes aspectos:

- El tamaño “ideal” del soporte.
- La profundidad de penetración “óptima”.
- Comparar la resistencia al arranque de los distintos elementos de fijación e identificar el “más resistente”.
- Comparar la resistencia al arranque de diferentes materiales de soporte (madera de pino y dos calidades de madera de coco) para identificar el tipo de madera más robusta.

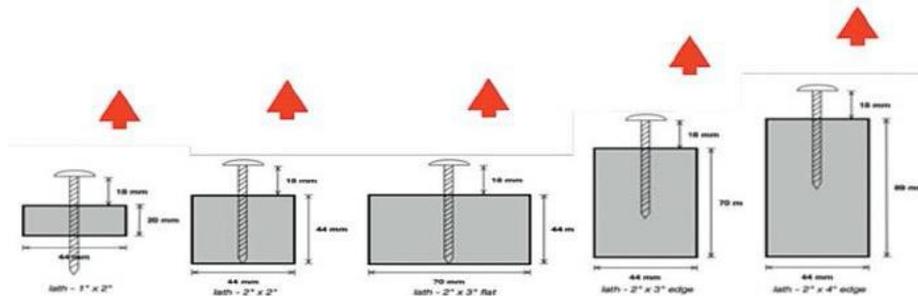
Los siguientes elementos de fijación y materiales de soporte fueron sometidos a pruebas:

- Clavos para techo de caña lisa y de caña helicoidal y tornillos para techo (adquiridos en Las Filipinas).
- Madera de construcción de pino como referencia, madera de coco de alta densidad (también conocida como madera de coco “roja” o “dura”, con una densidad promedio de 600 kg / m³) y

madera de coco de “densidad media” (también conocida como madera de coco “blanca” o “blanda”, con una densidad promedio de entre 400-600 kg / m³). (Para más información sobre la madera de coco ver el apartado 1.3.2.).



Samar Filipinas: Prueba para comprobar la resistencia al arranque en trozos de madera diferentes con la misma profundidad de penetración (IFRC-SRU).



Se sometieron a prueba diferentes elementos de fijación que se clavaron o atornillaron en los soportes de madera y luego fueron halados (aplicando una fuerza de arranque sostenida) midiendo la resistencia con un dinamómetro.

Para cada parámetro las pruebas se repitieron tres veces como mínimo con la misma configuración para asegurar el nivel de precisión (para más información sobre las pruebas realizadas, ver el enlace: <http://ifrc-sru.org/wp-content/uploads/2014/09/Daniel-Ledesma-Field-testing-on-CGI-roofing-fixings.pdf>).

Los resultados de las pruebas confirman las ecuaciones empíricas (cálculos de ingeniería basados en valores estándar).

El tamaño “ideal”:

- Las pruebas confirmaron claramente que un listón de 2” x 3” (38 x 64 mm) colocado sobre su lado más ancho resulta ser el mejor soporte, lo que significa que presenta la mayor resistencia al arranque del elemento de fijación (el promedio de capacidad de carga registrado fue de 186 kg para la madera de coco roja o dura). Curiosamente, el mismo listón de 2”x 3” colocado de canto, con la misma profundidad de penetración (unos 40 mm) del elemento de fijación sólo proporcionó el 75% del rendimiento comparado con la primera posición del listón (el promedio de capacidad de carga registrado fue de 139 kg para la madera de coco roja).
- Los listones de 50 x 50 mm (equivalente a 2”x2”) no son los suficientemente anchos para resistir el agrietamiento causado por el clavo de techo para fijar las láminas de zinc de forma segura. Se deben usar o clavos más angostos (si los cálculos de la carga lo permiten) o listones más anchos, ej. de 50 x 63 mm o 50 x 76 (equivalente a 2”x 3”) colocados sobre su lado más ancho (no de canto).
- Los listones de menos de 2” (38 mm) de grosor no permiten la suficiente profundidad de penetración para proporcionar el máximo rendimiento del elemento de fijación. Es posible usar listones de entre 1” (19 mm) y 2” de grosor para fijar las láminas de zinc, sin embargo, se necesitará el doble de estos elementos de fijación para mantener las láminas en su lugar cuando están sometidas a fuertes vientos que si se usarán listones de 2”. Asimismo, los listones de solo 1” de grosor apenas soportarán el peso de una persona caminando sobre el techo durante la construcción, la reparación o el mantenimiento del mismo.

> Los beneficios que se obtienen en términos de practicidad, horas de trabajo y seguridad y reducción del número de elementos de fijación sin duda serán mayores que el ahorro potencial de usar listones más delgados.

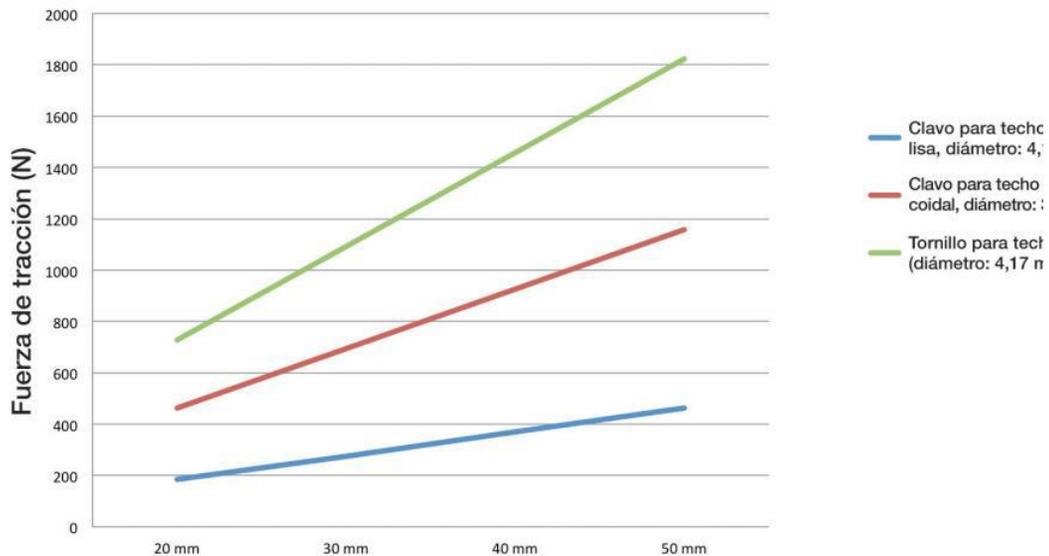
> Para el tamaño “ideal” de soporte se usa el listón colocado sobre su lado más ancho (no de canto) con un grosor aproximado de 2/3 del ancho del listón. El grosor debe ser como mínimo de 2” o 50 mm y el ancho debe ser mayor de 2” o 50 mm.

La profundidad de penetración “óptima”:

- Las pruebas se realizaron en madera de coco roja (dura), usando como referencia la madera de pino. En la madera de coco, la duplicación de la profundidad de penetración de 20 mm a 40 mm duplica también la resistencia al arranque (de 64 kg, esto es de 627 N a 119 kg, lo que significa un 1167 N de capacidad de carga). Un 25% de aumento en la profundidad de penetración hasta de 50 mm sólo produce una capacidad extra de 16% (20 kg más que la de 40 mm).
- La profundidad de penetración de 40 mm proporciona al mejor rendimiento para la madera de coco dura.
- Las pruebas confirmaron que, a una profundidad de penetración de más de 40 mm, la cabeza en forma de sombrilla del clavo de techo comienza a romperse.

El siguiente gráfico muestra la relación entre la profundidad de penetración y la resistencia al arranque, basada en cálculos empíricos sobre los valores estándar de la madera de pino. La resistencia al arranque

aumenta de forma lineal con la profundidad de penetración. Esto es válido para todos los tipos de soporte de madera.



Resistencia al arranque de los elementos de fijación en la madera de construcción dependiendo de la profundidad de penetración.



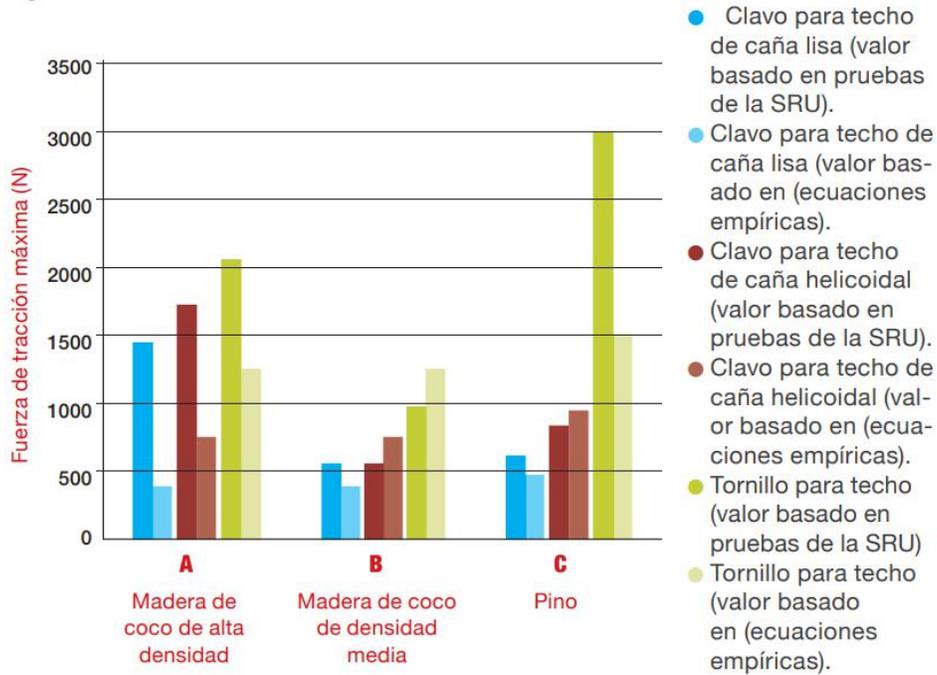
Al duplicar la profundidad de penetración (lo que lógicamente implica aumentar el grosor del soporte), la resistencia al arranque del elemento de fijación resulta ser aproximadamente el doble. Por ello duplicar la profundidad de penetración puede reducir a la mitad la cantidad de elementos de fijación necesarios. No obstante, en las pruebas, a una profundidad de penetración de 40mm, la resistencia al arranque no aumentó de forma lineal sino de una manera menos significativa.



La profundidad de penetración óptima es de un mínimo de 40 mm para todos los soportes de madera (en otros materiales como metal y bambú, esta profundidad es distinta). Aumentar la profundidad de penetración implica también aumentar la resistencia y calidad de los elementos de fijación para prevenir fallos. Una profundidad de penetración de 50 mm no aumenta significativamente el desempeño como para justificar el uso de listones más gruesos.

El elemento de fijación “más resistente”:

El siguiente gráfico muestra los valores calculados mediante ecuaciones empíricas⁷ (mostrados como columnas de colores más claros) para los tres tipos de elementos de fijación estudiados e indica que la resistencia al arranque se duplica en los clavos helicoidales respecto a los clavos lisos, y se duplica nuevamente en los tornillos para techo. Curiosamente, las pruebas de IFRC-SRU (indicadas con las columnas de colores más oscuros) llevadas a cabo en los mismos tres tipos de elementos de fijación, muestran algunas variaciones.



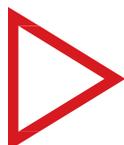
- Las relaciones derivadas empíricamente indican que los clavos helicoidales (con caña en forma de espiral) proporcionan el doble de rendimiento que los de caña lisa, y el tornillo para techo proporciona el doble de rendimiento del clavo helicoidal en todos los tipos de soporte estudiados. Las pruebas de IFRC-SRU muestran resultados diferentes de acuerdo con el tipo de madera:
- El clavo para techo de caña lisa obtuvo un rendimiento considerablemente superior (más del 60%) en las pruebas que el obtenido en las ecuaciones empíricas. Particularmente en la madera de coco el rendimiento fue cinco veces más alto que el esperado. Asimismo, en las maderas “más blandas” (de pino y de coco) el rendimiento en las pruebas fue un 60% y un 90% más alto, respectivamente, que el sugerido por las ecuaciones.
- El clavo para techo de caña helicoidal mostró el doble del rendimiento esperado en la madera de coco dura, pero tuvo una disminución del rendimiento de 25% en la madera de coco blanda, sólo comparable al clavo de caña lisa, aunque se esperaba un rendimiento dos veces mayor. En cuanto al rendimiento en la madera de pino, se alcanzaron los resultados esperados, aunque el clavo helicoidal obtuvo un 40% más de rendimiento que el clavo de caña lisa.

⁷ Empirical equations for fasteners found in the Wood handbook, chapter 7, Fastening

- Los tornillos para techo obtuvieron un rendimiento un 75% más alto en la madera de coco dura y duplicaron su rendimiento en la madera de pino; sin embargo, éstos no alcanzaron el rendimiento esperado en la madera de coco blanda.



Los resultados de las pruebas sugieren que normalmente se subestima el rendimiento de los clavos para techo de caña lisa, aunque éste continúa siendo bajo. Todo parece indicar que los clavos de caña helicoidal funcionan mejor en la madera dura que en la blanda. Sin duda los tornillos para techo son los elementos de fijación con mejor rendimiento.



Es preciso llevar a cabo más estudios en especial sobre el desempeño bajo presiones irregulares a lo largo del tiempo para obtener resultados concluyentes y ofrecer recomendaciones sobre, por ejemplo, la disminución de la cantidad de tornillos para techo necesarios o si los clavos para techo con caña lisa pueden tener un buen desempeño como elementos de fijación seguros en contextos con cargas de viento más significativas. Sería interesante explorar más detenidamente el desempeño de los clavos de caña lisa comparado con el de los clavos de caña helicoidal, por ejemplo, para confirmar si el desempeño de estos últimos (que solo cuestan 20% más que los de caña lisa) en madera de coco dura es sólo un 19% más alto que los de caña lisa, tal como revelan las pruebas efectuadas.

El soporte más sólido:

- En la madera de coco dura el rendimiento probado de todos los elementos de fijación es considerablemente más alto que el sugerido por las ecuaciones empíricas usadas como referencia. Para los clavos de caña lisa es casi 5 veces mayor, los clavos de caña helicoidal casi duplican el rendimiento y los tornillos para techo obtienen un rendimiento 75% mayor al esperado. El rendimiento aumenta un 19% entre el clavo de caña lisa y el clavo de caña helicoidal y entre el clavo de caña helicoidal y el tornillo.
- En cuanto al rendimiento de la madera de coco blanda según las pruebas es un 90% mayor que el sugerido por las ecuaciones empíricas para los clavos de caña lisa; no obstante, es casi 30% menos que el esperado para los clavos helicoidales y los tornillos.

- En la madera de pino las variaciones con respecto a las ecuaciones son mucho mayores, un rendimiento 60% mayor en los clavos de caña lisa, y un rendimiento 8% menor al esperado en clavos helicoidales y tornillos (ver gráfico del apartado “El elemento de fijación “más resistente”).

Según las pruebas, la madera de coco dura (de alta densidad) puede ser considerada como un buen material para la construcción de techos de alojamientos. Sin embargo, esta calidad debe ser confirmada para asegurar un rendimiento apropiado.



El Formulario para cálculos de techos en los Anexos 5 y 7 está basado en las ecuaciones empíricas. Tal como las pruebas demuestran, los cálculos son seguros excepto los de la madera blanda en los que se asume un mejor rendimiento que el mostrado por las pruebas. Por ello no se recomienda el uso de madera de coco de densidad media (blanda) para la construcción estructural.

Resumen comparativo de los clavos y los tornillos para cubiertas basado en los resultados de las pruebas de IFRC-SRU

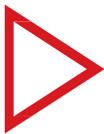
Los parámetros de comparación incluyen: resistencia al arranque, resistencia a la perforación, disponibilidad en el mercado, facilidad de uso y costo.

La siguiente tabla sirve como orientación para seleccionar el tipo más apropiado de elementos de fijación.

Tabla 22: Comparación entre clavos de caña lisa, clavos de caña helicoidal y tornillos para cubiertas

Elementos de	+ Ventajas	- Limitaciones
Clavos de caña lisa	<ul style="list-style-type: none"> + Fáciles de conseguir. + Fáciles de usar. + Los más económicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor resistencia al arranque que la de los clavos para techo con caña helicoidal. - Necesitan estar bien clavados al soporte > listones gruesos de unos 40 mm. - Alto riesgo de disminución de la

<p>Clavos de caña helicoidal</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Fáciles de conseguir. + Fáciles de usar. + Buena resistencia al arranque. Las pruebas indican que la resistencia al arranque es de entre un 15% y un 50% más alta que la de los clavos para techo de caña lisa dependiendo del material del soporte. 	<ul style="list-style-type: none"> - La resistencia al arranque es 20% menor que la de los tornillos para techo en la madera de coco de alta densidad y hasta tres veces menor en la madera de pino. - Necesitan estar profundamente clavados al soporte > listones gruesos de unos 40 mm. - Existe cierto riesgo de disminución de la resistencia al arranque con el paso del tiempo debido a la relajación de las fibras de la madera. - Un 20% más caros que los clavos para techo de caña lisa.
<p>Tornillos autotaladrantes</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Mejor resistencia a vientos fuertes. + Requiere el uso de menos elementos que con los clavos (un 50% menos). + Mejor resistencia al arranque en la madera de pino (madera blanda) que en la madera de coco dura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requieren arandelas de cierre (anchas) adicionales, de al menos 25-30 mm de diámetro. - Requieren corriente eléctrica para su instalación (taladro eléctrico). - Precio más elevado (unos 8 veces más caro que el clavo para techo helicoidal).



En el ámbito del alojamiento humanitario, los clavos de caña helicoidal (en forma de espiral) son los más usados puesto que proporcionan una buena resistencia al arranque y tienen un precio razonable (buena relación calidad-precio). No se recomienda el uso de clavos de caña lisa, aunque estos pueden emplearse en zonas donde la presión del viento es baja. En zonas propensas a huracanes de categorías altas se recomienda el uso de tornillos para techo ya que tienen un desempeño mucho más alto. Lógicamente esto implica también el uso de láminas de zinc de alta calidad y una estructura de soporte sólida lo que tiene un impacto significativo sobre el costo por unidad de alojamiento. En función del tipo de respuesta, se debe considerar si se dará prioridad a la cantidad o la calidad de los alojamientos y encontrar el mejor equilibrio entre estos dos aspectos.

1.6. Anclajes antihuracanes

Los anclajes antihuracanes son herrajes o anclajes metálicos estructurales que sirven para reforzar todo tipo de uniones, desde los cimientos a la cubierta, y asegurar que la estructura es resistente a los vientos fuertes. Los anclajes antihuracanes vienen en formas diversas y cada una tiene un propósito específico.

Instalar los anclajes antihuracanes para reforzar la cubierta hará posible que la cubierta del techo resista fuerzas de levantamiento. Sin embargo, si la estructura completa de la edificación no está bien diseñada o reforzada desde los cimientos a la cubierta para soportar la presión del viento, entonces otras partes de la vivienda/alojamiento se verán afectadas antes que la cubierta. Es obligatorio verificar que la estructura completa está construida para resistir la presión del viento y otras cargas comunes. Muchas uniones (no solo las del techo) se pueden reforzar de manera efectiva usando estos anclajes.

Debido a que este tema es muy amplio que ameritaría un manual exclusivamente dedicado a ello, en esta sección solo se ofrece información general sobre los tipos más comunes de anclajes antihuracanes usados para mantener la cubierta del techo en su lugar cuando está sometida a una fuerte presión del viento:

- Anclajes en bobinas
- Anclajes antihuracanes de diversas formas.
- Los listones y las vigas, puesto que necesitan resistir fuerzas verticales.
- Los puntos entre las vigas y el travesaño superior, puesto que necesitan resistir fuerzas verticales y horizontales.



Los anclajes antihuracanes resisten fuerzas verticales (cargas de tracción) fuerzas verticales y horizontales (de tracción o de corte). Es preciso asegurarse de seleccionar el anclaje apropiado para cada tipo de unión.

Este manual no ofrece orientación sobre cómo determinar con precisión el tipo de anclaje que se debe usar. Sin embargo, si ya se cuenta con un diseño del alojamiento, se puede usar el Formulario para cálculos de techos (Anexo 7) para calcular las fuerzas que los diferentes anclajes tienen que resistir. Luego se puede consultar el catálogo del proveedor y escoger los modelos más resistentes.

Los anclajes antihuracanes están fabricados en acero galvanizado en caliente o en acero inoxidable. La selección del material más apropiado dependerá de las condiciones medioambientales a las que será expuesto (Ver la Tabla 5: Clasificación del nivel de corrosión basada en las condiciones medioambientales). La masa de recubrimiento de zinc usado en los anclajes antihuracanes es

usualmente de entre 350 y 450 g/m² (Z350 o Z450). La masa de recubrimiento mínima aceptable es de 275 g/m² (Z275).



San Vicente y las Granadinas, huracán Tomás, 2010: anclajes antihuracanes para asegurar las vigas al travesaño superior (© Cruz Roja Francesa)

1.6.1. Anclaje o correa en bobina

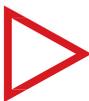
Un anclaje o correa en bobina puede ser descrito como una tira plana de acero galvanizado o acero inoxidable de distintas longitudes y espesores que puede ser usada como anclaje estructural antihuracanes en varios contextos. Mide 32 mm de ancho y tiene perforaciones cada 52 mm en dos filas espaciadas por 12 mm.

La correa viene enrollada en una bobina o rollo y puede ser cortada de la longitud que se necesite. Los rollos y bobinas contienen normalmente de 30 m a 90 m de material. La longitud varía según el espesor de la correa: mientras más ancha es la tira, menos metros de material tiene la bobina.

El espesor apropiado de la correa variará en función la presión del viento sobre el techo. El espesor más común es calibre 20-16 (1,006 mm a 1,613 mm). Se debe calcular el espesor apropiado para el contexto específico.



El Formulario para cálculos de techos (Anexo 7) proporciona orientación para ayudar a seleccionar la correa apropiada.



Los anclajes o correas sujetan los montantes a los travesaños para aumentar la continuidad de la vía de carga. Este tipo de anclajes en forma de tira o correa solo deben usarse para sujetar los listones a las vigas y no deben usarse para sujetar las vigas a los travesaños porque no pueden resistir fuerzas laterales (fuerza cortante) > es preciso desarrollar más estudios sobre este tema.



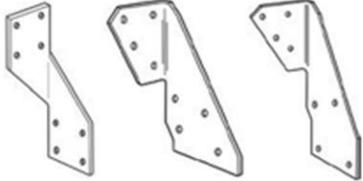
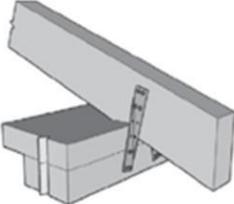
Voluntario de la Cruz Roja instalando un anclaje antihuracanes entre una viga y un travesaño superior (© Cruz Roja Francesa)

1.6.2. Anclajes antihuracanes para sujetar los listones a las vigas

Los anclajes antihuracanes para sujetar los listones a las vigas deben ser capaces de resistir fuerzas verticales (cargas de tracción). Estas fuerzas se calculan en base a la forma del techo y la presión del viento.

La siguiente tabla muestra los anclajes apropiados para sujetar los listones a las vigas en cualquier forma de techo.

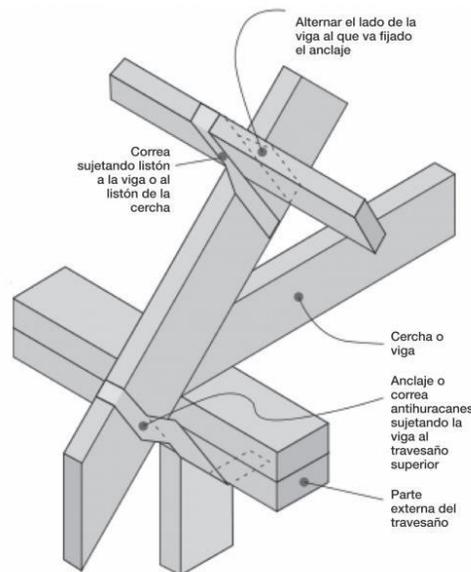
Tabla 23: Modelos de anclajes antihuracanes para sujetar los listones a las vigas*

Modelo/Instalación	Tipo de unión
	<ul style="list-style-type: none"> • Ideal para unir listones y vigas. • Elementos de fijación: <ul style="list-style-type: none"> > Listón: 4 clavos comunes 8d** (2½") > Viga: 4 clavos 8d** x 1½"
	<ul style="list-style-type: none"> • Ideal para unir listones y vigas. • Elementos de fijación: ninguno (clavo integrado).
	<ul style="list-style-type: none"> • Puede usarse entre dos tipos de uniones: <ul style="list-style-type: none"> > Unión entre listones y vigas. > Unión entre viga y travesaño superior. • Elementos de fijación: <ul style="list-style-type: none"> > Listón: 4 clavos 30 x 3.15 mm > Viga: 4 clavos 30 x 3.15 mm

	<ul style="list-style-type: none"> • Puede usarse entre dos tipos de uniones: <ul style="list-style-type: none"> > Unión entre listón y viga. > Unión entre viga y travesaño superior. <p>Elementos de fijación: Unión entre listón y viga:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Listón: 5 clavos comunes 8d** (2½") > Viga: clavos 8d** x 1½"
--	---

***Nota:** las especificaciones de los clavos utilizados con los anclajes han sido extraídas directamente de catálogos de proveedores, por ello están en mm o pulgadas dependiendo del sistema usado por el proveedor.

Modelo / Instalación	Tipo de unión
	<ul style="list-style-type: none"> • Ideal para unir listones y vigas. <p>Elementos de fijación: Unión entre listón y viga: (correa 400 mm):</p> <ul style="list-style-type: none"> > Listón: 8 clavos 30 x 3.15 mm > Viga: 10 clavos 30 x 3.15 mm



** 8d es equivalente a 3,3 mm de diámetro, 10d es equivalente a 3,8 mm de diámetro (para más información ver la Tabla 25 y el Anexo 2)

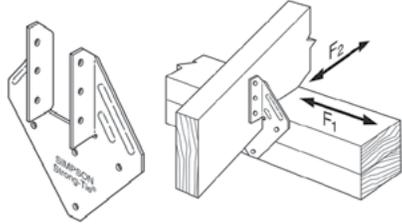
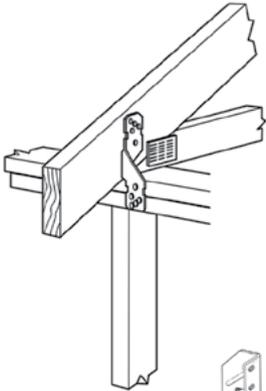
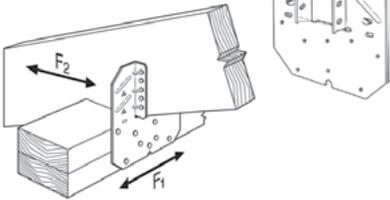
1.6.3. Anclajes antihuracanes para sujetar las vigas a los travesaños superiores

Los anclajes antihuracanes para sujetar las vigas a los travesaños superiores deben ser capaces de resistir fuerzas verticales y horizontales en la mayoría de los casos.

Para determinar el valor máximo de las fuerzas verticales y horizontales, se puede usar el Formulario para cálculos de techos (Anexo 7).

La siguiente tabla muestra los anclajes apropiados para sujetar las vigas a los travesaños superiores en cualquier forma de techo.

Tabla 24: Modelos de anclajes antihuracanes para sujetar las vigas a los travesaños superiores

Modelo / Instalación	Tipo de unión
	<ul style="list-style-type: none"> • Ideal para unir vigas y travesaños superiores. • Elementos de fijación: <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 6 clavos 8d** x 1½" > Travesaño superior: 4 clavos comunes 8d** (2½")
	<ul style="list-style-type: none"> • Puede usarse para unir vigas y travesaños superiores. • Elementos de fijación: <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 5 clavos 10d** x 1½" > Travesaño superior: 5 clavos 10d** x 1½"
	<ul style="list-style-type: none"> • Ideal para unir vigas y travesaños superiores. • Elementos de fijación: <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 9 clavos 10d** x 1½" > Travesaño superior: 9 clavos 10d** x 1½"

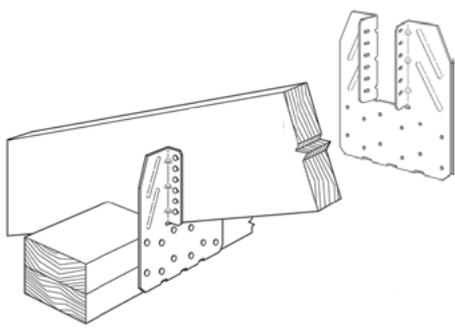
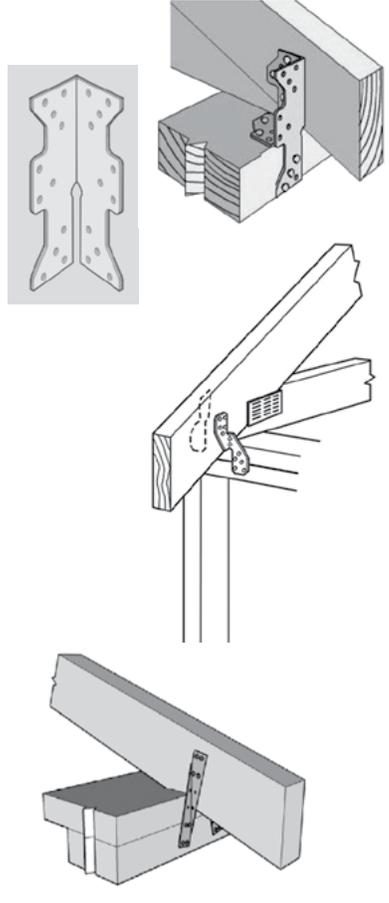
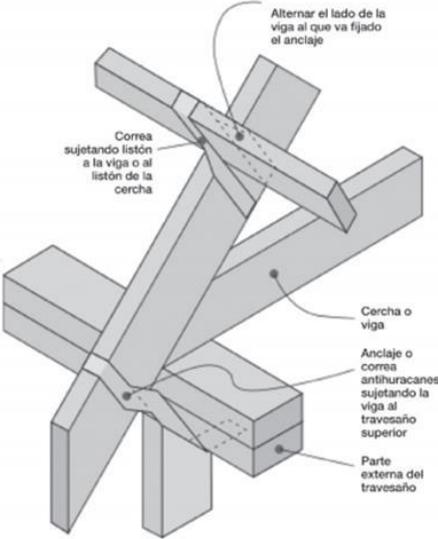
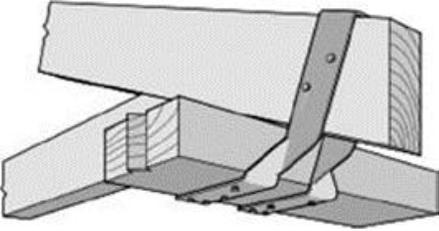
Modelo e instalación	Tipo de unión
	<ul style="list-style-type: none"> • Ideal para unir vigas y travesaños superiores. • Elementos de fijación: <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 12 clavos 8d** x 1½" > Travesaño superior: 4 clavos comunes 8d** (2½")
	<ul style="list-style-type: none"> • Ideal para unir vigas y travesaños superiores. • Elementos de fijación de agarre múltiple (multi-grip) corto: <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 4 clavos 30 x 3,15 mm > Travesaño superior: 8 clavos 30 x 3,15 mm • Elementos de fijación de agarre múltiple (multi-grip) largo: <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 4 clavos 30 x 3,15 mm > Travesaño superior: 8 clavos 30 x 3,15 mm • Pueden usarse para ambos tipos de uniones: <ul style="list-style-type: none"> > Entre listones y vigas. > Entre vigas y travesaños superiores. • Elementos de fijación: unión entre viga y travesaño superior: anclajes dobles. <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 5 clavos 8d** x 1½" > Travesaño superior: 8 clavos comunes 8d** (2½") • Pueden usarse para ambos tipos de uniones: <ul style="list-style-type: none"> > Entre listones y vigas. > Entre vigas y travesaños superiores. • Elementos de fijación: <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 4 clavos 30 x 3,15 mm > Travesaño superior: 4 clavos 30 x 3,15 mm

Tabla 24: Modelos de anclajes antihuracanes para sujetar las vigas a los travesaños superiores

Modelo/Instalación	Tipo de unión
	<ul style="list-style-type: none"> • La correa/anclaje anti-viento (<i>wind strap</i>) más larga (600 mm) puede sujetar la viga al travesaño superior. • Elementos de fijación: unión entre viga y travesaño superior (correa 400 & 600 mm): <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 8 clavos 30 x 3,15 mm > Travesaño superior: 8 clavos 30 x 3,15 mm <p>(Ver la imagen agrandada en la Tabla 23).</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Correa/anclaje anti-ciclón (<i>cyclone strap/tie</i>) (400 mm and 600 mm) para unir vigas y travesaños superiores. • Elementos de fijación: unión entre viga y travesaño superior (correa 400 mm): <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 6 clavos 30 x 3,5 mm > Travesaño superior: 8 clavos 30 x 3,15 mm • Elementos de fijación: unión entre viga y travesaño superior (correa 600 mm): <ul style="list-style-type: none"> > Viga: 6 clavos 30 x 3,5 mm > Travesaño superior: 10 clavos 30 x 3,15 mm



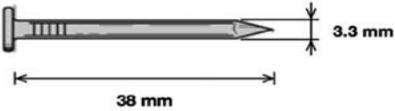
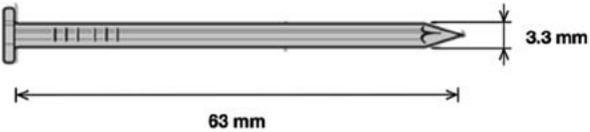
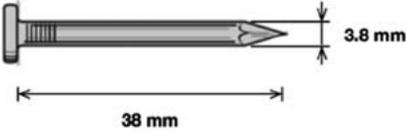
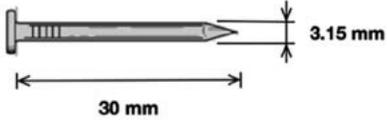
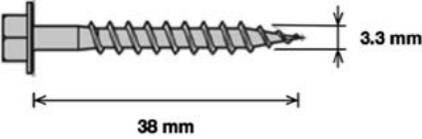
Algunos modelos son versátiles y se pueden usar para los dos tipos de uniones en los techos. Es posible usar varios tipos de anclajes estructurales en una sola construcción, no solo los que conectan los listones a las vigas y las vigas al travesaño superior.

1.6.4. Elementos de fijación para anclajes y correas antihuracanes

Existen diversos tipos de anclajes estructurales y correas de metal para la sujeción de estructuras. Normalmente el proveedor ofrece un tipo de elemento de fijación específico para cada tipo de anclaje.

La siguiente tabla presenta los elementos de fijación más comunes para anclajes metálicos estructurales:

Tabla 25: Modelos de elementos de fijación para anclajes metálicos estructurales

Tipo de elemento de fijación	
Clavo 8d x 1 1/2" (3,3 x 38,1 mm)	
Clavo 8d clavo común 2 1/2" (3,3 x 63,5 mm)	
clavo 10d x 1 1/2" (3,8 x 38,1 mm)	
Clavo 30 x 3,15 mm	
Tornillo para madera estructural (3,3 x 38 mm)	



Los tornillos comunes no se deben usar para instalar anclajes antihuracanes porque no son tan resistentes a la fuerza de corte como los clavos o los tornillos específicos para madera estructural



Para asegurar el mayor rendimiento es esencial usar el tipo y la cantidad de elementos de fijación más adecuados para instalar los anclajes antihuracanes. Hay que revisar los catálogos de los fabricantes y proveedores para identificar el tipo de elemento de fijación más apropiado. Tanto los anclajes como los elementos de fijación deben ser siempre de la misma calidad y aleación (acero galvanizado en caliente o acero inoxidable) para evitar la corrosión galvánica o bimetálica



Bangladesh: casa con remates en cumbrera y limatesas (IFRC-SRU).

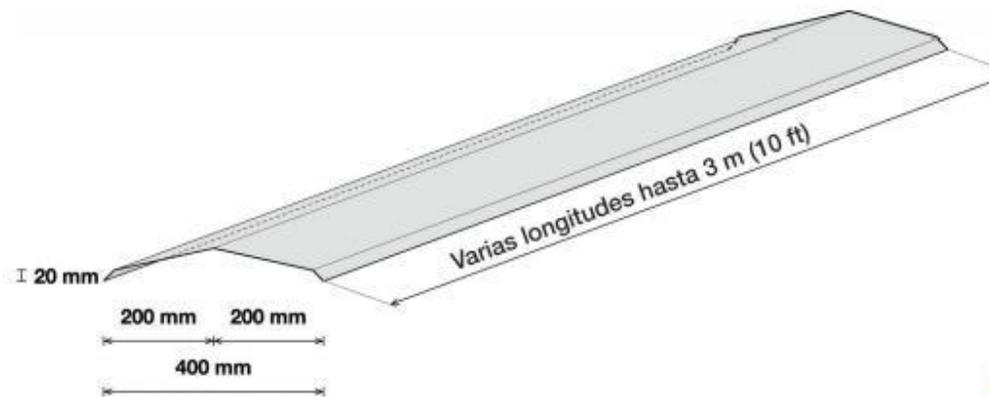
1.7. Accesorios para techos: remate de cumbrera, limatesa y borde

Las láminas de remate para la cumbrera, las limatesas y los bordes son accesorios usados para asegurar la estanqueidad de la cubierta del techo y prevenir el levantamiento de las láminas de zinc, puesto que cubren partes del techo donde la presión es particularmente alta.

1.7.1. Remate de cumbrera y remate de limatesa

Los remates de cumbrera son láminas de metal galvanizado diseñadas para cubrir la cumbrera de la lámina de zinc y añadir protección contra el agua y estabilidad a esta área sujeta a una presión del viento muy elevada. El espesor (calibre) de la chapa y de su recubrimiento debe ser igual al de la lámina de zinc. Para asegurar una buena superposición del remate sobre la lámina de zinc es recomendable usar remates con lados de 15 cm como mínimo.

Los remates de cumbrera también pueden usarse para cubrir las limatesas de techos a cuatro aguas y en estos casos reciben el nombre de remates de limatesa.



Remate de limatesa



También pueden usarse piezas de láminas de zinc cortadas a lo largo como remates de cumbrera. Sin embargo, en un estudio llevado a cabo por la Universidad Internacional de Florida para la OFDA se reveló que este tipo de remates hechos de láminas de zinc eran menos resistentes que las chapas de remate diseñadas específicamente para ese uso. En términos de costo, hay muy poca diferencia entre una y otra. Por ello si las láminas de remate de cumbrera están disponibles en el mercado, lo mejor es adquirirlas.

* Fuente: International Hurricane Research Center, Shelter and Component Testing OFDA transitional shelters: materials, techniques and structures (Supplementary Test).



Filipinas: Remates de cumbrera y limatesa (IFRC-SRU).

Tabla 26: Ejemplo de especificaciones técnicas de remates de cumbrera (extraídos del IFRC Emergency Items Catalogue de 2016).

Artículo	Valor requerido	Descripción/nota
Lámina de remate de cumbrera		
Acero (base)	<ul style="list-style-type: none"> Acero dulce para conformado. Lamina de acero laminada en frío. Conformado en frío. 	<ul style="list-style-type: none"> Similar a la de las láminas de zinc instaladas
Grado		<ul style="list-style-type: none"> Conforme las normas siguientes
	<ul style="list-style-type: none"> DX51D +Z 	
	<ul style="list-style-type: none"> SgCC 	
	<ul style="list-style-type: none"> CS 	
Resistencia a la conformación	<ul style="list-style-type: none"> 300 MPa (N / mm²) 	<ul style="list-style-type: none"> Mínima 270 MPa (N / mm²) Máxima 500 MPa (N / mm²)
Método de galvanización	<ul style="list-style-type: none"> Recubrimiento en continuo por inmersión en caliente. 	<ul style="list-style-type: none"> La galvanización en caliente brinda la mejor protección para el acero galvanizado. Se deben evitar otros métodos. Conforme a las normas siguientes: <ul style="list-style-type: none"> > Norma europea: EN 10346 (2009) > Norma japonesa: JIS G3302 > Norma ASTM: ASTM A653
Recubrimiento protector	<ul style="list-style-type: none"> Zinc 	<ul style="list-style-type: none"> El tratamiento contra la corrosión debe ser similar al de la lámina de zinc. Existen otros recubrimientos tales como la aleación de zinc y aluminio, el aluzinc y el aluminio.
Espesor del recubrimiento de zinc	<ul style="list-style-type: none"> Z275 (ASTM A653 o EN 10346) >275 g / m² (40 μm > 20μm / lado) 	<ul style="list-style-type: none"> Se recomienda un mínimo de 137,5 g / m² en cada lado > Se debe escoger de acuerdo a la expectativa de vida útil y al entorno medioambiental.
Espesor de la chapa	<ul style="list-style-type: none"> Calibre 6 (0,551 mm) para alojamientos permanentes. Calibre 28 (0,475 mm) Para alojamientos de transición Calibre 30 (0,399 mm) Para alojamientos provisionales. 	<ul style="list-style-type: none"> Debe ser idéntico al de la lámina de Zinc instalada. Mínimo espesor requerido según: <ul style="list-style-type: none"> > Normas europeas: 0,63 mm (calibre 25)

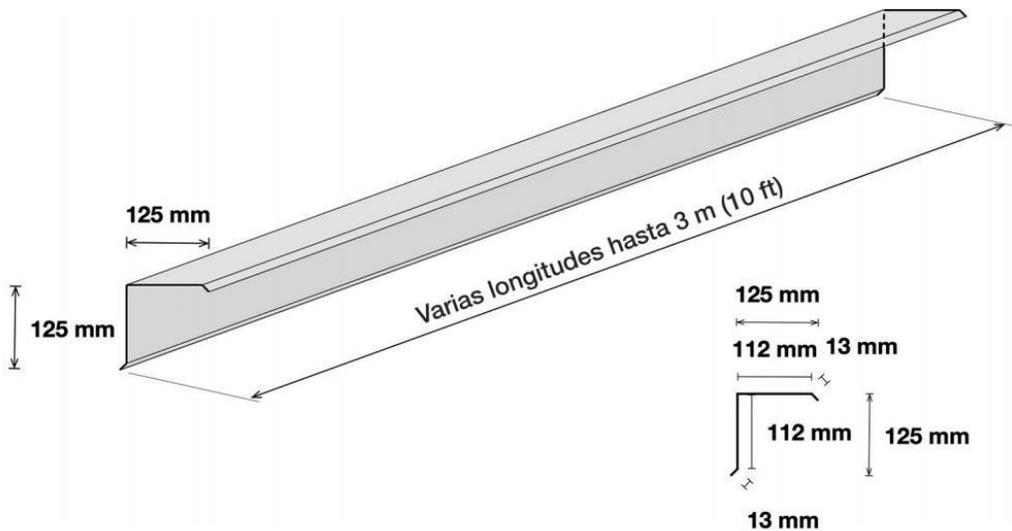
		<p>► Recomendaciones de la región del Caribe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0,551–0,701 mm (calibre 26–24).
Longitud	<ul style="list-style-type: none"> • Hasta 3 m (10 ft) 	
Ancho	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo 300 mm (2 lados de 150 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> • 400 mm recomendado (2 lados de 200 mm); superposición mínima entre el remate de la cumbrera y la lámina de zinc: 150 mm.

1.7.2. Remate de borde

Los remates de borde se colocan sobre los bordes del techo para cubrir los extremos de las láminas de zinc y las placas de borde. Sus propiedades son idénticas a las de los remates de cumbrera, sólo su forma es distinta. Los remates de borde protegen las placas de borde de la lluvia y previenen que los soportes de madera se pudran. Contribuyen además a mejorar la resistencia al levantamiento de las áreas del borde del donde la presión del viento es el doble que en la parte principal del techo.

Se recomienda usar remates de borde con lados de al menos 10 cm para asegurar una superposición adecuada a la primera onda de la lámina de zinc ubicada en el borde del techo. Los lados del remate pueden tener diferentes anchos. El lado ubicado sobre la placa de borde puede ser más ancho para que la cubra completamente y se asegure que siempre esté seca.

Los remates de borde se pueden usar en techos a un agua, a dos aguas y en techos abuhardillados.



Remate de borde



Para sustituir los remates de borde fabricados con ese propósito, es posible doblar las láminas de zinc en los bordes del techo sobre la placa de borde y clavarlas. Este método se describe en la Sección D: Guía de instalación. No obstante, es un método menos resistente.

Tabla 27: Especificaciones técnicas del remate de borde

Artículo	Valor requerido	Descripción/nota
Las especificaciones técnicas para el remate de borde de acero galvanizado		
Las especificaciones son idénticas a las del remate de cumbrera excepto por el ancho		
Ancho	<ul style="list-style-type: none"> Mínimo 250 mm (2 lados de 125 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> El lado que cubre la lámina de zinc debe cubrir dos ondas (crestas). El lado que cubre la placa de borde puede ser más ancho para cubrirla por completo.



Jamaica: Instalación de un remate de borde sobre una placa de borde (© Cruz Roja Francesa)



Resumen Práctico del capítulo I

1. Láminas de zinc y accesorios

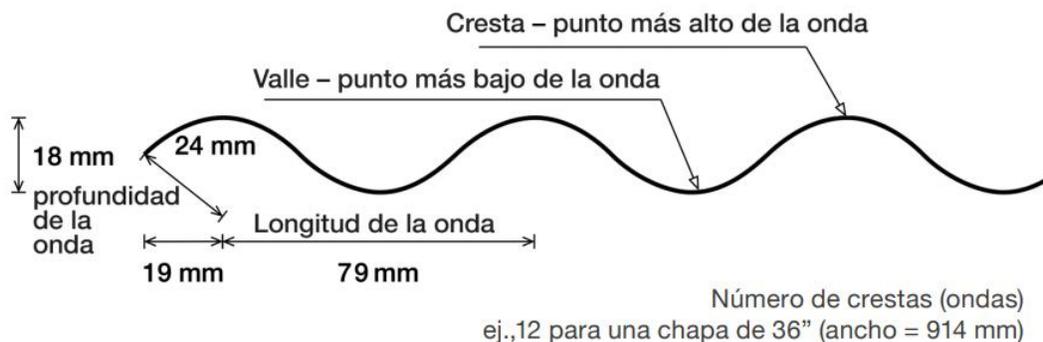
Las láminas onduladas de hierro o acero galvanizado son el material más ligero y económico utilizado para la cubierta de techos.

Las medidas más importantes para definir las láminas de zinc son:

- **Longitud y ancho** (en la lámina ya ondulada):

Es esencial incluir estas medidas en el diseño del alojamiento para lograr el uso más eficiente de las láminas de zinc. Estas dimensiones se expresan en pies o en metros dependiendo del contexto.

- **Dimensiones:** de las ondas para proporcionar rigidez



- **Espesor:**

El espesor de la lámina de zinc es fundamental para resistir cargas de alta succión provenientes de vientos fuertes o huracanes. Se expresa en calibre o milímetros dependiendo del contexto. Mientras más alto es el calibre, más delgado es el espesor de la lámina de zinc.

> Lámina de zinc de calibre 30 (0,399 mm): es el espesor mínimo recomendado para construir alojamientos resistentes al viento.

> Lámina de zinc calibre 28 (0,475 mm) hasta calibre 26 (0,551 mm): es el espesor recomendado para alojamientos sujetos a fuerte presión del viento. Para construcciones permanentes es importante comprobar las normas de construcción del país específico.

- **Tipo de galvanizado:**

El recubrimiento de zinc se aplica para proteger la base de acero de la corrosión. Sólo se deben utilizar materiales galvanizados en caliente. El galvanizado electrolítico incluso del mismo espesor no proporciona la misma calidad y durabilidad al material.

- **Espesor del recubrimiento:**

La vida útil (durabilidad) de las láminas de zinc depende del recubrimiento de zinc y las condiciones atmosféricas a las que está expuesto. Este recubrimiento debe ser como mínimo de 275 g/m² en cada lado o 20 µm/lado. El recubrimiento de zinc de 20 µm/lado asegura una vida útil de 2 a 18 años dependiendo del clima y las condiciones medioambientales. Tanto los climas calientes y húmedos como la contaminación y salinidad del aire aceleran el proceso de corrosión.

Se puede acceder a una herramienta online para predecir la vida útil de las láminas de zinc basada en los factores medioambientales: <http://www.galvinfo.com:8080/zclp/>

Las especificaciones genéricas de las láminas de zinc están disponibles en *el Emergency Items Catalogue (EIC)* de la FICR: [\h](http://procurement.ifrc.org/catalogue/detail.aspx?itemcode)

El problema más grave para la durabilidad de las láminas de zinc es la corrosión:



- **Pintura base de zinc:**

Puede aplicarse sobre la superficie de la lámina de zinc para protegerla, aumentar su vida útil o proporcionar mantenimiento (en la Sección E se ofrece información detallada sobre el mantenimiento de los techos y las medidas de mitigación).



Zona costera de Kuakata, Bangladesh: la pintura anticorrosiva es usada para proteger la lámina zinc contra la corrosión, especialmente en las zonas costeras (IFRC-SRU)

2. Elementos de fijación y arandelas

➔ Los clavos para techo de caña helicoidal (en forma de espiral) son la mejor opción en términos de calidad-precio. Se deben usar sólo clavos con cabeza ancha en forma de sombrilla (diámetro = 20 mm).

➔ Los clavos para techo de caña lisa solo se deben usar en zonas que no estén sujetas a vientos fuertes.

➔ Para zonas muy propensas a vientos fuertes o huracanes, se recomienda el uso de tornillos para techo. Los tornillos para techo necesitan arandelas de cierre anchas (diámetro: 25-45 mm) para lograr el máximo rendimiento del elemento de fijación.

➔ Es recomendable usar arandelas de cierre adicionales para prevenir la rotura de la lámina de zinc alrededor de los elementos de fijación y asegurar que no haya filtraciones en las perforaciones dejadas en la lámina por clavos y tornillos.

➔ Usar arandelas de goma (diámetro = 2mm, más anchas que la cabeza del clavo/tornillo = 2-3 mm) para asegurar la protección contra el agua en la cubierta del techo.

➔ También se recomienda usar arandelas de cierre adicionales para aumentar la resistencia a la perforación de la lámina de zinc cuando la cabeza (en forma de sombrilla) del elemento de fijación tenga menos de 20 mm de diámetro, la lámina de zinc sea de calibre 30 o mayor (lo que significa una chapa más delgada) o la resistencia al arranque de los elementos de fijación sea mayor que la resistencia a la perforación de la lámina de zinc.

- Para obtener un rendimiento óptimo de todos los elementos, la resistencia al arranque de los elementos de fijación debe ser aproximadamente la misma que la resistencia máxima de perforación de la lámina. Así pues, mientras más delgada sea la lámina de zinc o más resistente el elemento de fijación, más ancha debe ser la arandela de cierre.



Se recomienda duplicar la cantidad de elementos de fijación alrededor del perímetro del techo y en otras áreas donde la presión del viento sea fuerte: aleros, bordes, limatesas y cumbre, así como en las superposiciones de las láminas de zinc.

Los elementos de fijación y las arandelas de cierre deben estar fabricadas de acero galvanizado y tener un recubrimiento de zinc similar al de las láminas de zinc instalada para que todos los elementos tengan una vida útil similar y prevenir la corrosión y las roturas.

Para fijar el bambú, se pueden usar tornillos de gancho en forma de J o un elemento llamado “alambre alemán” en las Filipinas (ver ilustración en el apartado 1.4.3. Elementos de fijación especiales para metal y bambú). NO USAR clavos para techo o tornillos autotaladrantes en el bambú puesto que es muy probable que se éste se agriete y reduzca su estabilidad.

Para las viguetas de metal usar tornillos especiales autoroscantes o ganchos en forma de L.

3. Accesorios para techos

- ➔ Para fortalecer el techo y proporcionar mejor resistencia al agua y a los fuertes vientos se deben usar remates sobre la cumbrera, remates sobre las limatesas y remates sobre la placa de borde en el perímetro del techo.
- ➔ Todos los remates deben ser del mismo espesor y calidad que las láminas de zinc usadas para cubrir el techo.
- ➔ Usar anclajes antihuracanes fabricados con acero galvanizado en caliente (recubrimiento de zinc = 350–450 g/m²) o acero inoxidable para reforzar la estructura del techo y aumentar la resistencia a la fuerte presión del viento.
- ➔ Los anclajes antihuracanes sujetan los listones a las vigas que necesitan resistir una fuerza vertical (carga de tracción) mientras que los anclajes antihuracanes que sujetan las vigas a los travesaños superiores deben soportar una fuerza vertical y otra horizontal (cargas de tracción y de corte). Existen pocos anclajes antihuracanes que puedan servir para las dos funciones.
- ➔ Los anclajes o correas en bobina solo pueden sujetar los listones a las vigas y NO las vigas al travesaño superior.
➔ Para orientación sobre cómo seleccionar los anclajes antihuracanes, ver el Formulario para cálculos de techos (Anexo 7).
- ➔ Existen elementos de fijación específicos para los anclajes antihuracanes. Son usualmente clavos anchos y cortos y sus dimensiones más comunes son: 3,3 o 3,8 mm de diámetro y de 38 mm a 63 mm (1½ a 2½ pulgadas) de longitud. Se recomienda usar los elementos de fijación que vienen con los anclajes.

4. Consejos prácticos para la adquisición de láminas de zinc y otros artículos galvanizados



- Para evitar confusiones, en la orden de pedido es importante indicar el espesor de la lámina de zinc tanto en calibre y como en mm, así como la norma de referencia utilizada ya sea europea (EN), japonesa (JIS), estadounidense (ASTM) u otras.
- Usar las tablas (apartado 1.2.5.) o el Zinc coating life predictor (pronosticador de la vida útil del zinc) para identificar el espesor del recubrimiento de zinc que más se adecúe a la vida útil esperada en el contexto específico. Si no se cuenta con la información apropiada, se recomienda usar laminas onduladas de hierro o acero galvanizado en caliente con un recubrimiento de zinc de 20 μm /lado o su equivalente según las normas ASTM y EN: 275g / m² (Z275).
- Verificar el espesor del recubrimiento de zinc midiéndolo con un medidor de espesor de recubrimiento/magnetómetro (ver apartado 2.2.2. para más información).



Hay que tener en cuenta que el proveedor puede intentar vender una chapa de acero con galvanizado electrolítico en lugar de la lámina de zinc, ya que éste se parece al galvanizado en caliente, pero tiene un recubrimiento de zinc 10 veces más delgado.



- Si el precio de los artículos de acero galvanizado parece muy alto, hay que asegurarse de que los artículos no estén fabricados en acero inoxidable (tres veces más costoso que el acero galvanizado). El material se puede probar con un imán, si el imán no se adhiere al material, entonces está hecho de acero inoxidable.
- Cuando se adquieran artículos de acero galvanizado que vayan a estar en contacto con el suelo, el espesor del recubrimiento de zinc debe ser de unos 30 μm /lado o su equivalente de 400g/m² (Z350–Z450, según las normas ASTM y EN).

5. Soportes para las láminas de zinc: madera de construcción, madera de coco, bambú y metal

➔ Los cuatro tipos de soporte presentan ventajas y desventajas dependiendo del uso y el contexto del proyecto de construcción.

➔ Para asegurar una buena resistencia al arranque, los soportes (listones y viguetas) de madera de construcción o de coco deben ser lo suficientemente gruesos y anchos para evitar las grietas causadas por la perforación de clavos o tornillos que puedan romper los soportes. Tamaño recomendado: unos 38 x 64 mm (2 x 3 pulgadas) en soportes colocados sobre su lado más ancho.

➔ La madera de coco usada para fabricar listones debe ser de alta densidad (de la parte más baja del tallo); la madera extraída de la parte más alta del tallo de la palmera es muy blanda y no tiene la calidad suficiente.

➔ El bambú es normalmente un material con excelentes propiedades mecánicas (resistencia) para la construcción; sin embargo, hay que informarse bien en el mercado local para confirmar qué variedad de bambú es apta para la construcción. Para fijar las láminas de zinc al bambú se necesitan elementos de fijación específicos, tales como ganchos, o un elemento conocido en las Filipinas como “alambre alemán”.

➔ Tanto la madera de construcción como la madera de coco y el bambú necesitan tratamientos contra hongos e insectos.

➔ Las viguetas de metal deben estar fabricadas en acero galvanizado en caliente (con una masa mínima de recubrimiento de zinc de 350 g / m²) o en acero inoxidable para que ofrezcan mayor resistencia a las condiciones medioambientales adversas (zonas costeras o industriales o zonas con mucha contaminación).

CAPITULO II

EQUIPO DE SEGURIDAD, CONTROL DE CALIDAD, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Este capítulo muestra distintas maneras de comprobar la calidad de las láminas de zinc, así como consejos para el transporte seguro y el almacenamiento apropiado de las láminas de zinc y algunas importantes medidas de seguridad para el manejo de este tipo de láminas.



2.1. Equipo básico de seguridad

Cada tarea de una obra de construcción (desde descargar y comprobar la calidad de los materiales, hasta transportarlos y almacenarlos) requiere que los trabajadores (voluntarios, beneficiarios y supervisor), así como las personas que visitan la obra, usen un equipo de seguridad apropiado para evitar cualquier lesión. Es importante que los trabajadores y voluntarios estén asegurados (la FICR puede conseguir paquetes especiales para asegurar a los voluntarios de la Cruz Roja).



¡Mantener siempre un kit de primeros auxilios bien equipado en la obra de construcción!

1

Vestimenta apropiada:

- No llevar ropa suelta que pueda aumentar el riesgo de accidentes (tropiezos, quedarse enganchado, etc.).
- Recogerse el cabello.
- No llevar joyas o accesorios colgantes como collares o pulseras.

2

Calzado adecuado:

- Los trabajadores en la construcción deben llevar calzado de trabajo o botas con suela antiresbalante y resistente a las perforaciones.

3

Guantes de trabajo:

- Los trabajadores deben llevar guantes apropiados para el trabajo, especialmente al manipular chapas y elementos de hierro.

4

Casco:

- Todos los trabajadores deben llevar cascos de seguridad en los lugares donde existe el riesgo de que caigan objetos desde arriba, o se puedan golpear la cabeza con objetos fijos o conductores de electricidad.

5

Lentes o gafas de seguridad:

- Las gafas o máscaras protectoras se deben usar siempre que haya el riesgo de que un objeto extraño pueda entrar en el ojo.

6 Protección auditiva:

- Cuando se trabaja con herramientas de percusión por períodos prolongados se debe usar protección para los oídos.

Los siguientes artículos son de alto riesgo en obras de construcción y no se deben usar:

- Audífonos.
- Sandalias o zapatos de goma.
- Shorts o pantalones cortos.



Voluntario de la Cruz Roja con su casco mientras instala un anclaje (© Cruz Roja Francesa).



San Vicente y las Granadinas, huracán Tomás, 2010: un voluntario de la Cruz Roja transporta una chapa ondulada de hierro galvanizado (© Cruz Roja Francesa).

2.2. Control de calidad de las láminas de zinc y otros artículos galvanizados

Es muy importante verificar la calidad de las láminas de zinc y otros artículos galvanizados cuando llega el pedido, para asegurarse de que los productos cumplen con las especificaciones requeridas⁸ y la calidad necesaria para la construcción de los techos del programa de alojamiento. Hay que tener en cuenta que en la industria de la construcción y sus respectivos proveedores es posible ahorrar considerablemente o incurrir en grandes pérdidas tan sólo con pequeños cambios en las especificaciones que normalmente no son verificados. Se debe prestar mucha atención a este aspecto, incluso cuando se está bajo presión, o se corre el riesgo de perder dinero y calidad en los productos.

Esta sección muestra unas pruebas básicas que pueden llevarse a cabo fácilmente para verificar la calidad usando instrumentos tales como: cinta métrica, calibrador, balanza e instrumentos magnéticos. Todas las pruebas presentadas en esta sección son no destructivas.

Los parámetros que se deben verificar son:

- Las dimensiones de las láminas de zinc.
- El grosor del recubrimiento de zinc⁹.
- La calidad del recubrimiento de zinc a través de la apariencia de la lámina de zinc.

Número mínimo de muestras:

Particularmente cuando se reciben grandes cantidades de láminas de zinc, el control de calidad de estas se debe efectuar sobre una cantidad significativa de muestras que sea representativa del número de láminas de zinc del pedido. Este control de calidad se debe realizar en varias laminas seleccionadas aleatoriamente entre cada grupo. La Norma Europea EN ISO 1461, sugiere el siguiente número de muestras en función del número de artículos galvanizados:

Tabla 28: Número de muestras en función de la cantidad de artículos

Número de unidades / artículos recibidos	1 – 500	501 – 1200	1201 – 3200	3201 – 10000	> 10000
Número de muestras	3	5	8	13	20

⁸ Para grandes proyectos de construcción de la Cruz Roja la comprobación de que las especificaciones de los productos recibidos son las mismas que las del pedido la puede realizar una empresa externa especializada.

⁹ El espesor del recubrimiento se refiere al grosor del recubrimiento de zinc aplicado al hierro o al acero

Ejemplos:

- Si se han pedido y entregado 2.000 láminas de zinc, se deben seleccionar al menos 8 láminas de zinc de cada lote recibido y realizar las pruebas que se indican a continuación.
- Si se han pedido y entregado más de 10.000 anclajes metálicos estructurales antihuracanes, entonces se debe seleccionar al menos 20 anclajes de cada lote y someterlos a las pruebas.



Las pruebas son no destructivas, así que no es necesario cortar un trozo de chapa para realizarlas. Sólo se debe seleccionar aleatoriamente el número de láminas de zinc que se someterá a la prueba.

2.2.1. Pruebas para verificar las dimensiones de las láminas de zinc

Es importante verificar que las dimensiones de las láminas de zinc se correspondan con las especificaciones técnicas estipuladas en el contrato de suministro. También hay que asegurarse que las dimensiones de las láminas de zinc y el número recibido corresponden con el diseño del alojamiento planificado. Esto es particularmente importante para las reparaciones de techos. Por ejemplo, si las láminas de zinc que llegan en el pedido no tienen la misma profundidad y longitud de ondas que las láminas de zinc instaladas en el techo que se debe reparar, el riesgo de filtración del techo será alto.

Las dimensiones que se deben verificar son las siguientes:

- **Ancho y longitud de las láminas de zinc:** para verificar las dimensiones requeridas.
- **Longitud y profundidad de la onda:** para asegurar estabilidad y que las medidas concuerdan con las de las chapas existentes.
 - Usar una cinta métrica simple.
- **Espesor de la lámina de zinc:** es el factor más importante para determinar la resistencia a la rotura o a la perforación de la lámina de zinc
 - Usar un calibrador o un medidor de espesor de recubrimiento.
- **Peso:** es importante verificar el peso de la lámina de zinc y relacionarlo con las dimensiones para confirmar el grosor y la densidad del material si no hay otras opciones de medición disponibles. Para más información sobre la densidad de las láminas de zinc ver el Anexo 1: Galvanized steel sheet conversion tabla.pdf (tabla de conversión para chapas de acero galvanizado).
 - Usar una balanza.



La siguiente tabla muestra el nivel de tolerancia de cada una de las medidas para decidir qué instrumento se debe usar en la verificación de las dimensiones de la lámina de zinc y qué método se debe aplicar. También proporciona el nivel de tolerancia para cada tipo de verificación.

Tabla 29: Tolerancia dimensional para verificar las dimensiones de la lámina de zinc

Unidad de verificación	Tolerancia	Método	Herramienta/instrumento
Espesor (mm):	± 0,05 mm	Medido con	Calibrador
Longitud (mm)	- 0 mm, + 15 mm	Medido con	Cinta métrica / metro
Ancho (mm)	- 0 mm, + 7 mm	Medido con	Cinta métrica / metro
Longitud y profundidad de la onda		Medido con	Cinta métrica / metro
Peso de la lámina de zinc (kg)		Medido con	Balanza (ej. Balanza / peso portátil para pesar maletas)

2.2.2. Pruebas para verificar el espesor del recubrimiento

El espesor del recubrimiento de zinc determina la calidad de la protección contra la corrosión y es el parámetro más importante que verificar para confirmar la durabilidad o vida útil¹⁰ de las láminas de zinc.

Existen diferentes tipos de instrumentos para medir el espesor del recubrimiento de zinc en el hierro/acero galvanizado en caliente:

Los medidores de espesor de recubrimiento mecánicos miden la fuerza requerida para atraer/halar un magneto del metal. Mientras más grueso es el recubrimiento de zinc, más débil será la fuerza magnética de atracción.

Tipo de pluma:

- Calibración permanente.
- Resistente: no resulta afectado por el choque mecánico, ni por ácido, aceite, agua o polvo.
- Ideal para áreas pequeñas, calientes o difíciles de alcanzar.



¹⁰ La vida útil de una lámina de zinc es el tiempo de uso hasta que alcanza el 5% de corrosión de su superficie

- No necesita baterías/electricidad.
- Sólo + / - 10% de precisión.

Tipo de esfera:

- Calibración permanente.
- Resistente: no resulta afectado por el choque mecánico, ni por ácido, aceite, agua o polvo.
- No necesita baterías/electricidad.
- + / - 5 % de precisión.

Los medidores mecánicos de espesor de recubrimiento son muy resistentes y no necesitan baterías o conexión eléctrica, lo que resulta muy práctico para trabajar en exteriores. Tienen un precio aproximado de 350 USD (dependiendo del proveedor). Sin embargo, su precisión no resulta la ideal para verificar espesores muy delgados como el del revestimiento de zinc en las láminas (dependiendo del producto. Se debe buscar una precisión de al menos +/- 5%).

Los medidores de espesor de recubrimiento electrónicos miden el cambio en el flujo de densidad mediante circuitos electrónicos.

- Rápidos y sencillos.
- Calibración automática o manual.
- Versátiles: pueden almacenar datos y realizar cálculos.
- + 1 % de precisión.

Este tipo de medidores son muy duraderos. Pueden necesitar una calibración inicial y depender de la corriente eléctrica o de baterías. Su precio aproximado es de 600 USD o más, pero su precisión es mucho mayor, particularmente para verificar el espesor del recubrimiento de zinc.



Hay que asegurarse de que el instrumento de medición utilizado sea capaz de medir el espesor del material base de la chapa (hierro o acero; espesor mínimo de la base: unos 0,3 mm). No todos los instrumentos miden el recubrimiento de zinc en materiales tan delgados como las láminas de zinc (con una precisión mínima de 10µm o menor para el recubrimiento de zinc).

Se debe escoger un instrumento capaz de medir con la precisión adecuada, que sea fácil de usar en el terreno y que no necesite calibración en cada uso.



Incluso si hay que incurrir en un gasto de 1000 USD para un instrumento de calidad, será económico comparado con el gasto de adquirir un instrumento inútil.

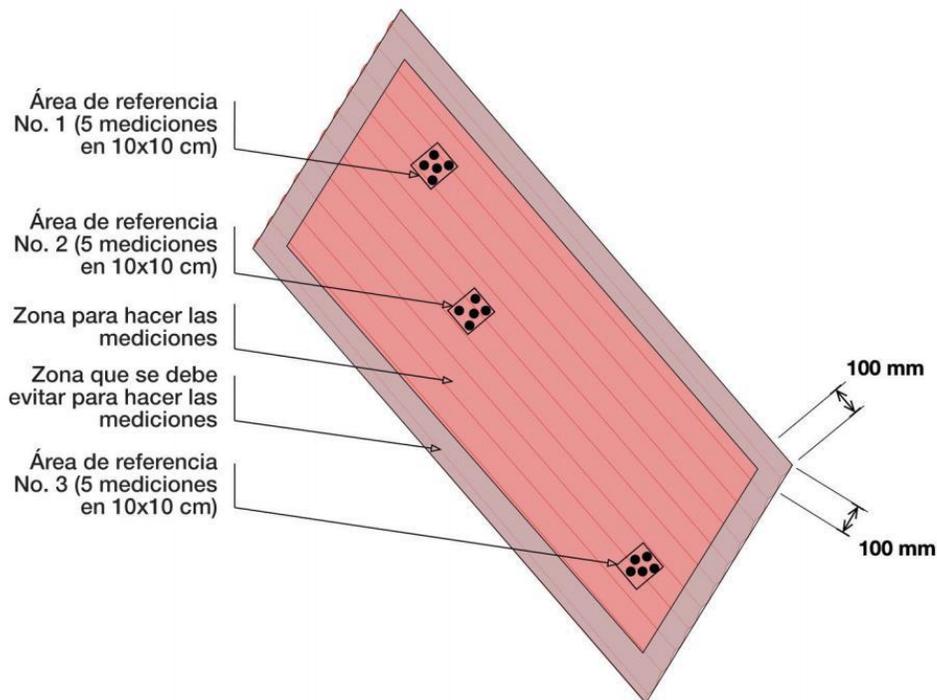
Medición del espesor del recubrimiento en las muestras de las láminas de zinc:

- Las mediciones se deben realizar en tres áreas distintas de al menos 10 cm² cada una
- (como se muestra en la ilustración de la siguiente página).
- Se deben hacer al menos 5 mediciones en cada área de referencia para que sean representativas del valor promedio.
- Las áreas de referencia deben estar localizadas en distintas partes de la lámina de zinc.
- Las mediciones de las láminas de zinc deben hacerse al menos a 10 cm de los bordes.
- Las mediciones se deben efectuar en ambas caras de la lámina de zinc (1 medición en el lado exterior de la lámina de zinc y 1 medición en el lado interior de la lámina de zinc) para poder comparar los resultados con los valores mínimos requeridos por las normas (ver la Tabla 29: Tolerancia dimensional para verificar las dimensiones de la lámina de zinc).
- Estas recomendaciones para la lectura de las mediciones en las muestras provienen de la Norma Europea EN ISO 1461 y son similares a las normas japonesas y a las normas de la ASTM (Estados Unidos).



Las mediciones no deben hacerse cerca de los bordes.

Ejemplo: mediciones de un lado de la lámina de zinc



Mediciones del recubrimiento de zinc en un lado de la lámina de zinc

Espesor recomendado para el recubrimiento de zinc en artículos de acero galvanizado en caliente:

- Lámina de zinc, elementos de fijación, arandelas de cierre:
 - Espesor del recubrimiento de zinc = 20 μm / lado.
- Anclajes antihuracanes ▸ Espesor del recubrimiento de zinc = 26–32 μm / lado.
- Artículos en contacto con anclajes en el suelo
 - Espesor del recubrimiento de zinc = 30 μm / lado.

Conversión de espesor del recubrimiento de zinc a masa de recubrimiento de zinc:

Los dos tipos de medidores (mecánicos o electrónicos) miden el espesor del recubrimiento en micrones (μm) o milímetros. Sin embargo, las especificaciones de los fabricantes o proveedores normalmente usan el valor de la masa de recubrimiento de zinc (ej. Masa de recubrimiento de zinc Z 275 = 275 g/m^2 o 90 oz/ft^2) por ello es necesario saber cómo convertir el espesor (μm) en masa de recubrimiento (g/m^2) para así verificar que el espesor se corresponde con las especificaciones requeridas.

Para hacer esta conversión es necesario conocer la densidad del zinc: 7140 kg / m^3 o 7,14 t / m^3 . Así pues, un espesor de un micrón de zinc equivale a 7,14 g / m^2 .

- Para convertir el espesor del recubrimiento de zinc a masa de recubrimiento de zinc:
 - masa de recubrimiento de zinc (g/m^2) = espesor (μm) x densidad (t/m^3)
- Para convertir la masa de recubrimiento de zinc a espesor del recubrimiento de zinc:
 - Espesor del recubrimiento de zinc (μm) = masa (g/m^2) / densidad (t/m^3)

Ejemplo: el espesor del recubrimiento de zinc medido en un lado de la lámina de zinc es de 20 μm . Entonces, la masa de recubrimiento de zinc es igual a $20 \times 7,14 = 135.66 \text{ g} / \text{m}^2$ de zinc en un lado.

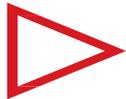
Tabla 30: Valores mínimos requeridos según las normas

	G30				G40						G60					G90		G115		G140	G165	G185		
Normas ASTM (ASTM A653 / A653M) Designación del recubrimiento de zinc (pulgada-libra)																								
Normas ASTM (ASTM A653 / A653M) Designación del recubrimiento de zinc (sistema métrico)	Z90				Z120						Z180					Z275		Z350		Z450	Z500	Z550		Z600
Norma Europea Capítulo 3 (EN)			Z100			Z150						Z225				Z275		Z350		Z450				Z600

ISO 10346) Designación del recubrimiento de zinc (sistema métrico)																						
Norma Japonesa (JIS G3302) Designación del recubrimiento de zinc ^{11*}	Z08		Z10		Z12			Z18		Z20	Z22		Z25	Z27		Z35		Z45				Z60
Promedio de la masa de recubrimiento (g/m²) en la prueba de tres puntos (TST)	80	90	100	120	120	150	150	180	180	200	220	225	250	275	275	350	350	450	450	500	550	600

¹¹ * La designación del recubrimiento de zinc según la norma japonesa presenta un espesor del recubrimiento más alto que el de la norma europea o de la ASTM. Esto sugiere que puede que el recubrimiento no sea de zinc puro sino una aleación, pero es una información que no ha sido confirmada, por ello se sugiere usar la Norma Europea o la ASTM.

Masa de recubrimiento mínima (g/m²) en un solo punto (para ambos lados)	68	76	85	85	102	102	128	153	153	170	187	192	213	234	235	298	299	383	384	427	470	510
Espesor del recubrimiento de zinc (μm) para un solo lado	8	6	10	7	13	8	10	17	12	20	21	15	24	27	19	32	24	40	31	35	28	51



Para conocer la masa del zinc en ambos lados, es necesario medir el recubrimiento de zinc en la parte exterior y en la parte inferior de la lámina de zinc y luego convertir estos valores a masa de recubrimiento (como se ha explicado anteriormente) y sumarlos para obtener el total de la masa de recubrimiento de zinc a ambos lados de la lámina de zinc.

Valores mínimos para el espesor del recubrimiento de zinc según las normas:

De acuerdo a las normas ASTM y las normas japonesas se deben llevar a cabo tres pruebas para verificar el espesor del recubrimiento de zinc:

- **Prueba de tres puntos (*triple-spot test* o TST):**
 1. Se realiza en 3 áreas de referencia en ambos lados (masa total en ambos lados)
 2. Se realiza en 3 áreas de referencia en UN solo lado.

- **Prueba de un punto (*single-spot test* o SST):** se realiza en 3 áreas de referencia en ambos lados.

Los requerimientos de las normas son los siguientes:

- La masa de recubrimiento para una chapa recubierta uniformemente debe ser expresada como la masa total del recubrimiento en ambos lados de la lámina de zinc. La masa mínima de recubrimiento debe ser igual o mayor al valor mencionado en la Tabla 30: Valores mínimos requeridos según las normas.

- El promedio de la masa de recubrimiento en la prueba de tres puntos o TST (total de la masa a ambos lados) debe ser el promedio de las masas de recubrimiento de las tres áreas de referencia tomadas para la muestra de la prueba.

- El promedio de la masa de recubrimiento en la prueba de un punto o SST (total de la masa a ambos lados) debe ser la menor de las masas de recubrimiento de las tres áreas de referencia tomadas para la muestra de la prueba.

- El promedio de la masa de recubrimiento en la prueba de tres puntos para cualquiera de los lados (la superficie superior o la superficie inferior de la lámina de zinc) de una chapa recubierta uniformemente debe ser un 40% o más del promedio mínimo de la masa de recubrimiento en un mismo punto en las dos superficies de la chapa (total de la masa en ambas superficies).

Tabla 31: Ejemplo de tabla de mediciones y verificación de conformidad con las tres pruebas

Tipo de prueba	Área de referencia	Mediciones (valor de un solo punto)					Promedio de la prueba	Comentarios
		1	2	3	4	5		
Total ambos lados	#3	233	273	294	283	292	275 g/m ²	Cumple los requisitos mínimos de TST tanto

								para un lado como para ambos lados.
Un lado	#1 encima	142	149	136	112	94	126,6 g / m ²	No cumple los requisitos mínimos de TST
Un lado	#1 debajo	136	131	131	166	179	148,6 g / m ²	No cumple los requisitos mínimos de TST
Total de ambos lados	#1 total	278	280	267	278	273	275,2 g / m ²	Cumple los requisitos mínimos de TST tanto para un lado como para ambos lados.
Un lado	#2 encima	183	185	183	170	193	182,8 g / m ²	No cumple los requisitos mínimos de TST para un solo lado.
Un lado	#2 debajo	90	95	92	91	93	92,2 g/m ²	Cumple los requisitos mínimos de TST tanto para un lado como para ambos lados.
Total de ambos lados	#2 total	273	280	275	261	286	275 g/m ²	
Un lado	#3 encima	143	145	143	130	155	143,2 g / m ²	
Un lado	#3 debajo	130	135	132	131	135	132,6 g/m ²	
Total de ambos lados	#3 total	273	280	275	261	290	275,8 g / m ²	

Ejemplo: este ejemplo muestra la tabla de mediciones y la verificación de conformidad con las tres pruebas para una lámina de zinc con un recubrimiento Z275.

Lámina de zinc con un recubrimiento Z275 ▶ masa de recubrimiento = 275 g/m² para ambos lados equivalente a 38 μm de espesor para ambos lados (19 x 2 = 38 μm)

De acuerdo a la Tabla 30, los valores mínimos requeridos según las normas son los siguientes:

- Mínimo valor promedio de TST (prueba de tres puntos) – total ambos lados: 275 g /m²
- Valor de SST (prueba de un punto) – total ambos lados: 235 g /m²
- Mínimo valor promedio de TST (prueba de tres puntos) – UN LADO: 93 g /m² (235 x 40% = 93 g/m²)

La tabla 31 muestra los valores de las láminas zinc sometidas a las pruebas, los resultados de los cálculos promedio y la verificación de conformidad con las pruebas (prueba de tres puntos o TST y prueba de un punto o SST).



Las normas ofrecen distintas variables de tolerancias para diferentes dimensiones. En el caso del recubrimiento de zinc, si una prueba no cumple con la norma, se deben someter a prueba dos muestras más del mismo lote. Si la segunda prueba falla, entonces todo el lote debe ser rechazado.

Si la falta de conformidad con las especificaciones no es muy grave (dependiendo de la dimensión/medida, entre 0,5 and 5%) puede que no sea buena idea rechazar todo el pedido para la operación; sin embargo, se puede negociar una reducción del precio de los materiales.

2.2.3. Pruebas para verificar la calidad del recubrimiento de zinc

Existen dos pruebas adicionales muy sencillas que se recomiendan para verificar la calidad del recubrimiento de zinc:

Verificar el tipo de acero: acero galvanizado vs. acero inoxidable

Una prueba muy sencilla que ayuda a determinar si el material es de acero galvanizado o de acero inoxidable es acercar un imán al material. Si el imán se adhiere al material, entonces se trata de acero galvanizado, y si no se adhiere, el material es de acero inoxidable.

Esta prueba puede resultar útil si hay un proveedor que está vendiendo artículos de acero inoxidable como si fueran de acero galvanizado. El acero inoxidable es excelente ya que presenta una mayor resistencia a la corrosión, pero cuesta tres veces más que el acero galvanizado. No hay necesidad de

comprar artículos de acero inoxidable si hay disponibilidad de artículos de acero galvanizado con el recubrimiento de zinc apropiado.



Las planchas con grandes manchas de oxidación por almacenamiento deben ser rechazadas

Prueba de observación:

El revestimiento del galvanizado en caliente puede tener defectos en la superficie. Algunos de estos defectos pueden disminuir la protección contra la corrosión, mientras que otros pueden no tener ningún efecto negativo y son aceptables de acuerdo con la especificación de la lámina de zinc.



Manchas de flujo

La tabla 32 muestra los defectos más comunes en la superficie de las láminas de zinc: mancha de oxidación por almacenamiento (también conocida como óxido blanco), aspereza general, áreas expuestas y mancha de flujo (solución de cloruro de amonio de zinc). En la tabla se explica también qué se debe hacer al identificar estos defectos.

Tabla 32: Defectos más comunes en la superficie de la lámina de zinc^{12*}

Defecto en la superficie	Definición	Acción	Aceptable/rechazable
Mancha de oxidación por almacenamiento (u óxido blanco)	Es un depósito de una especie de polvo blanco sobre la superficie, o manchas color negro o gris oscuro, sobre la superficie de artículos nuevos que han sido galvanizados y luego	Se deben rechazar las láminas de zinc que tengan grandes manchas de oxidación por almacenamiento. Si la mancha es clara o como de polvo, se	Rechazable

¹² *Fuente: The Engineers & Architects' Guide: Hot Dip Galvanizing. Galvanizers Association UK.

	<p>almacenados o transportados en condiciones de humedad. También ocurre cuando hay condensación entre las chapas. Cuando la mancha se vuelve negra significa que se ha consumido una cantidad importante de recubrimiento de zinc lo que ocasiona daños en la lámina de zinc y disminución de su vida útil.</p>	<p>puede remover con un cepillo de cerdas rígidas o un producto abrasivo suave. El almacenamiento y el transporte bien ventilado ayuda a prevenir este tipo</p>	
Aspereza	<p>Según las normas^{13**}, el recubrimiento galvanizado debe ser “liso”. Sin embargo, el recubrimiento de algunos artículos (como viguetas, elementos de fijación, arandelas o anclajes) no debe juzgarse tan rígidamente como el recubrimiento de las láminas de zinc.</p>	<p>Normalmente un recubrimiento que no es uniforme es producto de una capa de zinc demasiado gruesa, con lo cual eso significa una vida útil más larga. Se recomienda medir el espesor del recubrimiento de zinc para determinar si es aceptable.</p>	<p>Aceptable si no se acuerda lo contrario.</p>
Área expuesta	<p>Son áreas sin recubrimiento en la superficie. Normalmente se debe a una falla en el proceso de galvanización.</p>	<p>Si son áreas pequeñas de un máximo de 5 mm de ancho no representan ningún problema ni afectan la vida útil del recubrimiento de zinc. Si las áreas son más</p>	<p>Sólo es aceptable si las áreas tienen un ancho máximo de 5 mm. Si son más grandes, hay que rechazar el material</p>

^{13 **}Fuente: Norma Europea EN ISO 1461.

		grandes, el material se debe rechazar.	
Manchas de flujo	Cuando se usa flujo (solución de cloruro de amonio de zinc) durante el proceso de galvanizado, algunos residuos pueden quedar adheridos a la superficie después de la inmersión y recoger polvo que forma oxidación. Estas manchas suelen ser negras, marrones, grises o amarillentas y están formadas básicamente por cloruro de amonio.	Las manchas de flujo pueden reducir la vida útil del recubrimiento y deben ser removidas.	Rechazable

2.3. Transporte y Almacenamiento

Esta sección ofrece orientación sobre las mejores prácticas para el transporte y el almacenamiento, así como sobre las medidas de seguridad más apropiadas para manejar el material.

- **Medidas básicas de seguridad:**

Aplicables al manipular cualquiera de los materiales presentados en esta sección:

- ▶ Usar guantes, especialmente para prevenir heridas producidas por los bordes afilados de las chapas onduladas de hierro galvanizado (lámina de zinc), clavos o tornillos, y astillas de la madera.
- ▶ Manipular los materiales con cuidado para no dañarlos ni hacerse daño.

2.3.1. Lámina de zinc y otros artículos galvanizados para techos

Hay que asegurarse de inspeccionar detalladamente todos los artículos galvanizados que llegan en el pedido de suministro para garantizar que no presenten óxido blanco ni daños causados por el transporte. Si se detectan fallas o defectos en los materiales, el pedido se debe rechazar.

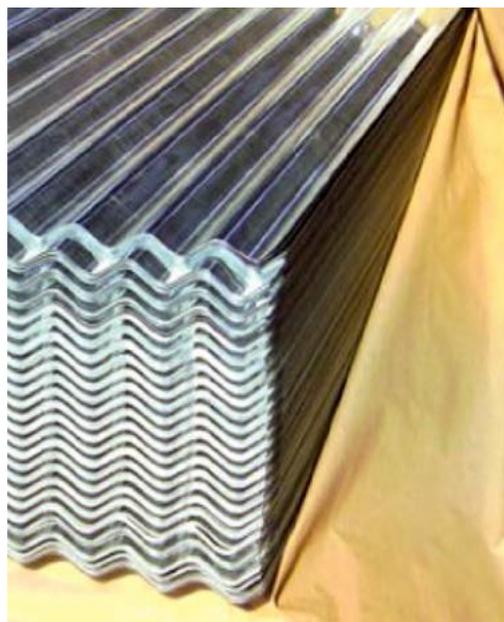
- **Transporte y manipulación:**

- ▶ Las láminas de zinc deben venir apiladas en lotes de 10 y separadas entre ellas por un cartón fino para evitar rayones y absorber humedad. A su vez, los lotes deben venir envueltos en paquetes de 30 o 40 lotes (unas 300 o 400 láminas de zinc).
- ▶ Entre cada paquete se deben colocar espaciadores o soportes de madera para separar los paquetes.

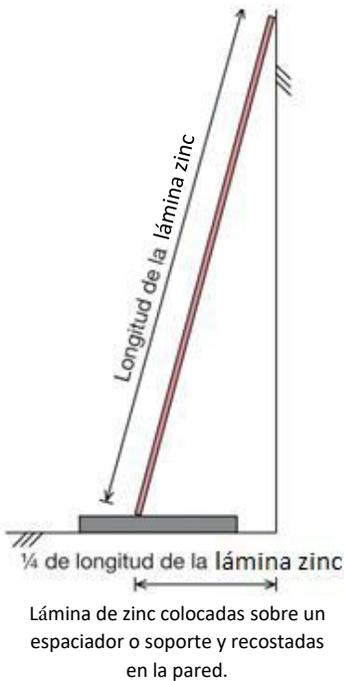


Paquetes de lámina de zinc empacados, atados y apilados en un contenedor (IFRC-SRU).

- ▶ Las esquinas de los paquetes de las láminas de zinc deben estar protegidas con cartón grueso para prevenir que éstas se doblen y causen heridas a los trabajadores.
- ▶ Se debe que cargar las láminas de zinc entre dos personas, no se deben arrastrar.
- ▶ Tanto las láminas de zinc como los remates de cumbrera y borde deben transportarse horizontalmente y separados del suelo del camión o contenedor.
- ▶ Hay que asegurar los paquetes de lámina de zinc y remates de cumbrera y borde atándolos con cintas de nylon.
- ▶ Se deben evitar los rayones en el recubrimiento de zinc.
- ▶ Las láminas de zinc no se deben doblar ni flexionar.



Lotes de láminas de zinc apiladas listas para ser empacadas (IDRC-SRU)



●**Almacenamiento:**

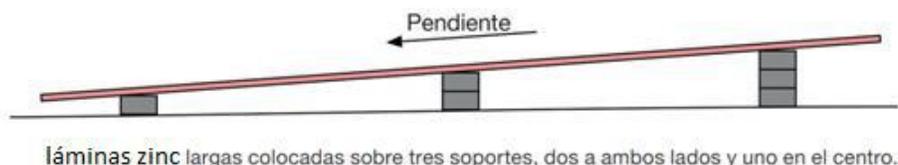
Un almacenamiento apropiado es fundamental para proteger las láminas de zinc y los remates de cumbrera y borde contra las manchas de oxidación y los rayones.

- ▶ Los materiales deben estar cubiertos y ventilados. (bajo techo o cubiertos con una lona)
- ▶ No se deben almacenar bajo el sol.
- ▶ Se debe minimizar el tiempo de almacenamiento en la obra de construcción.
- ▶ Para evitar la humedad y permitir la ventilación es ideal almacenar las láminas de zinc usando separadores de cartón o plástico entre las chapas y colocarlas sobre soportes de madera o recostarlas en la pared para facilitar que salga el agua producida por la condensación.



La condensación entre las láminas de zinc, los remates de cumbrera y los remates de borde puede causar manchas de oxidación por almacenamiento (corrosión de polvo blanco y manchas oscuras) que dañan las chapas.

- ▶ Colocar un soporte adicional en el centro para las láminas de zinc de grandes dimensiones.
- ▶ Si las láminas de zinc, los remates de cumbrera y los remates de borde se almacenan al aire libre por un corto período de tiempo, es mejor colocarlos verticalmente para permitir que el agua proveniente de la lluvia o la condensación pueda salir fácilmente.
- ▶ Las láminas de zinc, los remates de cumbrera y los remates de borde deben permanecer secos hasta su instalación.
- ▶ Evitar rayones y cualquier otro daño en la superficie de las láminas de zinc.



- **Elementos de fijación, arandelas y anclajes:**

- ▶ Se deben transportar en cajas de cartón.
- ▶ Evitar el transporte de los elementos de fijación y anclajes dentro de bolsas de plástico, ya que pueden rasgar las bolsas.
- ▶ Al igual que el resto de los productos galvanizados, se deben mantener secos y bien ventilados para evitar las manchas de oxidación y otros daños.

2.3.2 Madera de construcción, madera de coco y bambú

Todos los materiales deben mantenerse secos y protegidos de la humedad del aire y del suelo.

- **Transporte y manipulación:**

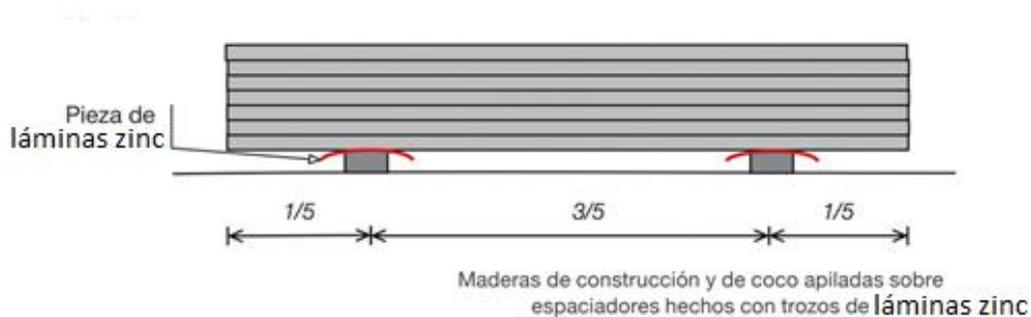
- ▶ Colocar la madera de construcción, la madera de coco y el bambú separados del suelo del camión sobre espaciadores o soportes.
- ▶ Atar de forma segura estos materiales con tiras o correas para asegurarlos durante el transporte en camión o camioneta pickup.
- ▶ Se deben cargar preferiblemente entre dos personas.
- ▶ No arrastrar ni lanzar las maderas ni el bambú; se deben cargar pieza por pieza.



Jamaica, huracán Dean, 2008: listones de maderas de construcción separados del suelo del camión y atados con cintas (© Cruz Roja Francesa).

- **Almacenamiento:**

- ▶ Los materiales deben estar cubiertos y ventilados (bajo techo o lona).
- ▶ Evitar almacenarlos bajo el sol.
- ▶ Colocar los materiales separados del suelo sobre espaciadores o soportes colocados a intervalos regulares.
- ▶ Las vigas de gran longitud deben tener un soporte en el centro.
- ▶ La madera de construcción, la madera de coco y el bambú deben mantenerse secos.
- ▶ Para evitar la humedad del suelo y las termitas, hay que separar los materiales del suelo colocando piezas de lámina de zinc debajo de las secciones de madera o bambú.





Resumen Práctico del capítulo II

1. Equipo básico de seguridad:

Para manipular chapas onduladas de hierro o acero galvanizado (lámina de zinc) y otros materiales de construcción se debe usar guantes, casco, ropa apropiada y calzado de seguridad.

2. Control de calidad:

- ➔ Para verificar la calidad de las láminas zinc comprobar las dimensiones, el peso y el espesor del recubrimiento de zinc.
- ➔ Los instrumentos básicos para comprobar la calidad de las láminas de zinc y otros materiales galvanizados son: cinta métrica, calibrador, medidor de recubrimiento e imán.
- ➔ Verificar el espesor del recubrimiento de zinc es fundamental para garantizar la vida útil de la cubierta del techo. El procedimiento es un algo complejo, por ello se explica detalladamente en esta sección. Cuando se hace un pedido de grandes cantidades de lámina de zinc, se recomienda tomarse el tiempo de hacer un buen control de calidad tan pronto llega el pedido. Los pedidos que no correspondan con las especificaciones requeridas deben ser rechazados o al menos se debe hacer una negociación para reducir el precio.
- ➔ Valores básicos del recubrimiento de zinc para productos de acero galvanizado en caliente:
 - lámina de zinc ▸ espesor del recubrimiento de zinc = 20 μm /lado.
 - Elementos de fijación ▸ espesor del recubrimiento de zinc = 20 μm /lado.
 - Anclajes antihuracanes, viguetas ▸ espesor del recubrimiento de zinc = 26–32 μm /lado.
 - Elementos en contacto con el suelo ▸ espesor del recubrimiento de zinc = 30 μm /lado.
- ➔ Es útil usar un imán para determinar si el material que se va a someter a prueba es de acero galvanizado o acero inoxidable. El imán no se adhiere al acero inoxidable.

3. Transporte y almacenamiento

- ➔ Las condiciones apropiadas de transporte y almacenamiento son fundamentales para proteger los materiales, especialmente las láminas de zinc y la madera de construcción, la madera de coco y el bambú. Se deben tomar las siguientes medidas de protección:
 - Almacenar los materiales en áreas secas y ventiladas para protegerlos contra cualquier tipo de humedad.
 - Separar los materiales del suelo mediante soportes durante su transporte y almacenamiento

CAPITULO III

FORMA Y ÁNGULO DE PENDIENTE DE LOS TECHOS

En esta sección se resalta la importancia del diseño y la orientación del alojamiento para optimizar la resistencia al viento. En la sección se describe cómo la presión del viento afecta la estructura del techo y se proporciona información básica sobre la orientación del alojamiento, el diseño y la distribución de aberturas, y sobre un aspecto fundamental que es la selección de la forma y el ángulo de pendiente del techo. Las formas de los techos y los detalles relevantes como la saliente del alero y la longitud de los bordes son analizados con respecto a la resistencia a la velocidad del viento en el contexto determinado (tipo de terreno) así como la estanqueidad de la cubierta.

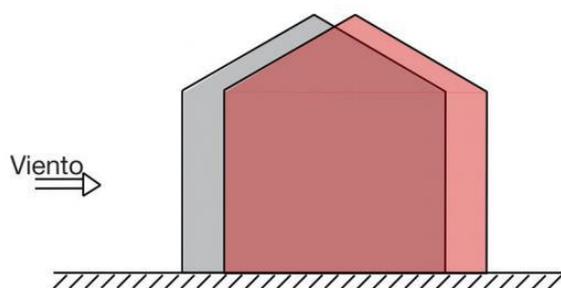
El análisis de las distintas formas de techo y ángulos de pendiente está basado en cálculos de ingeniería usando un modelo de alojamiento diseñado como respuesta al tifón Haiyan en las Filipinas.



3.1 Efectos del viento y los terremotos en las estructuras

Durante vientos fuertes y terremotos la estructura está sujeta a fuerzas que tienen distintos efectos en la construcción en función de la debilidad estructural. Los efectos de la presión del viento pueden ser similares a los de los temblores sísmicos. Las edificaciones pueden levantarse del suelo, inclinarse, deslizarse e incluso volcar si los elementos estructurales esenciales y los cimientos no tienen las dimensiones apropiadas para resistir estos efectos. Las fuerzas que chocan con el techo y la cubierta del techo son normalmente fuerzas verticales como la succión, causando un efecto de levantamiento.

3.1.1. Efectos generales de los vientos fuertes y los terremotos en las estructuras



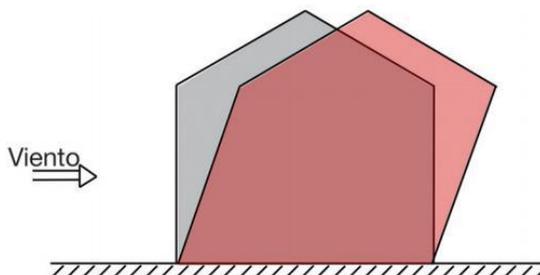
Efecto de deslizamiento

Deslizamiento:

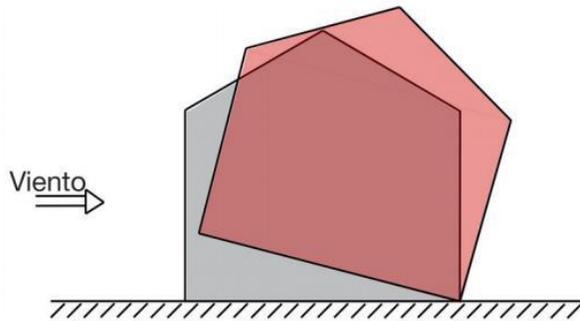
Cuando una edificación está sometida a fuertes fuerzas horizontales del viento o a temblores sísmicos y no está bien anclada a los cimientos (o no tiene cimientos), la edificación puede comenzar a deslizarse.

Inclinación:

Cuando una edificación está sometida a fuertes fuerzas horizontales del viento o a temblores sísmicos y no está bien apuntalada (no tiene muros de corte ni riostras diagonales en la estructura), la edificación puede comenzar a inclinarse sobre un lado).



Efecto de inclinación



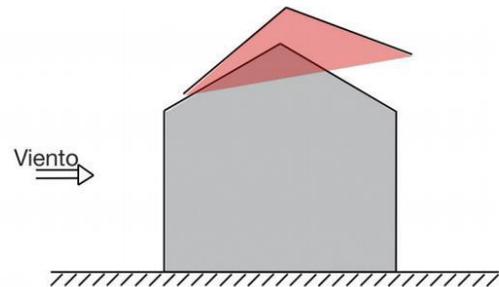
Efecto de vuelco

Vuelco:

Cuando una edificación está sometida a fuertes fuerzas horizontales del viento o a temblores sísmicos y no está bien anclada a los cimientos o estos son muy pequeños, puede comenzar a volcarse hacia un lado.

Levantamiento:

Cuando una edificación está sometida a una fuerza vertical, tal como la succión causada por la presión del viento, y la estructura del techo no está bien sujeta a las paredes, el techo o parte del techo puede levantarse.



Efecto de levantamiento



Para compensar el efecto de levantamiento del techo, la estructura y la cubierta del techo deben estar fijadas y sujetadas apropiadamente. Factores como el espesor de las láminas zinc, las dimensiones de listones y vigas, la distancia entre los listones, la distancia entre las vigas, el número de elementos de fijación y el tipo de anclajes antihuracanes son de máxima importancia para que el techo tenga una buena resistencia al viento.

Para evitar que el techo se levante durante una tormenta es importante:

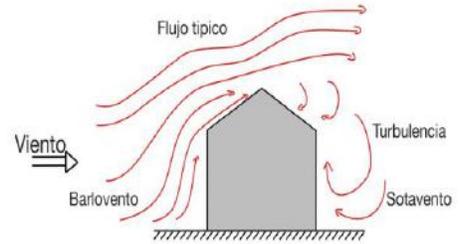
- Asegurar bien los listones a las vigas, idealmente colocando anclajes antihuracanes.
- Anclar bien las vigas a las paredes, idealmente colocando anclajes antihuracanes:
 - a) Para estructuras ligeras (de madera o bambú), asegurar el anclaje del techo en toda la estructura hacia abajo, hasta los cimientos. Debe tener cimientos profundos y pesados para que sujete bien la estructura.
 - b) Para estructuras más pesadas (ladrillos o bloques de cemento), el techo puede anclarse a las vigas y columnas usando los anclajes antihuracanes apropiados.

- Sujetar los listones con una cantidad adecuada de elementos de fijación de buena calidad y con una profundidad de penetración apropiada.

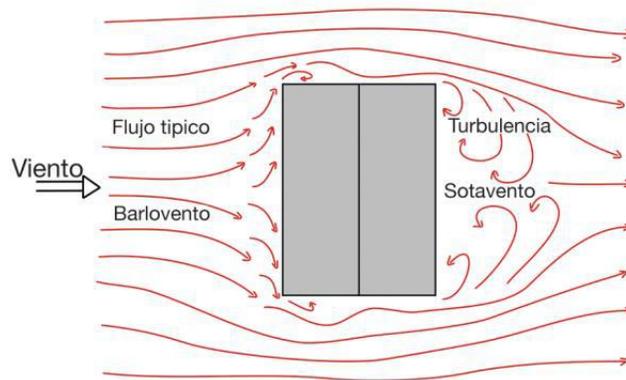
3.1.2. Efectos del viento en las estructuras

Acción del viento sobre una edificación rectangular:

Según la aerodinámica, las superficies ubicadas a barlovento están sujetas a un flujo típico del viento, mientras que las que se encuentran a sotavento están sujetas a un flujo turbulento que puede crear un área de baja presión.



Acción del viento sobre una edificación rectangular.



Presión del viento sobre una edificación rectangular:

El viento genera una presión positiva (presión) y una presión negativa (succión) en el exterior e interior de la edificación. La presión negativa en el interior de la edificación tiende a reducir la succión sobre el techo, pero a aumentar la presión sobre la pared a barlovento.

Por su parte, la presión positiva tiene un efecto radicalmente opuesto: aumenta la succión sobre el techo y la pared a sotavento y reduce la presión sobre la pared a barlovento.

La presión externa depende de las cargas de la superficie, así como de la dirección del viento sobre la edificación. Mientras más pequeña sea la fachada y menos elevada la altura de la edificación, menor será la superficie sujeta a la fuerza del viento.



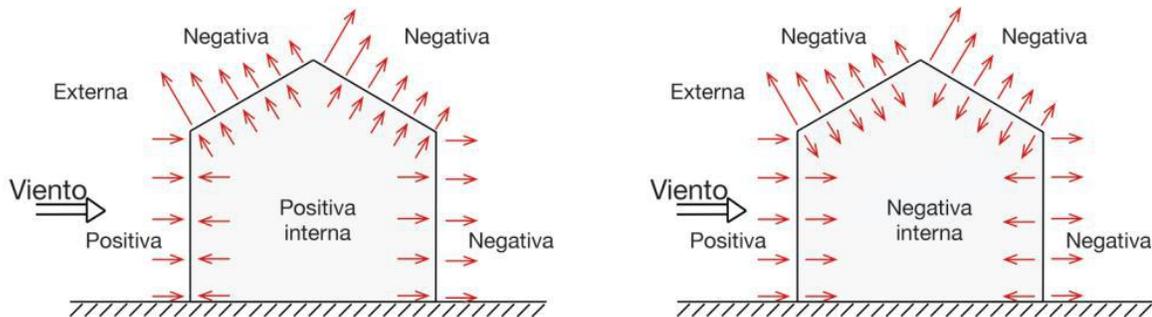
Las dimensiones y la orientación correctas del alojamiento pueden minimizar la presión externa.

La presión interna depende del tamaño y la distribución de las aberturas de la edificación y de la dirección del viento. El número y la distribución de las aberturas en las paredes exteriores es un aspecto fundamental



La presión interna se puede reducir distribuyendo las aberturas alrededor del alojamiento en lugar de tenerlas en una sola fachada dominante.

La presión del viento sobre un edificio rectangular varía de un punto a otro, como se muestra en la siguiente ilustración:



Presión del viento sobre las edificaciones rectangulares

En realidad, las fuerzas que afectarán a la edificación son una combinación impredecible de la presión interna y la externa, y ambas deben considerarse detenidamente en los cálculos para definir las dimensiones de los elementos del techo y asegurarse de que éste resistirá en cualquier escenario.

3.2 Presión del viento sobre las paredes de distintas edificaciones

En esta sección se muestra cómo las paredes exteriores de una edificación están sujetas a la presión del viento y la influencia que ésta tiene sobre los techos.

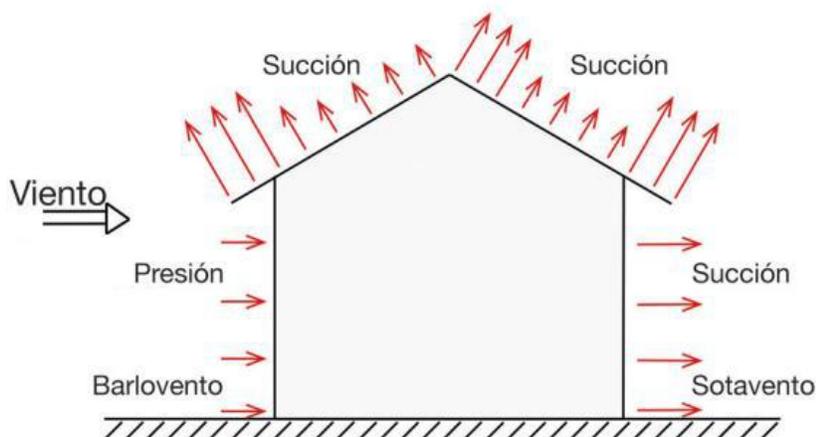
Como se muestra en las ilustraciones de la página anterior, para calcular la presión del viento sobre el techo es necesario conocer la presión del viento sobre las paredes exteriores.

La presión del viento sobre las paredes depende principalmente de la permeabilidad de éstas, es decir, de su composición y el material del frisado o revestimiento, así como del número de aberturas y de su ubicación.

3.2.1. Presión del viento sobre las paredes

Las superficies de las paredes exteriores orientadas a barlovento están sujetas a una presión (presión positiva) mientras que las superficies a sotavento están sujetas a una succión (presión negativa).

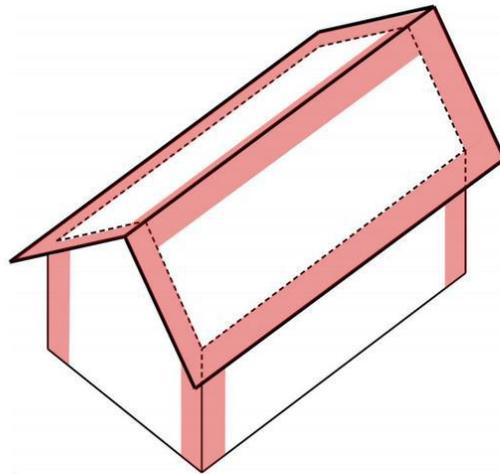
La presión y la succión varían de un extremo al otro, y dependen principalmente de la velocidad del viento y la ubicación de las aberturas.



La presión de la succión puede ser 2,5 veces mayor en las esquinas de la edificación que en la parte central de las paredes.



Colocar puertas y ventanas a una distancia de al menos 1/5 de la longitud del alejamiento alejadas de las esquinas. Las puertas y ventanas son elementos "débiles" de las paredes y no deben colocarse en las esquinas ya que allí estarán sometidas a presiones mayores.



Clave: área de máxima presión del viento

Áreas del techo sujetas a una presión máxima del viento.

3.2.2. Alojamiento cerrado

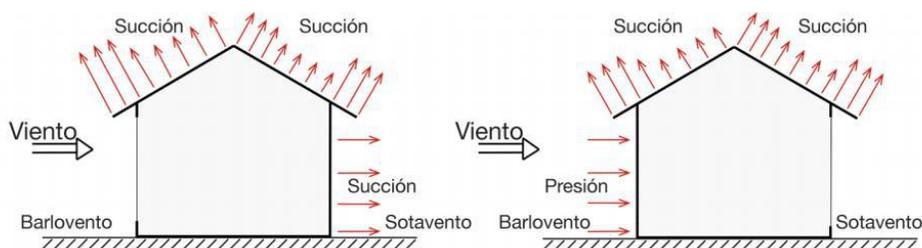
Cuando un alojamiento tiene pocas aberturas y están distribuidas uniformemente en las paredes exteriores (ej., una puerta en la fachada principal y dos ventanas pequeñas en las paredes más anchas que están una frente a la otra) se considera un alojamiento “cerrado”. En estas edificaciones la presión interna se mantiene relativamente baja, y por ello la presión y la succión sobre las paredes también permanecen bajas



Un alojamiento “cerrado” ayuda a reducir la presión interna del viento sobre la edificación y como consecuencia el tamaño de los elementos estructurales y el número de elementos de fijación pueden disminuir. Una edificación “cerrada” necesitará menos material para el techo que una “abierta”.

3.2.2. Alojamiento “abierto”

Cuando una edificación tiene la mayoría de las aberturas en una sola fachada (ej. la puerta y dos ventanas grandes en la fachada principal sin aberturas en las otras paredes exteriores) se considera una edificación “abierta”. Cuando el viento golpea este tipo de fachada, la presión se reduce ya que el viento puede pasar a través de la edificación, pero la succión en la pared opuesta y en el techo puede aumentar significativamente.



Presión del viento sobre un alojamiento “abierto”.



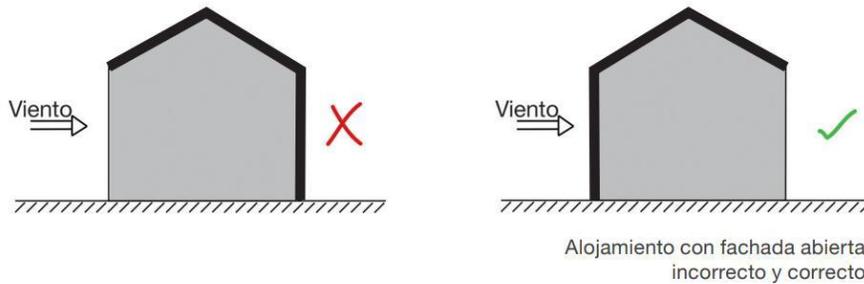
Se debe evitar el diseño del alojamiento “abierto” con la mayoría de las aberturas en una sola fachada puesto que debilita la resistencia de la edificación a los vientos fuertes. El número de puertas y ventanas se debe minimizar, y éstas se deben distribuir alrededor del alojamiento; se deben colocar al menos en dos paredes opuestas o en tres paredes para crear un alojamiento “cerrado”.



En los casos en los que no se puede evitar tener la mayoría de las aberturas en un solo muro del alojamiento y se conoce la dirección del viento preponderante, entonces la fachada abierta se debe ubicar a sotavento, es decir, lejos de la dirección principal del viento (como se indica en la ilustración “Alojamiento con fachada abierta” de la siguiente página) para así evitar la succión adicional en el techo y en la pared a sotavento.

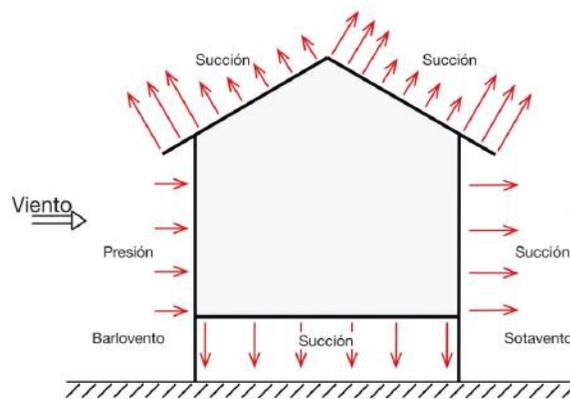


Se recomienda plantar árboles en el lado a barlovento para que actúen como rompe vientos o, si es posible, usar cualquier protección natural contra el viento que ofrezca el entorno para reducir la presión del viento contra la edificación.



3.2.3. Alojamiento elevado del suelo

En el caso de alojamientos elevados del suelo, si la elevación es inferior a la altura de la edificación (menos de un piso) y el radio de la longitud y el ancho está en un rango inferior a 2,5 /ej., $\text{radio} = \text{longitud} (6 \text{ m}) / \text{ancho} (3 \text{ m}) = 2$, la presión del viento sobre las paredes exteriores (barlovento, sotavento y hastial) se mantendrá igual que en una edificación sobre el suelo.



Presión del viento sobre un alojamiento elevado.

La presión del viento contra el techo también será la misma. Sin embargo, el suelo está sujeto a la succión, lo que es igual a la presión máxima aplicada sobre el muro a barlovento.



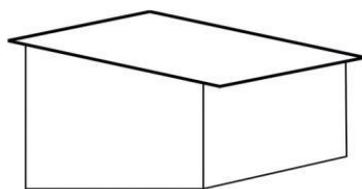
Las dimensiones de los elementos estructurales de las paredes y el techo serán las mismas que las calculadas para un alojamiento a ras del suelo. Sin embargo, las medidas del suelo deben ser calculadas tomando en consideración la presión del viento negativa (succión) así como otras cargas comunes.



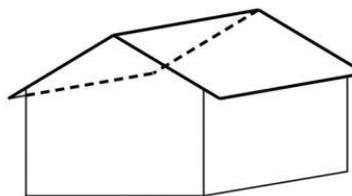
La forma del alojamiento es alargada ($\text{radio de longitud} / \text{ancho} > 2,5$) y/o si la elevación es de la misma altura que el alojamiento, entonces la presión del viento puede ser completamente diferente y se requerirá hacer cálculos específicos.

3.3 Impacto de la presión del viento sobre los diferentes tipos de techos

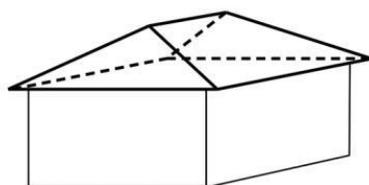
Para comprender qué forma de techo es más resistente a fuertes vientos, se analizaron y compararon distintos cálculos de ingeniería sobre los siguientes tipos de techo:



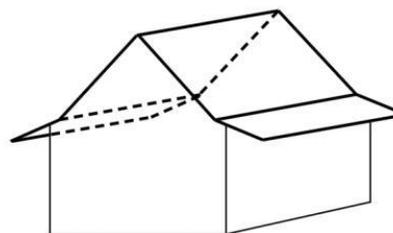
Techo a un agua



Techo a dos aguas



Techo a cuatro aguas



Techo abuardillado

Cuatro tipos de techo

Cada forma de techo se calculó con ambas superficies del techo, a barlovento y a sotavento, sujetas a fuerza de succión. La succión está compuesta por una fuerza vertical que “levanta” el techo fuera de la estructura (efecto de levantamiento) y una fuerza horizontal que “empuja” el techo fuera de la estructura. Este efecto de “empuje” aumenta con el aumento del ángulo de pendiente.

Las fuerzas combinadas de succión (levantamiento) y presión (empuje) que causan el efecto de levantamiento del techo varían en cada superficie, desde el alero hasta la cumbre, y dependen de:

1. La velocidad del viento / categoría de huracán.
2. La exposición o el tipo de terreno donde se ubica el alojamiento.
3. La orientación del alojamiento.
4. La forma del techo.
5. El ángulo de pendiente del techo.

Estos cinco parámetros y sus influencias serán explicados en los siguientes apartados.

3.3.1. Categorías de ciclones y velocidad sostenida del viento¹⁴

Los ciclones están clasificados dentro de tres grupos principales según su intensidad: depresiones tropicales, tormentas tropicales y un tercer grupo de tormentas más intensas con vientos sostenidos de al menos 34 m/s o 119 km / h; sus nombres varían de acuerdo a la región del mundo. A la tormenta tropical en el Pacífico Noroccidental que alcanza esta velocidad se le conoce como tifón, en el Pacífico Nororiental o el Atlántico Norte a la misma tormenta se le llama huracán, mientras que en el hemisferio sur y en el Océano Índico recibe el nombre de ciclón tropical, ciclón tropical severo o ciclón tropical muy intenso.

Los diferentes centros meteorológicos regionales usan distintas escalas para clasificar los ciclones (o huracanes o tifones) pero existen muy pocas variaciones entre los distintos sistemas de clasificación. Los dos más comunes son la escala de Beaufort en la que los vientos de más de 119 km/h están clasificados del 12 al 16, y la escala de huracanes de Saffir-Simpson que usa categorías del 1 al 5 para la clasificación de los huracanes. La Categoría 1 en la escala de Saffir-Simpson corresponde a la 12 de la escala de Beaufort (ver el Anexo 3 para información sobre la escala de Beaufort). La escala usada como referencia en este manual (y en los cálculos de ingeniería) es la de Saffir-Simpson.

Tabla 33: Categoría de ciclón/huracán y equivalencia de velocidad del viento según la escala de Saffir-Simpson

Categoría	Vientos sostenidos Km/h	Vientos sostenidos mph	Vientos sostenidos m/s
Tormenta tropical	Menos de 119 km /h	Menos de 74 mph	Menos de 33 m/s
1	119–153 km/h	74–95 mph	33–42,5 m/s
2	154–177 km/h	96–110 mph	42,7–49 m/s
3 (intenso)	178–208 km/h	111–129 mph	49,4–57,8 m/s
4 (extremo)	209–251 km/h	130–156 mph	58–69,7 m/s
5 (catastrófico)	252 km/h o mayor	157 mph o mayor	70 m/s o mayor

¹⁴ Fuente: National Hurricane Center – National Oceanic and Atmospheric Administration: <http://www.nhc.noaa.gov>

Los vientos máximos sostenidos en los ciclones tropicales más fuertes han sido calculados en 95 metros por segundo o 346 kilómetros por hora.



Para calcular la presión del viento sobre una edificación se debe asumir un promedio máximo de velocidad del viento. Según el Eurocódigo, así como en otros códigos, el valor para el cálculo de la velocidad básica del viento debe ser considerado a 10 m sobre el nivel del suelo en un terreno a campo abierto en por un período de 50 años.

Dado que la velocidad del viento varía de acuerdo a la zona y la región, la mayoría de los países tienen sus propios valores promedio de la velocidad básica del viento que usan como referencia en los códigos locales de construcción y sirven para calcular la presión esperada del viento aplicada a las edificaciones. Para más información, ver el Anexo 4: Basic wind speed in various countries que ofrece información sobre la velocidad básica del viento para la mayoría de los países que experimentan vientos muy fuertes. Se puede usar la tabla del Anexo 4 para encontrar la velocidad del viento (categoría de ciclón/huracán) aplicable a una zona específica

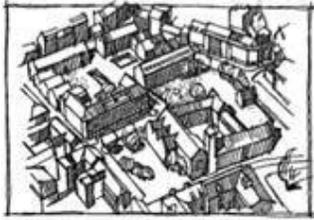


El valor fundamental de la velocidad básica del viento es un valor que cambia a lo largo del tiempo. Especialmente en los últimos años, algunas regiones han experimentado vientos más fuertes que los que habían experimentado hace 20 o 30 años, por ello los períodos de 50 años usados como referencia por la mayoría de los códigos para hacer cálculos deben ajustarse. Los códigos de construcción nacionales a menudo ofrecen mapeos de promedios de velocidad del viento, pero quizás no estén actualizados. Se debe consultar la página web de la oficina meteorológica de la zona específica para obtener valores más actualizados.

3.3.2. Exposición del emplazamiento o tipo de terreno

La exposición del emplazamiento en el que se construye el alojamiento tiene una influencia significativa sobre las fuerzas del viento o presión crítica del viento que pueden aplicarse al alojamiento. A la misma velocidad sostenida del viento, la presión crítica del viento en una zona urbana es aproximadamente la mitad que en un emplazamiento expuesto en la costa.

Para los cálculos se han usado las siguientes cuatro categorías de zonas según exposición:



- **Zona urbana:**

Terreno categoría IV: zona en la que al menos el 15% de la superficie está ocupada por edificios con una altura media mayor de 15 m.

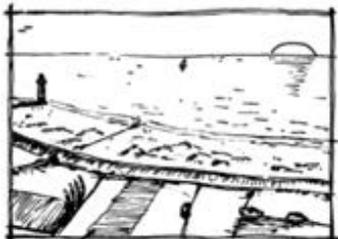
- **Zonas suburbanas y rurales con cubierta de vegetación:**

Terreno categoría III: zona con cubierta de vegetación regular o edificios u obstáculos dispersos cuya separación es de un máximo de 20 veces la altura de los obstáculos/estructuras (pueblos, terreno suburbano, zona boscosa).



- **Zona rural con poca vegetación:**

Terreno categoría II: zona con poca vegetación (césped) y obstáculos dispersos (árboles, edificios) con separaciones de al menos 20 veces la altura de los obstáculos/estructuras.



- **Zona costera:**

Terreno categoría 0:

Zona costera o marítima expuesta a mar abierto. 1-4 © Eurocódigo 1

La presión del viento varía enormemente en todas las diferentes situaciones de exposición independientemente de la velocidad sostenida de viento existente.

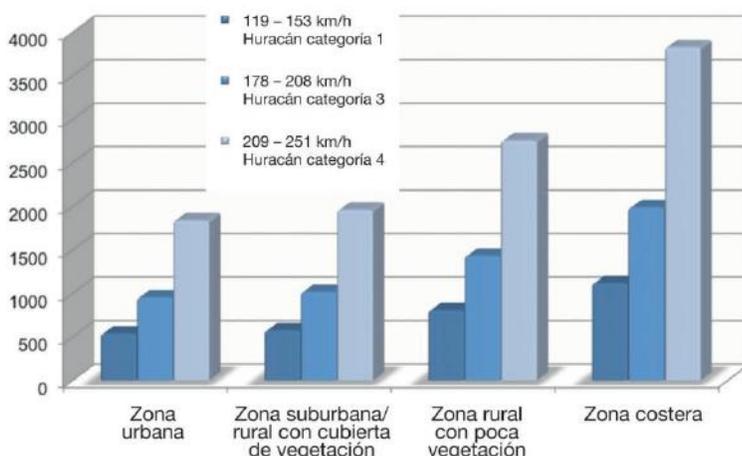
El efecto que puede tener el viento¹⁵ sobre la estructura depende del tamaño, la forma, las propiedades dinámicas de la estructura y, por supuesto, de la fuerza del viento. La presión del viento aplicada a la

¹⁵ Fuente: Eurocódigo 1

estructura bajo el efecto del viento debe ser calculada según la presión de velocidad crítica $q_p(z)$ ¹⁶. La presión de velocidad crítica depende de las condiciones del viento, el terreno, y la altura de la edificación. La presión de velocidad crítica es igual a la velocidad media más una contribución de fluctuaciones de presión a corto plazo.

Si se toma como punto de referencia la presión de velocidad crítica para el terreno categoría 0, que corresponde a la zona costera expuesta a mar abierto, la presión de velocidad crítica para las otras categorías de terreno será considerablemente más baja que la correspondiente a un terreno categoría 0.

- La presión de velocidad crítica para el terreno categoría I será 12% más baja que para el terreno categoría 0.
- Para el terreno categoría II será 28% más baja
- Para el terreno categoría III será 49% más baja
- Para el terreno categoría IV será 52% más baja



Presión de velocidad crítica (N / m²) dependiendo de la velocidad del viento y el tipo de terreno.

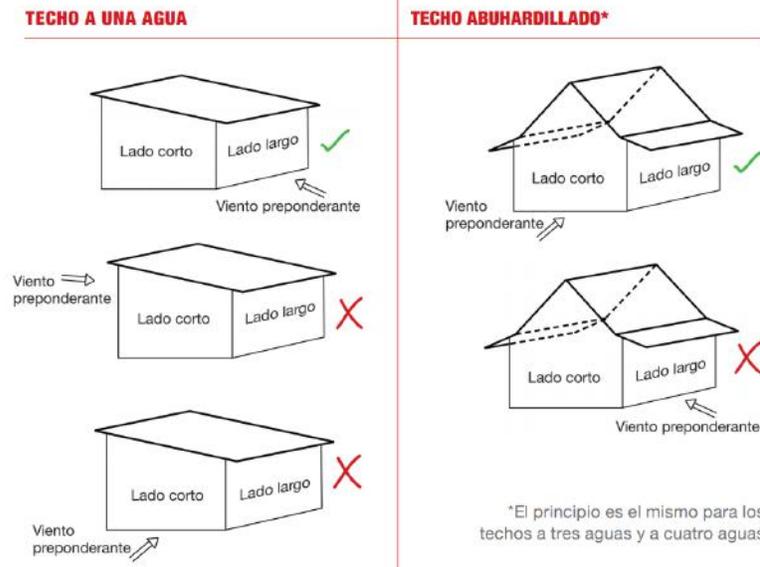
Mientras más expuesto esté el emplazamiento (terreno), mayor será la presión de velocidad crítica sobre el alojamiento y el techo. A una misma velocidad del viento, la presión crítica del viento en las áreas costeras expuestas a mar abierto o en las áreas rurales con poca vegetación (césped) puede ser casi el doble de la presión crítica del viento en zonas rurales cubiertas de vegetación elevada (árboles), y en zonas suburbanas y urbanas.

¹⁶ Define la altura sobre el suelo donde la que está determinada.

3.3.3. La mejor orientación para el alojamiento y el techo

La orientación del alojamiento y su techo correspondiente hacia la dirección preponderante del viento tiene un importante papel en la resistencia del techo.

Tabla 34: Mejor orientación de los techos basada en la dirección preponderante del viento



Si se orienta el techo hacia la dirección apropiada, la presión sobre el techo puede ser reducida casi a la mitad.

3.3.4. Ventajas y desventajas de las diferentes formas de techo

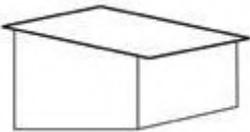
La forma del techo no solo es crucial para su rendimiento frente la presión del viento, sino que además tiene influencia sobre la estanqueidad (protección contra el agua) de la cubierta. Es además un elemento importante para proteger paredes y ventanas tanto de la lluvia como del sol y puede ofrecer también espacio adicional para almacenamiento en forma de “ático”. Finalmente, la forma del techo tiene un fuerte impacto sobre la cantidad de material y las habilidades técnicas requeridas para la construcción, lo que está directamente relacionado con el costo.

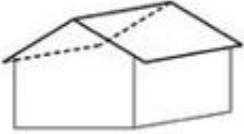
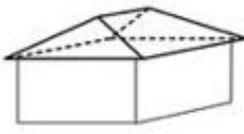
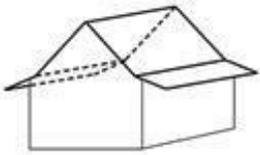
La Tabla 35 muestra las ventajas y desventajas de cada tipo de techo basadas en los siguientes parámetros: exposición al clima, resistencia a los huracanes, dificultad técnica de construcción, cantidad de materiales necesarios (▶ costo).



Filipinas: Estructura del techo de la que se soltaron las chapas onduladas de hierro galvanizado (IFRC-SRU)

Tabla 36: ventajas y desventajas de cada tipo de techo

Tipo de techo	+ Ventajas	- Desventajas
<p>Techo a un agua</p> 	<ul style="list-style-type: none"> + Sólo una pendiente ▶ menos material requerido. + Fácil de construir. + Bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Poca protección del sol y la lluvia - Se debe cubrir una superficie amplia ▶ alta presión del viento - Poca resistencia a los huracanes, especialmente en zonas costeras y rurales con poca vegetación. - Puede resistir hasta un huracán categoría 3 en zonas urbanas

<p>Techo a dos aguas</p> 	<p>+Fachadas principales protegidas de la lluvia y el sol. + Mejor relación entre dificultad técnica, resistencia al viento y costo (puede resistir hasta un huracán categoría 4 en zonas costeras).</p>	<p>–Los hastiales están expuestos al sol y la lluvia. –Requiere más material que el techo a un agua ▶ más costoso que el techo a un agua.</p>
<p>Techo a cuatro aguas</p> 	<p>+ Paredes mejor protegidas de la lluvia y el sol. +Cobertura de superficies pequeñas ▶ Menos presión. + Ausencia de borde.</p>	<p>–Requiere más material que el techo a dos aguas. –Es más costoso que el techo a dos aguas. –Es técnicamente más difícil de construir ▶ requiere trabajadores más especializados.</p>
<p>Techo abuhardillado</p> 	<p>+Fachadas principales protegidas de la lluvia y el sol. +Proporciona espacio en el ático para vivir o como almacenamiento.</p>	<p>–Los hastiales están expuestos al sol y la lluvia. –No se recomienda para áreas con fuertes vientos (puede resistir hasta un huracán categoría 4 en zonas urbanas y suburbanas). –Requiere más material que el techo a dos aguas ▶ más costoso que el techo a dos aguas. –Es técnicamente más difícil de construir requiere trabajadores más especializados.</p>

3.3.5. Ángulo de pendiente del techo

El ángulo de pendiente es un factor decisivo para asegurar la estanqueidad del agua del techo. La decisión sobre el ángulo de pendiente dependerá principalmente del tipo de materiales usados y de la exposición al viento, así como de la expectativa de precipitaciones en la zona.

Los casos estudiados se han calculado para los cuatro tipos de techos con ángulos de pendiente de 5°, 15°, 30° y 45° para comparar la resistencia éstos a la presión del viento, así como el nivel de estanqueidad (protección contra el agua).

La siguiente tabla muestra un resumen de las ventajas y desventajas de estos cuatro ángulos de pendiente. Para mayor información sobre cómo escoger el ángulo de pendiente en función de la velocidad del viento y las áreas de construcción, ver la Sección 3.4.

Tabla 37: Ventajas y desventajas de cada ángulo de pendiente

Ángulo de pendiente	+ Ventajas	- Desventajas
Ángulo de pendiente 5° (9%)	<ul style="list-style-type: none"> + Requerimiento mínimo de material. + Mínimo costo. + Es el mejor ángulo para que un techo a un agua resista la presión del viento. + Se puede caminar fácilmente sobre el techo. 	<ul style="list-style-type: none"> –Las láminas de zinc con esta pendiente no resistirán en zonas propensas a huracanes. –Es necesario añadir suplementos sobre las láminas de zinc superpuestas para proporcionar una buena protección frente la lluvia. Debe evitarse la superposición a lo largo de la pendiente del techo.
Ángulo de pendiente 15° (26%)	<ul style="list-style-type: none"> + Uso eficiente del material. + Bajo costo (un poco más alto que para el ángulo de 5°). + Es el mejor ángulo para que los techos a dos aguas y a cuatro aguas resistan la presión del viento. + Se puede caminar fácilmente sobre el techo. 	<ul style="list-style-type: none"> Es necesario garantizar una buena superposición de las láminas de zinc para proporcionar una buena protección contra la lluvia.
Ángulo de pendiente 30° (58%)	<ul style="list-style-type: none"> + Buena protección frente a la lluvia. + Buen ángulo para que los techos a dos aguas y cuatro aguas resistan la presión del viento. 	<ul style="list-style-type: none"> –Es difícil caminar sobre el techo ▶ Se deben aumentar las medidas de seguridad durante la construcción. –Requiere más material. –Cuesta más que hacer una pendiente de 15°.
Ángulo de pendiente 45° (100%)	<ul style="list-style-type: none"> + La mejor protección frente a la lluvia. + No proporciona una resistencia al viento ideal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Difícil de caminar sobre el techo ▶ Se deben aumentar las medidas de seguridad durante la construcción. –Requiere más material. –Cuesta más que hacer una pendiente de 30°.

Las chapas onduladas de hierro galvanizado (lámina de zinc) pueden tener un ángulo de entre 5° (9%) y 45° (100%) en función de su uso prioritario y el desempeño requerido. Los ángulos de pendiente menores generalmente son más resistentes al viento, pero más difíciles para asegurar la estanqueidad de la cubierta.

Mientras más elevado sea el ángulo de pendiente, mayor será la cantidad de material usado y mayor la dificultad de construcción.

La decisión dependerá de la situación del clima en la zona y los recursos disponibles.



Para asegurar una buena estanqueidad de la cubierta de lámina de zinc, se recomienda un ángulo mínimo de pendiente de 15° (26%), excepto para el techo a un agua (ver en esta misma página “Caso especial: techo a un agua”).

Para un techo con un ángulo de pendiente menor a 15° se recomienda usar suplementos adicionales de remate para así aumentar la superposición a lo ancho de las chapas y evitar la superposición a lo largo del pendiente techo.

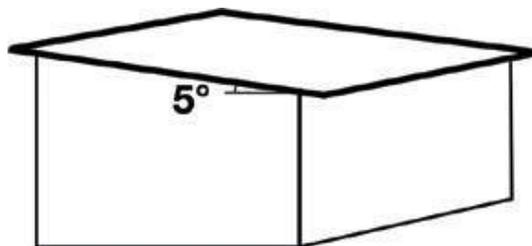
Otra solución es usar chapas acanaladas. Cuando se usan chapas acanaladas de acero galvanizado con canales de entre 25 y 35 mm, el ángulo de la pendiente del techo puede reducirse a $8,5^\circ$ (15%) en las áreas expuestas a los vientos fuertes y la lluvia, y a 4° (7%) en otras áreas.

En el Anexo 6, “Pitch of the roof in degrees, percentage and dimensions” se explica cómo construir el ángulo de pendiente.

“Caso especial”: techo a un agua

El ángulo de pendiente del techo tiene un papel fundamental en el diseño de las dimensiones de los elementos del techo, especialmente en la conexión entre las vigas y el travesaño superior.

Mientras más elevado sea el ángulo de pendiente, más fuertes serán las fuerzas horizontales sobre los soportes. Este aspecto tiene poca influencia en los techos a dos aguas y a cuatro aguas puesto que tienen una estructura



Techo a un agua con un ángulo de pendiente de 5° .

simétrica y por ello las cargas se distribuyen de forma casi simétrica y las fuerzas horizontales permanecen bajas.

En cuanto al techo a un agua, éste no tiene una estructura simétrica y por ello las fuerzas horizontales aumentan significativamente cuando el ángulo de pendiente aumenta. Además, dado que los anclajes antihuracanes no suelen estar diseñados para resistir grandes fuerzas horizontales, resulta bastante difícil proporcionar un anclaje seguro para la estructura del techo.



El ángulo de pendiente del techo a un agua no debe exceder los 15°

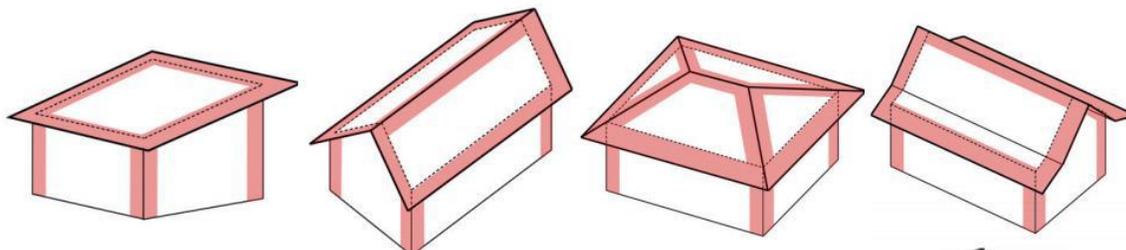


El ángulo de pendiente de 5° es el mejor ángulo para resistir la presión del viento, pero no para la estanqueidad (protección contra el agua) de la cubierta. Para asegurar la estanqueidad de la cubierta del techo, se debe aumentar la superposición de las láminas de zinc tal y como se explica en la Sección D: Guía de instalación. Otra opción es usar chapas acanaladas con canales de entre 25 mm y 35 mm

3.3.6. Detalles de los techos

Es importante señalar que las partes más débiles de la estructura del techo (los aleros, los bordes, las limatesas y las cumbreras) están sujetas a una fuerte presión del viento independientemente de la forma del techo.

Las siguientes ilustraciones muestran las áreas de máxima presión del viento (en color rosa) en las 4 distintas formas de techo.

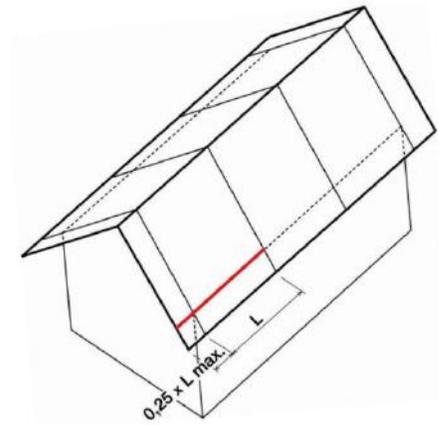


Áreas de máxima presión del viento en las distintas formas de techos.

Por este motivo es importante tomar medidas para asegurar bien los bordes y los aleros.

Borde:

La succión sobre el borde es más elevada que sobre el alero y el resto del techo. Por ello los bordes son los que resisten las fuerzas más elevadas.



La presión del viento sobre el borde puede ser 3 veces mayor que sobre los otros extremos del techo. Al reducir la longitud del borde se disminuye el momento de flexión del soporte donde la viga cumbrera está unida con el hastial y se fortalece la resistencia del techo a las fuerzas del viento.

Para minimizar el momento de flexión en el soporte (donde la viga cumbrera está unida con el hastial), la longitud máxima del borde debe ser menor al 25% de la distancia entre las cerchas.

Ejemplos:

- **Tamaño del alojamiento:**

3 x 6 m con un techo a dos aguas, distancia entre las cerchas = 2,00 m ▶ el borde debe ser < 50 cm (borde máximo = $0,25 \times 2,00 = 0.50$ m).

- **Tamaño del alojamiento:**

3 x 6 m con un techo a dos aguas, distancia entre las cerchas = 3.00 m ▶ el borde debe ser < 75 cm (borde máximo = $0.25 \times 3.00 = 0.75$ m).

▶ Un techo a dos aguas con un borde y saliente de alero de 20 cm puede resistir un huracán categoría 3, mientras que el mismo techo sin borde (borde = 0) puede resistir un huracán Categoría 4.

La decisión de elegir un borde corto o largo dependerá de varios factores como el clima local, las preferencias culturales, los materiales de frizado o revestimiento de las paredes y la velocidad básica del viento en la zona donde el alojamiento está ubicado.

La siguiente tabla resume las principales ventajas y desventajas de los bordes cortos y largos para ayudar a decidir qué tipo de borde es el más apropiado para el alojamiento en un contexto determinado.

Tabla 37: Ventajas y desventajas de los bordes cortos y largos

	+ Ventajas	- Desventajas
Sin borde	+Reduce significativamente el efecto de levantamiento en el techo.	– No protege las paredes frente al viento y la lluvia.
Borde corto	+Reduce el efecto de levantamiento en el techo.	– Proporciona poca protección a las paredes.
Borde largo	+ Protege las paredes frente al viento y la lluvia. + Proporciona sombra.	– Aumenta significativamente el efecto de levantamiento en el techo.



Si el alojamiento está ubicado en una zona propensa a los fuertes vientos o huracanes y en un terreno expuesto, el borde debe ser tan corto como sea posible. Se recomienda un borde de un máximo de 20 cm.

Alero:

La presión del viento sobre la saliente del alero es igual a la presión aplicada a la pared conectada directamente con el alero, sumada a la presión definida para el borde del techo.



La presión del viento sobre la saliente del alero puede ser 2 veces mayor que la presión sobre el borde del techo.

Mientras más longitud tenga la saliente del alero, más fuerte será la fuerza sobre las vigas. Reducir la longitud de la saliente del alero, por lo menos en el lado de cara al viento preponderante, reducirá el momento de flexión del soporte, donde la viga está conectada al travesaño superior, y fortalecerá la resistencia del techo a las fuerzas del viento.

Si se desea o se necesita tener aleros en el techo, será necesario disminuir el espacio entre las vigas para distribuir mejor las cargas, así como aumentar la resistencia y el tamaño de los anclajes antihuracanes para garantizar una unión fuerte al travesaño superior y fortalecer la estructura del techo para resistir la presión del viento.



Mientras más corta sea la saliente del alero, más resistencia tendrá el techo a los vientos fuertes (a continuación, se presentan algunos ejemplos basados en estudios de caso de un alojamiento de 3 m x 6 m).



Ejemplos:

- Un techo a cuatro aguas con un alero de 80 cm puede resistir un huracán categoría 3, mientras que el mismo techo con un alero y un borde de 20 cm puede resistir un huracán categoría 4.
- Un techo a dos aguas con un alero y un borde de 50 cm puede resistir un huracán categoría 2, mientras que el mismo techo con un alero y un borde de 20 cm puede resistir un huracán categoría 3.

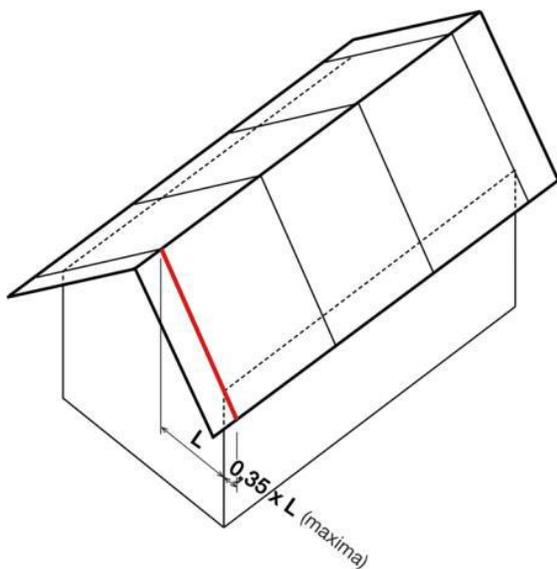


Para una resistencia óptima, la saliente de los aleros debe ser menor a un 35% de la longitud normal de la viga (longitud medida horizontalmente).



Ejemplos:

- Tamaño del alojamiento:
3x6 m con techo a dos aguas. $L = 3/2 = 1,50$ m
 - saliente de los aleros debe ser < 52 cm
(medida máxima de la saliente de los aleros = $0,35 \times 1,5 = 0,52$ m).
- Tamaño del alojamiento:
4 x 5 m con techo a cuatro aguas. $L = 4 / 2 = 2,00$ m
 - La saliente de los aleros debe ser < 70 cm
(medida máxima de la saliente de los aleros = $0,35 \times 2 = 0,70$ m).



La decisión de elegir un alero corto o largo dependerá de varios factores como el clima local, las preferencias culturales, los materiales de frisado o revestimiento de las paredes y la velocidad del viento en la zona donde el alojamiento está ubicado.

Las ventajas y desventajas de elegir un alero corto o largo son las mismas de las de los bordes explicadas en la Tabla 37.

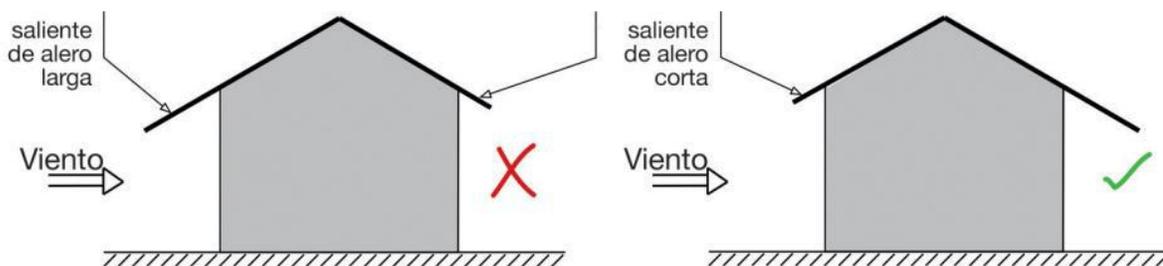
Longitud máxima de la saliente del alero.



Si el alojamiento está ubicado en una zona propensa a fuertes vientos o huracanes y en un terreno expuesto, el alero debe ser reducido tanto como sea posible. La saliente del alero debe tener 0,20 m de longitud como máximo.

Medidas para construir aleros seguros si éstos son necesarios para proteger las paredes contra las condiciones climáticas:

Si es necesario construir aleros para proteger las paredes exteriores contra la lluvia (como en el caso de paredes de adobe u otros materiales con poca resistencia al agua), se pueden tomar medidas para garantizar la resistencia del techo. En este sentido se requiere tomar este aspecto en cuenta durante las fases de planificación e implementación; puede llegar a resultar más costoso el procedimiento.



Saliente de alero corta y larga – Posición incorrecta y posición correcta



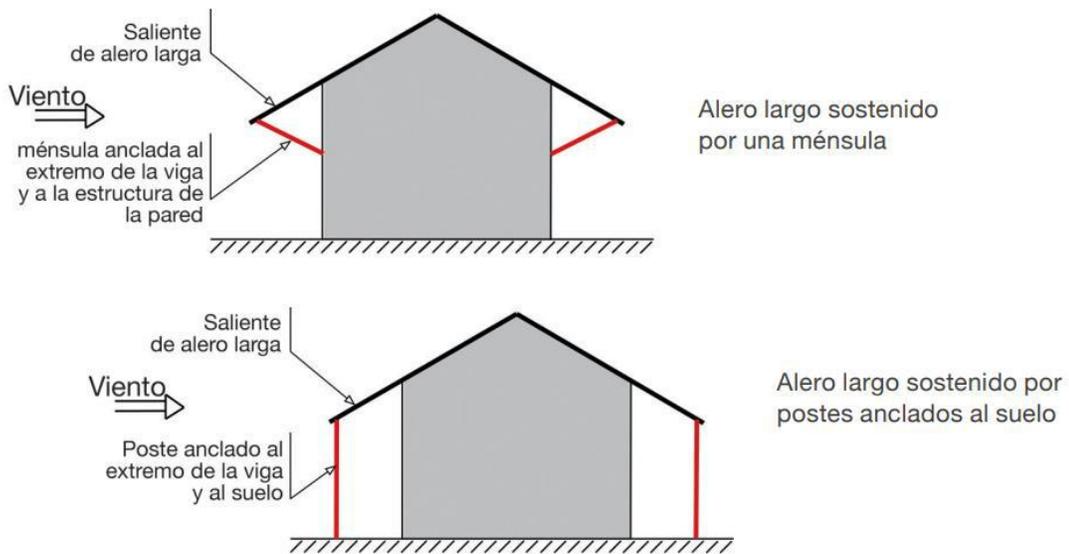
Si las paredes necesitan protección frente al clima, dejar salientes de alero largas y colocar una ménsula (soporte) al extremo de cada viga para proporcionar soporte adicional y mantener el techo en su lugar bajo la presión del viento.

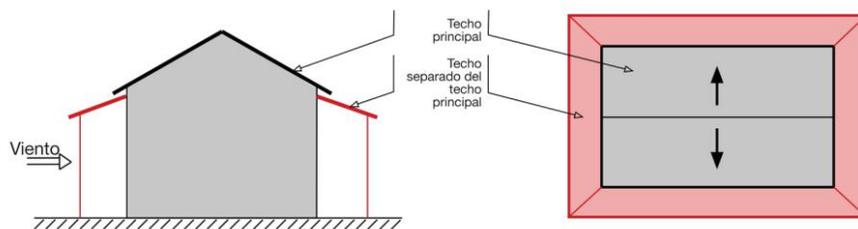
Las ménsulas para los aleros deben estar bien ancladas ya sea a la estructura de la pared o al suelo mediante un elemento aislado o anclajes para suelo. En ambos casos, se deben hacer cálculos para determinar el tipo de anclaje necesario en función de la presión del viento.

Si se cuenta con recursos suficientes, la construcción de una veranda alrededor del alojamiento con un techo separado del techo principal aporta varias ventajas. El techo principal debe tener aleros cortos para no estar sujeto a una presión adicional del viento que pueda poner en peligro toda la estructura. Al mismo tiempo, el techo de la veranda protegerá las paredes contra el mal tiempo y ofrecerá un espacio cubierto y con sombra. Incluso si el techo de la veranda se levanta o daña por la acción de vientos fuertes, el techo principal permanecerá seguro y protegerá la vivienda.

capítulo III Forma y ángulo de pendiente de los techos

3.3. Impacto de la presión del viento sobre los diferentes tipos de techo





Techo separado construido alrededor de la vivienda.

El techo de la veranda separado del techo principal puede proporcionar protección contra el sol y la lluvia sin comprometer la resistencia del techo de la vivienda.



Colocar postes de bambú en toda la longitud del techo y anclarlos al suelo o a la pared (con ménsulas de techo) puede proporcionar protección adicional contra los vientos fuertes.

La exposición del alojamiento al viento se puede disminuir plantando árboles pequeños (de 3 o 4 m de altura) o arbustos alrededor de la edificación, especialmente del lado a barlovento para que actúen como rompevientos. Es importante que haya una distancia entre los árboles y la vivienda como mínimo igual a la altura de los árboles para correr el riesgo de que éstos caigan sobre la vivienda.



Techo de veranda separado de la estructura principal.

Elementos sobre el techo:

Los elementos sobre el techo tales como chimeneas o ductos de ventilación están sujetos a un incremento de la presión del viento de 0 % hasta 200 %. Este incremento depende de la forma y el ángulo de pendiente del techo, así como de la ubicación del elemento, y se debe a la turbulencia creada por el elemento.

Ejemplos:

- Para un techo a un agua con un ángulo de pendiente de 5°, la presión del viento sobre estos elementos aumenta hasta un 100 % si estos están ubicados cerca del extremo superior del techo.
- Para un techo a dos aguas con un ángulo de pendiente de 30°, la presión del viento sobre estos elementos aumenta hasta un 50 % si estos están ubicados cerca de la cumbre.
- Para un techo a cuatro aguas con un ángulo de pendiente de 15° pitch, la presión del viento sobre estos elementos aumenta hasta un 66 % si estos están ubicados cerca de la cumbre.

Si es necesario instalar sobre el techo elementos como chimeneas o ductos de ventilación, entre otros, éstos deben colocarse cerca de la cumbre o del extremo superior del techo (en los techos a un agua) para mantener su altura al mínimo y, por consiguiente, mantener al mínimo las fuerzas que los afectan.

3.4 Selección del tipo de techo de acuerdo con la exposición (tipo terreno) y la velocidad del viento

El primer factor más importante a tener en cuenta en el diseño de un alojamiento, y especialmente en la selección de la forma y el ángulo de pendiente más apropiados, es el entorno o el tipo de terreno donde el alojamiento está ubicado y su exposición.

Este apartado ofrece información completa sobre el rendimiento de los diferentes tipos de techo en diferentes situaciones de exposición y sujetos a diferentes velocidades del viento.

La información proporcionada está basada en los cálculos de un estudio de caso de un modelo de alojamiento “cerrado” (con las aberturas distribuidas en tres de las cuatro paredes exteriores) de 3 x 6 m, con bordes y aleros de 45 cm, y una elevación del suelo de 75 cm (altura de la cumbre: 4 m). Los cálculos para la resistencia de todos los tipos de techo se hicieron en función de una estructura de techo construida con los siguientes materiales:

- Vigas: 38 x 89 mm / 2" x 4"
- Listones: 38 x 64 mm / 2" x 3"
- Espesor de la lámina de zinc: calibre 26 / 0,551 mm

- Tipo de elementos de fijación: clavos para techo de caña lisa (diámetro = 4,11 mm), clavos para techo de caña helicoidal (3,76 mm) y tornillos para techo (4,17 mm); longitud = 63 mm (2½”), según los requerimientos para resistir diferentes velocidades del viento.
- Profundidad de penetración de los elementos de fijación: 38 mm.

Las distancias entre las vigas y los listones, así como la cantidad de elementos de fijación fueron ajustadas en función del desempeño requerido para que la estructura del techo resistiera la presión del viento estimada en el tipo de terreno específico.

- Distancia entre las vigas (varía de 1,20 a 0,30 m)
- Distancia entre los listones (varía de 0,60 a 0,30 m)



Los cálculos se hicieron según las especificaciones de las láminas de zinc calibre 26 / espesor 0,551 mm. Si se busca obtener la misma resistencia con lámina de zinc más delgadas, es necesario aumentar la cantidad de los listones de soporte, así como de los elementos de fijación y considerar el uso de arandelas adicionales dependiendo de la exposición del emplazamiento.



Filipinas: modelo de alojamiento usado como base para los cálculos (IFRC-SRU).



La selección de la forma y el ángulo de pendiente del techo en este estudio está basada únicamente en los efectos del viento (presión del viento). No se han considerado las cargas de nieve. Por ello este estudio no es válido en regiones donde hay nieve presente y ésta se considera un valor predominante para calcular las dimensiones de los elementos estructurales.

Las tablas que se muestran a continuación ofrecen indicaciones básicas para la resistencia de cada tipo de techo a una exposición “típica” del emplazamiento¹⁷, desde la exposición más baja hasta la más alta:

- Terreno categoría IV: zonas urbanas con edificios altos.
- Terreno categoría III: zonas suburbanas o rurales con cubierta de vegetación.
- Terreno categoría II: zonas rurales con poca vegetación.
- Terreno categoría 0: zonas costeras expuestas a mar abierto.

La resistencia del techo para cada tipo de terreno ha sido calculada para seis velocidades de viento diferentes¹⁸, tormentas tropicales y huracanes de categorías 1, 2, 3, 4 y 5. Los techos luego son comparados para cada situación de exposición en función de los siguientes criterios:

- El ángulo de pendiente para una forma de techo específica, puesto que éste influye sobre la estabilidad y la resistencia al viento, la facilidad de construcción y la cantidad de materiales necesarios.
- La técnica o el nivel de pericia técnica requerido para construir una forma de techo específica, ya que afecta directamente el tiempo de implementación y la calidad: básica, promedio, alta.
- La cantidad de material requerido, ya que tiene consecuencias directas sobre la logística y el costo: muy bajo, bajo, promedio, alto, muy alto, excesivo.
- El tipo de elementos de fijación recomendado, puesto que es fundamental garantizar que las láminas de zinc estén bien sujetas para resistir la presión del viento estimada, además de que la selección de estos elementos repercute directamente sobre el costo y tiempo de la instalación (precio y número de elementos de fijación): clavos para techo (de caña lisa y de caña helicoidal) o tornillos para techo¹⁹.

¹⁷ Basada en el Erocódigo 1

¹⁸ Basadas en la escala de Simpson-Saffir. Ver el anexo 3: Cyclone categories and sustained wind speed (Categorías de ciclones y velocidad sostenida del viento)

¹⁹ La Sección D ofrece más información sobre el número de elementos de fijación y el espaciado entre los listones y las vigas

3.4.1. Zona Urbana

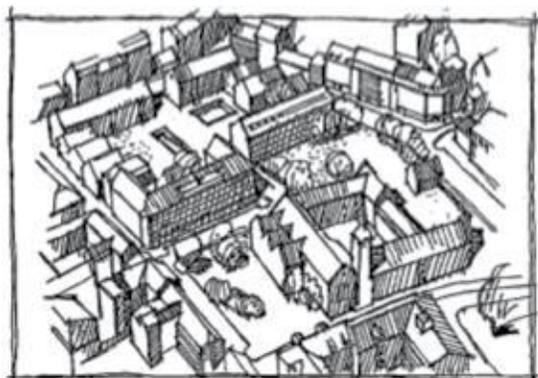
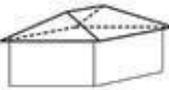
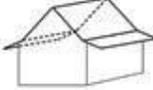
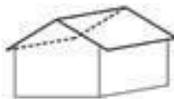
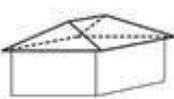
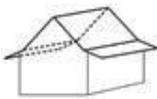


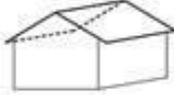
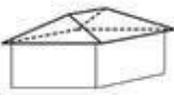
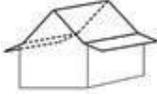
Tabla 38: Formas y ángulos de pendiente de techo más apropiados para zonas urbana

Velocidad del viento < 119 km/h (tormenta tropical)	Techo a un agua	Techo a dos aguas	Techo a cuatro aguas	Techo abuhardillado
Ángulo de pendiente	$5^\circ \leq \text{ángulo de pendiente} \leq 15^\circ$	$5^\circ \leq \text{ángulo de pendiente} \leq 45^\circ$	$5^\circ \leq \text{ángulo de pendiente} \leq 45^\circ$	<p>Ángulo de pendiente inferior = 15°</p> <p>Ángulo de pendiente superior = 45°</p>
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Bajo-promedio	Promedio	Promedio	Promedio
Elementos de fijación	Se pueden usar clavos para techo de caña lisa, pero requerirá el doble de la cantidad para alcanzar la misma resistencia que los clavos de caña helicoidal. Con los tornillos para techo se necesitará la mitad de la cantidad que se necesitaría con clavos para techo de caña helicoidal (con algunas variaciones según el tipo de techo). El Formulario para cálculos de techos del anexo 7 se puede usar para verificar el tipo de elemento más eficaz según el caso específico.			

Tabla 38: Formas y ángulos de pendiente de techo más apropiados para zonas urbanas

Velocidad del viento < 154 km/h (huracán categoría 1)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	ángulo de pendiente = 5°	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45°	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45°	Ángulo de pendiente inferior = 15° Ángulo de pendiente superior = 45°
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Promedio	Promedio	Promedio	Alto
Elementos de fijación	Clavos para techo de caña lisa, clavos para techo de caña helicoidal o tornillos para techo; la cantidad de clavos para techo es 40% mayor para el techo a dos aguas.		Clavos para techo (caña lisa o helicoidal) / tornillos.	

Velocidad del Viento < 178 km/h (huracán categoría 2)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	ángulo de pendiente = 5°	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45°	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45°	Ángulo de pendiente inferior = 15° Ángulo de pendiente superior = 45°
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Alto	Alto	Alto	Alto
Elementos de fijación	En zonas de huracanes de categoría 2 y 3 no se deben usar clavos para techo de caña lisa. Se recomiendan los clavos para techo de caña helicoidal o los tornillos para techo.			

Velocidad del viento < 209 km/h (huracán categoría 3)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	ángulo de pendiente = 5°	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45° Mejor relación desempeño/costo con un ángulo de 15°	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45°	Ángulo de pendiente inferior = 15° Ángulo de pendiente superior = 45°

Pericia requerida	Básica	Promedio	Alta	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto*
Elementos de fijación	Se recomienda el uso de tornillos para techo.	En zonas de huracanes de categoría 2 y 3 no se deben usar clavos para techo de caña lisa. Se recomiendan los clavos para techo de caña helicoidal o los tornillos para techo.		

* Gran cantidad de material ▶ precio elevado.

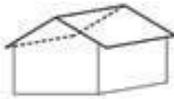
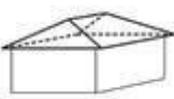
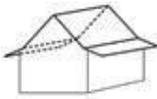
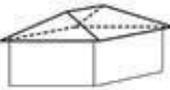
Velocidad del viento < 252 km/h (huracán categoría 4)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 4 o superior	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$ Mejor relación desempeño/costo con un ángulo de 15°	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$	ángulo de pendiente inferior = 15° ángulo de pendiente superior = 45° con borde = 0 cm
Pericia requerida		Promedio	Alta	Avanzada
Costo/cantidad de materiales		Muy Alto	Alto	Muy Alto*
Elementos de fijación		Se recomienda el uso de tornillos para techo.		

Tabla 38: Formas y ángulos de pendiente de techo más apropiados para zonas urbanas

Velocidad del viento < 280 km/h (huracán categoría 5)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 4 o superior	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$ con saliente de alero = 30 cm y borde = 0 cm	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$	En teoría un techo abuhardillado con un ángulo de pendiente de 15° podría resistir un huracán categoría 5; sin embargo, la dificultad en la construcción y la cantidad hacen que esta sea una opción inviable.
Pericia requerida		Promedio	Avanzada	
Costo/cantidad de materiales		Muy Alto	Alto	
Elementos de fijación		Uso obligatorio de tornillos para techo.		



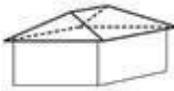
En situaciones de exposición urbanas el techo a dos aguas es por general la mejor opción en cuanto a la relación desempeño/precio. El techo a cuatro aguas tiene una resistencia mayor al viento, pero como en esta situación de exposición no es necesario, se puede ahorrar el esfuerzo adicional que representa construir una estructura más compleja.

3.4.2. Zonas suburbanas y rurales con cubierta de vegetación



*** El techo a dos aguas requiere una cantidad un tanto menor de clavos para techo que el techo a cuatro aguas, pero el techo a cuatro aguas permite un espaciado mayor entre las vigas y por ende requiere menos material para la estructura del techo. En cuanto al techo abuhardillado, requiere el mismo espaciado entre las vigas que el del techo a dos aguas y aproximadamente la misma cantidad de elementos de fijación que el techo a cuatro aguas. Si se usan clavos para techo de caña lisa, la cantidad de clavos se debe duplicar.

Tabla 39: Formas y ángulos de pendiente de techo más apropiados para zonas suburbanas y rurales con cubierta de vegetación

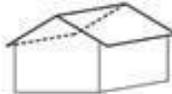
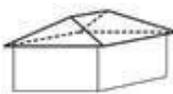
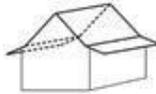
Velocidad del viento < 119 km/h (tormenta tropical)	Techo a un agua	Techo a dos aguas	Techo a cuatro aguas	Techo abuhardillado
				
Ángulo de pendiente	$5^\circ \leq \text{ángulo de pendiente} \leq 15^\circ$ *	$5^\circ \leq \text{ángulo de pendiente} \leq 45^\circ$ ángulo ideal entre 15° y 30° **	$5^\circ \leq \text{ángulo de pendiente} \leq 45^\circ$	Ángulo de pendiente inferior = 15° Ángulo de pendiente superior = 45°
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada

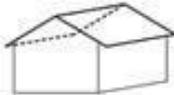
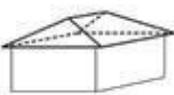
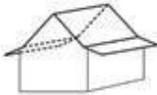
Costo/cantidad de materiales	Bajo	Promedio	Promedio	Promedio
Elementos de fijación	Se pueden usar clavos para techo de caña lisa, pero requerirá el doble de la cantidad para alcanzar la misma resistencia que los clavos de caña helicoidal. Con los tornillos para techo se necesitará la mitad de la cantidad que se necesitaría con clavos para techo de caña helicoidal (con algunas variaciones según el tipo de techo).			

* Para un ángulo de pendiente = 15°, el borde debe tener un máximo de 30 cm.

** Mejor relación desempeño/precio en un ángulo de pendiente de entre 15° y 30°.

Tabla 39: para zonas suburbanas y rurales con cubierta de vegetación

Velocidad del viento < 178 km/h (huracán categoría 2)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	ángulo de pendiente = 5°	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45° *	ángulo de pendiente ≤ 30°	ángulo de pendiente inferior = 15° / ángulo de pendiente superior = 45°
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Muy Alto	Muy alto	Alto	Muy Alto
Elementos de fijación	Clavos para techo de caña helicoidal. Se recomienda el uso de tornillos para techo			

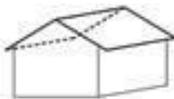
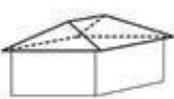
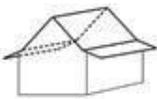
Velocidad del viento < 209 km/h (huracán categoría 3)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	ángulo de pendiente = 5°*	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45° *	ángulo de pendiente ≤ 30°	ángulo de pendiente inferior = 15° / ángulo de pendiente superior = 45°**
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Muy Alto	Muy alto	Alto	Muy Alto
Elementos de fijación	Tornillos para techo con arandelas anchas.	Clavos para techo de caña helicoidal o tornillos para techo.		

* Con un alero máx. de 30 cm y borde = 0 cm ▶ muy fácil de construir.

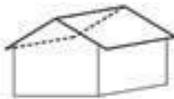
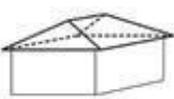
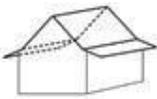
** Ángulo de pendiente ideal = 15° ▶ pero no muy práctico de construir.



En zonas suburbanas y rurales con cubierta de vegetación que han experimentado huracanes categoría 3 en los últimos 50 años no se recomienda construir techos a un agua o abuhardillados. Para resistir un huracán categoría 3 o mayor se requerirán más materiales para la estructura del techo que para un techo a cuatro aguas (con un espaciado entre las vigas de 0,45 m para un techo a dos aguas y de 0,60 m para un techo a cuatro aguas).

Velocidad del viento < 252km/h (huracán categoría 4)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 4 o superior	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$ *	ángulo de pendiente $\leq 30^\circ$	ángulo de pendiente inferior = 15° / ángulo de pendiente superior = 45° **
Pericia requerida		Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales		Muy alto	Alto	Excesivo**
Elementos de fijación		Clavos de caña helicoidal o tornillos para techo (todos con arandelas anchas).		Se recomiendan tornillos para techo

* Con un alero máx. de 30 cm y borde = 0 cm; o ángulo de pendiente = 15° ; con un alero máx. de 20 cm y borde = 20 cm. ** Con borde = 0 cm *** No es eficaz para resistir huracanes de categoría 4.

Velocidad del viento < 280 km/h (huracán categoría 5)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 5	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$ con saliente de alero = 30 cm y borde = 0 cm	ángulo de pendiente $\leq 30^\circ$	El techo abuhardillado no es eficaz para resistir un huracán categoría 5
Pericia requerida		Promedio	Avanzada	

Costo/cantidad de materiales		Excesivo	Muy Alto	
Elementos de fijación		Tornillos para techo con arandelas de cierre muy anchas.		

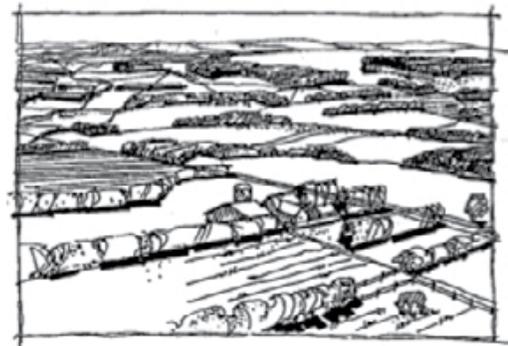


▸ La distancia entre listones debe ser 0,60 m (ver la Sección D para más información). El techo a cuatro aguas puede ser la mejor opción en esta situación de exposición si es apropiado en términos culturales.

3.4.2. Área rural con poca vegetación

Terreno categoría II:

Zona con poca vegetación (césped) y obstáculos dispersos (árboles, edificios) con separaciones de al menos 20 veces la altura de los obstáculos.



Zona rural con poca vegetación

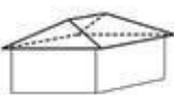
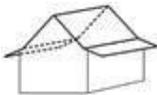
Tabla 40: Formas y ángulos de pendiente de techo más apropiados para zonas rurales con poca vegetación

Velocidad del viento < 119 km/h (tormenta tropical)	Techo a un agua	Techo a dos aguas	Techo a cuatro aguas	Techo abuhardillado

Ángulo de pendiente	ángulo de pendiente = 5°*	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45° *	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45° **	ángulo de pendiente inferior = 15° / ángulo de pendiente superior = 45°
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Alto	Promedio	Promedio	Alto
Elementos de fijación	Se pueden usar clavos para techo de caña lisa, pero requerirá el doble de la cantidad para alcanzar la misma resistencia que los clavos de caña helicoidal. Con los tornillos para techo se necesitará la mitad de la cantidad que se necesitaría con clavos para techo de caña helicoidal (con algunas variaciones según el tipo de techo).			

* Mejor relación desempeño/precio en un ángulo de pendiente de entre 15° y 30°.

** Mejor relación desempeño/precio en un ángulo de pendiente de menos de 30°.

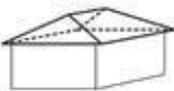
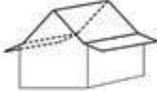
Velocidad del viento < 178 km/h (huracán categoría 2)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	ángulo de pendiente = 5°*	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45° **	ángulo de pendiente ≤ 30° ***	ángulo de pendiente inferior = 15° / ángulo de pendiente superior = 45°
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Elementos de fijación	Clavos de caña helicoidal o tornillos para techo con arandelas de cierre anchas.			

*Con alero=45 cm y borde =0

**Mejor relación desempeño/precio en un ángulo de pendiente de unos 15°

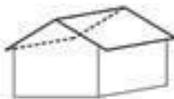
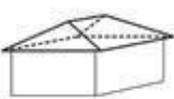
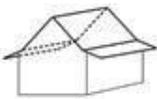
***Mejor relación desempeño/precio en un ángulo de pendiente de menos de 30°

Tabla 40: Formas y ángulos de pendiente de techo más apropiados para zonas rurales con poca vegetación

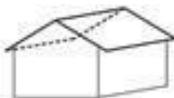
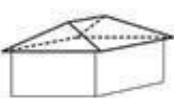
Velocidad del viento < 209 km/h (huracán categoría 3)	Techo a un agua	Techo a dos aguas	Techo a cuatro aguas	Techo abuhardillado
				
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 3 o mayor	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$ *	ángulo de pendiente $\leq 30^\circ$	ángulo de pendiente inferior = 15° / ángulo de pendiente superior = 45° **
Pericia requerida		Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales		Muy Alto	Muy Alto	Excesivo**
Elementos de fijación		Se recomienda el uso de tornillos para techo con arandelas de cierre anchas.		

* Con alero = 20 cm, borde = 20 cm. ** Con alero = 20 cm, borde = 0 cm.

*** El techo abuhardillado no es eficaz para resistir huracanes categoría 3.

Velocidad del viento < 252 km/h (huracán categoría 4)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 4	$15^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 30^\circ$ *	ángulo de pendiente $\leq 30^\circ$	No puede resistir un huracán categoría 4
Pericia requerida		Promedio	Avanzada	
Costo/cantidad de materiales		Excesivo	Muy Alto	
Elementos de fijación		Es obligatorio usar tornillos para techo con arandelas de cierre muy anchas.		

*Con alero =20 cm y borde =0 cm

Velocidad del viento < 280 km/h (huracán categoría 5)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 5	$15^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 30^\circ$ *	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$	No puede resistir un huracán categoría 5
Pericia requerida		Promedio	Avanzada	
Costo/cantidad de materiales		Excesivo	Excesivo	

Elementos de fijación		Es obligatorio usar tornillos para techo con arandelas de cierre muy anchas.	
------------------------------	--	--	--

*Con saliente de alero = 20 cm y borde = 0 cm

En zonas rurales con poca vegetación no se recomienda la construcción de techos a un agua o abuhardillados si la velocidad básica del viento registrada para el país (ver Anexo 4) está entre los 178 km/h y los 209 km/h, o lo que es lo mismo, corresponde a huracanes de categoría 3. Por ejemplo, este es el caso de las Filipinas, Bangladesh, Vanuatu y Fiji, pero también de Mali (ver Anexo 4 para la lista completa de países).



Para resistir un huracán categoría 3 o mayor, la construcción del techo a dos aguas requerirá más materiales para la estructura que la del techo a cuatro aguas, ya que en este último el espaciado entre las vigas puede ser menor. El techo a cuatro aguas puede ser la mejor opción en esta situación de exposición si es culturalmente apropiado para el contexto.

3.4.3. Zona costera

Terreno categoría 0: zona costera o marítima expuesta a mar abierto



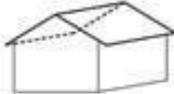
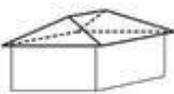
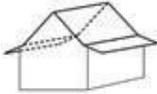
Tabla 41: Formas y ángulos de pendiente de techo más apropiados para zonas costeras

Velocidad del viento < 119 km/h (tormenta tropical)	Techo a un agua	Techo a dos aguas	Techo a cuatro aguas	Techo abuhardillado
Ángulo de pendiente	ángulo de pendiente = 5°	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45° **	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45° *	ángulo de pendiente inferior = 15° / ángulo de

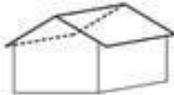
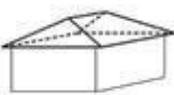
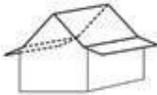
				pendiente superior = 45°
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Alto	Promedio	Promedio	Alto
Elementos de fijación	Clavos de caña helicoidal o tornillos para techo ***			

* Mejor relación desempeño/precio en un ángulo de pendiente de menos de 30°. ** Mejor relación desempeño/precio en un ángulo de pendiente de 15°.

*** Se pueden usar clavos para techo de caña lisa, pero requerirá el doble de la cantidad para alcanzar la misma resistencia que los clavos de caña helicoidal. Con los tornillos para techo se necesitará la mitad de la cantidad que se necesitaría con clavos para techo de caña helicoidal (con algunas variaciones según el tipo de techo).

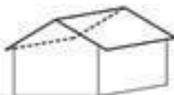
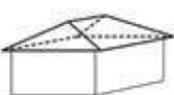
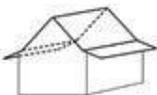
Velocidad del viento < 154 km/h (huracán categoría 1)	Techo a un agua	Techo a dos aguas	Techo a cuatro aguas	Techo abuhardillado
				
Ángulo de pendiente	ángulo de pendiente = 5°*	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 45°	5° ≤ ángulo de pendiente ≤ 30°	ángulo de pendiente inferior = 15° / ángulo de pendiente superior = 45°
Pericia requerida	Básica	Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales	Muy Alto	Alto	Promedio	Muy Alto
Elementos de fijación	Clavos de caña helicoidal o tornillos para techo **			

* Con alero = 45 cm y borde = 0 cm.

Velocidad del viento < 178 km/h (huracán categoría 2)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 2 o mayor	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$ *	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 30^\circ$	ángulo de pendiente inferior= 15° / ángulo de pendiente superior = 45° **
Pericia requerida		Promedio	Avanzada	Avanzada
Costo/cantidad de materiales		Muy Alto	Alto	Excesivo
Elementos de fijación	Se recomienda el uso de tornillos para techo con arandelas de cierre anchas.			

* Con alero = 20 cm y borde = 20 cm.

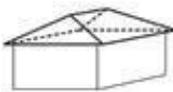
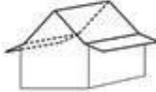
** Con alero = 30 cm y borde = 0 cm.

Velocidad del viento < 209 km/h (huracán categoría 3)	Techo a un agua 	Techo a dos aguas 	Techo a cuatro aguas 	Techo abuhardillado 
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 3	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 45^\circ$ *	$5^\circ \leq$ ángulo de pendiente $\leq 30^\circ$	No puede resistir un huracán categoría 3
Pericia requerida		Promedio	Avanzada	
Costo/cantidad de materiales		Muy Alto	Alto	

Elementos de fijación		Se recomienda el uso de tornillos para techo con arandelas de cierre anchas.	
------------------------------	--	--	--

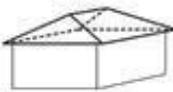
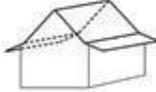
* Con alero = 20 cm y borde = 0 cm.

Tabla 41: Formas y ángulos de pendiente de techo más apropiados para zonas costeras

Velocidad del viento < 252 km/h (huracán categoría 4)	Techo a un agua	Techo a dos aguas	Techo a cuatro aguas	Techo abuhardillado
				
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 4	$15^\circ \leq \text{pitch} \leq 30^\circ$ *	$5^\circ \leq \text{pitch} \leq 30^\circ$ **	No puede resistir un huracán categoría 4
Pericia requerida		Promedio	Avanzada	
Costo/cantidad de materiales		Excesivo	Muy Alto	
Elementos de fijación		Es obligatorio usar tornillos para techo con arandelas de cierre muy anchas.		

* Con alero = 20 cm y borde = 0 cm

**Con alero = 20 cm (máx.)

Velocidad del viento < 280 km/h (huracán categoría 5)	Techo a un agua	Techo a dos aguas	Techo a cuatro aguas	Techo abuhardillado
				
Ángulo de pendiente	No puede resistir un huracán categoría 5	No puede resistir un huracán categoría 5	$5^\circ \leq \text{pitch} \leq 30^\circ$ *	No puede resistir un huracán categoría 5
Pericia requerida			Avanzada	
Costo/cantidad de materiales			Excesivo	

<p>Elementos de fijación</p>			<p>Es obligatorio usar tornillos para techo con arandelas de cierre muy anchas.</p>	
-------------------------------------	--	--	---	--

* Con alero = 20 cm (máx.)

En zonas costeras (o áreas abiertas sin ninguna cubierta de vegetación), los techos a un agua o los techos abuhardillados no son una opción eficaz ya que requieren grandes cantidades de materiales para que los techos resistan las tormentas tropicales.



Hasta un huracán categoría 2 el techo a dos aguas es la opción menos costosa. Para una resistencia a huracanes categoría 3 y 4 el techo a cuatro aguas proporciona el mejor desempeño con un precio similar, mientras que sólo el techo a cuatro aguas puede resistir un huracán categoría 5.

Lo más recomendable es evitar construir en zonas con una exposición tan elevada. Si esto no es posible, el modelo de alojamiento usado para los cálculos del estudio de caso no se recomienda para estas zonas. En este caso la estructura del techo tiene que ser más resistente (con vigas y listones de mayor diámetro), las láminas de zinc deben ser más gruesas, los tornillos para techo deben ser más largos y se tienen que instalar anclajes antihuracanes.



Las Filipinas: deslizamiento de una vivienda tras el paso del tifón Haima, 2016. (Ver el efecto de deslizamiento en la Sección C.1). (IFRC-SRU).



Resumen Práctico del capítulo III

La presión del viento sobre las paredes exteriores del alojamiento también puede aumentar o disminuir la presión del viento sobre el techo en función de la altura, las dimensiones y el tipo de material de las paredes. Por este motivo, la orientación, las dimensiones y el diseño del alojamiento deben ser correctos ya que todos estos aspectos contribuyen a disminuir la presión del viento sobre toda la estructura y sobre el techo en particular.

Los siguientes principios básicos de diseño ayudan a minimizar la presión del viento sobre las paredes y, por ende, sobre el techo:

- ➔ Diseñar el alojamiento de acuerdo con la exposición del emplazamiento y las velocidades comunes del viento donde será construido. La presión del viento sobre un alojamiento construido en una zona costera o una zona rural con poca vegetación es aproximadamente 1,5 veces más alta que sobre un alojamiento construido en una zona suburbana o rural con cubierta vegetal (rodeada de árboles).
- ➔ Orientar el alojamiento con el lado más angosto expuesto a la dirección principal del viento, con excepción de las viviendas con techo a un agua en las que el lado más amplio del alojamiento y la parte más baja del techo deben orientados hacia la dirección principal del viento.
- ➔ Calcular las dimensiones del alojamiento para mantener un radio longitud/ancho menor a 2 (ej. longitud 5 m / ancho 3 m = radio 1,6).
- ➔ Evitar construir un alojamiento elevado del suelo en el que la elevación sea mayor que la propia altura de la edificación e intentar mantener esta altura lo más baja posible.
- ➔ Diseñar los alojamientos “cerrados” con una distribución uniforme de las aberturas ayuda a reducir la presión interna del viento, por ello este tipo de alojamiento será más resistente al viento.
- ➔ Colocar puertas y ventanas a una distancia de al menos 1/5 de la longitud del alojamiento alejadas de las esquinas, puesto que la presión del viento es mayor en las esquinas y las aberturas son más débiles que las paredes.
- ➔ Mantener los salientes de los aleros y los bordes tan cortos como sea posible ya que la presión del viento es más fuerte en el perímetro del techo.

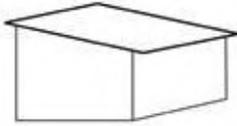
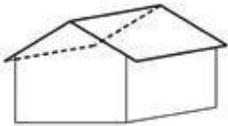
- ➔ Para garantizar la estanqueidad (protección contra el agua) de la cubierta de lámina de zinc se recomienda que el techo tenga un ángulo de pendiente mayor a 15°.

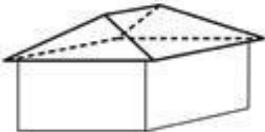
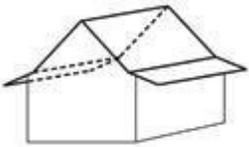
Además del nivel de resistencia al viento, todos los tipos de techo tienen ventajas y desventajas que se deben tomar en cuenta en la planificación y el diseño del alojamiento. Las preferencias culturales, modos de vida y esfuerzos de mantenimiento son también criterios importantes para escoger el tipo de techo. Con el fin de garantizar un techo seguro y funcional se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Exposición del terreno donde se construirá el alojamiento.
2. Velocidad básica del viento en el lugar del alojamiento (ver Anexo 4: Basic wind speed in various countries).
3. Estanqueidad de la cubierta del techo.

La siguiente tabla resume el estudio efectuado sobre un modelo de alojamiento “cerrado”, de 3 x 6 m (Para más información al respecto, ver el capítulo IV Selección del tipo de techo de acuerdo con la exposición (tipo de terreno) y la velocidad del viento).

Tabla 42: Resultados del estudio del modelo de alojamiento “cerrado”

Forma del techo	Resultados
<p>Techo a un agua</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Los techos a un agua son los menos resistentes a la presión del viento. • Ángulo de pendiente más efectivo: entre 5° y 15°. • Para ángulos de pendiente menores, se necesita prestar mucha atención a la resistencia al agua (estanqueidad) de la lámina de zinc (como se explica en la Sección 3.5). • En zonas urbanas, semiurbanas y rurales con cubierta de vegetación, este techo puede resistir un huracán categoría 3. • En zonas rurales con poca vegetación, puede resistir un huracán categoría 2. • En zonas costeras puede resistir un huracán categoría 1. • Se necesita un nivel de pericia básico para la construcción. • Requiere poca cantidad de materiales y por ello el costo es el más bajo.
<p>Techo a dos aguas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • El techo a dos aguas es el segundo tipo de techo más resistente a la presión del viento. • Ángulo de pendiente más efectivo: entre 15 y 30°. • Este tipo de techo puede resistir un huracán categoría 5 (máx. 280 km/h) si está bien instalado en zonas

	<p>suburbanas y rurales con cubierta de vegetación, así como en zonas rurales con poca vegetación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En zonas costeras puede resistir un huracán categoría 4. • Se necesita un nivel de pericia medio para la construcción. • No requiere tantos materiales y por ello tiene un costo promedio.
<p>Techo a cuatro aguas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • El techo a cuatro aguas es el más resistente a la presión del viento. • Ángulo de pendiente más efectivo: entre 15 y 30°. • Este tipo de techo puede resistir un huracán categoría 5 (máx. 280 km / h) en todos los entornos genéricos de exposición (urbano, suburbano, rural y costero). • Se necesita un nivel de pericia avanzado para la construcción. • Requiere más cantidad de materiales y por ello comparativamente el costo es más alto.
<p>Techo abuhardillado</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • El techo abuhardillado es el tercer tipo de techo más resistente a la • presión del viento. • En zonas urbanas, semiurbanas y rurales con cubierta de vegetación, este techo puede resistir un huracán categoría 4. • En zonas rurales con poca vegetación, puede resistir un huracán categoría 3. • En zonas costeras puede resistir un huracán categoría 2. • Se necesita un nivel de pericia avanzado para la construcción. • Requiere más cantidad de materiales y por ello el costo es alto.

Nota: los techos circulares no han sido considerados dentro de los cálculos ya que es muy difícil cubrir una estructura circular con chapas onduladas de hierro galvanizado (lámina de zinc) y lograr una buena estanqueidad de la cubierta. Este tipo de techos no son comunes en zonas afectadas por huracanes.

En teoría las estructuras de techo circulares podrían proporcionar una mejor resistencia al viento, pero lograr una buena cubierta del techo resultaría muy complicado.



Una vez que se ha decidido la forma y el ángulo de pendiente para el diseño del alojamiento, el Formulario para cálculos de techos del Anexo 7 ayudará a comprobar si la cubierta del techo del diseño será capaz de resistir la presión del viento en el contexto determinado y proporcionará una idea de la cantidad de materiales necesaria para construir el techo del alojamiento. El Anexo 5 ofrece una explicación sobre cómo usar el Formulario para cálculos de techos.

Consejos prácticos para proteger el alojamiento y el techo contra vientos fuertes:



- Mantener puertas y ventanas bien cerradas durante las tormentas fuertes; las contraventanas pueden brindar protección adicional. Si las puertas y ventanas se dejan abiertas, la presión del viento dentro de la edificación aumentará significativamente y puede causar grandes daños. Ver capítulo IV: Mantenimiento del techo y medidas de mitigación.
- Si no es posible cerrar bien puertas y ventanas, la segunda mejor opción es abrir todas las puertas y las ventanas, especialmente las que están unas frente a otras, para permitir el paso del viento (en este caso se recomienda desmontar las puertas y las ventanas y guardarlas en un lugar seguro ya que el viento podría arrancarlas de los marcos). También es prudente remover los tabiques interiores de la vivienda si es posible. Seguramente ocurrirán daños, pero serán menores que si se deja abierta una sola puerta o ventana y las otras se dejan cerradas.
- Atar la cubierta del techo al suelo o a las paredes, si éstas son fuertes y pueden soportar grandes cargas, para proporcionar anclaje adicional.



Ataduras improvisadas con alambre para asegurar las láminas de zinc y las vigas a la pared (IFRC-SRU).

CAPITULO IV

MANTENIMIENTO DEL TECHO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

En este capítulo se explican las medidas de mantenimiento que contribuyen a conservar las condiciones del techo y de la cubierta del techo para resistir fuertes vientos. Estas medidas deben aplicarse de manera regular especialmente antes de la temporada de huracanes. Asimismo, se pueden tomar algunas medidas de protección urgentes si hay una advertencia de huracán para asegurar mejor el techo y evitar un levantamiento.



Vietnam, ciclón Nari, 2013: se ha colocado troncos de bambú sobre la cubierta del techo para mantenerla em su sitio (© Shelter over head).

4.1. Mantenimiento del techo

Las viviendas necesitan un mantenimiento regular para evitar el deterioro de la estructura y mantener intacta la protección contra las condiciones climáticas. Revisar anualmente antes de la temporada de huracanes la estructura del techo (vigas, listones, viguetas, viga cumbrera, etc.) y todos los otros elementos estructurales de la edificación, ya sean de madera de construcción o de coco, de bambú o de metal puede reducir en gran medida el riesgo de daños en el techo y la cubierta del techo. También es importante revisar las contraventanas. En esta sección se describe detalladamente cómo revisar los elementos esenciales del techo. Para ello es importante verificar que:

- Los listones/soportes (de madera de construcción, madera de coco o de bambú) y otros elementos estructurales no tengan grietas, podredumbre o estén infestados de insectos o roedores.
- Las láminas de zinc no tengan corrosión u otros daños.
- Los elementos de fijación estén bien sujetos (y ajustarlos si es necesario).
- Los anclajes/correas antihuracanes no tengan corrosión y sus elementos de fijación estén bien apretados.
- Las canaletas estén limpias y bien sujetas.

4.1.1. Listones, vigas y otros elementos estructurales

Las láminas de zinc no pueden estar sujetas de forma segura si los listones, soportes o vigas no están en buenas condiciones, así como el techo no puede estar bien anclado al resto de la estructura de la edificación si los elementos que lo componen no están en buen estado. Antes de revisar el estado de las láminas de zinc, hay que asegurarse de que toda la estructura está en buen estado.

- Verificar que las partes del entramado del techo y los elementos estructurales no estén podridos o infestados de termitas u otros insectos que atacan la madera. Reemplazar cualquier elemento que esté podrido o infestado, y si hay algún elemento infestado de insectos, hacer un tratamiento a toda la estructura para que no se propague.
- Verificar que las partes del entramado del techo y los elementos estructurales no estén oxidadas. Las corrosiones ligeras se pueden remover (con un cepillo o una lija para metal) y los elementos afectados se pueden proteger con una pintura especial a base de zinc para los elementos de acero galvanizado y una pintura anticorrosiva para los que están fabricados de acero bruto.

4.1.2. Chapas onduladas de hierro galvanizado (láminas de zinc)

Inspeccionar las láminas de zinc anualmente ayudará a identificar cualquier punto débil que aumente el riesgo de filtraciones o de levantamiento de las láminas de zinc y así poder solucionarlo.

- Si las chapas onduladas de hierro o acero (galvanizado en caliente) tienen menos de un 5 % de óxido (unos 5-10 cm² de óxido dependiendo de la chapa) sobre el total de la superficie galvanizada, la base de hierro/acero no está comprometida y conserva su resistencia.



Remover el óxido superficialmente con una lija y aplicar una pintura a base de zinc en las partes corroídas de las láminas de zinc para extender su vida útil.

- Si las láminas de zinc están muy corroídas y ya tienen pequeños agujeros, entonces la base de acero está comprometida.
 - Sellar los agujeros con algún producto impermeabilizante (bitumen, flashing tape, sellador) para prevenir las filtraciones.
 - Intentar reemplazar las láminas de zinc corroídas tan pronto como sea posible.
- Revisar con atención los elementos de fijación para verificar la corrosión:
 - Si el área alrededor de los elementos de fijación está solo ligeramente corroída, se puede aplicar una pintura a base de zinc y reemplazar la arandela de goma por una arandela de cierre lo suficientemente ancha como para cubrir la parte corroída.
 - Si el área alrededor de los elementos de fijación está muy corroída, colocar el elemento de fijación en la onda siguiente y sellar el agujero con un producto impermeabilizante.

Pintar las chapas para extender su vida útil²⁰:

Pintar las láminas de zinc puede extender su vida útil (tal y como se menciona en el apartado 1.2.3 Espesor del recubrimiento y duración de las láminas de zinc). Sin embargo, dado que el recubrimiento de zinc de las láminas de zinc ofrece muy poca adherencia a la pintura, hay que preparar bien la superficie:

- Escoger el tipo de pintura apropiada, tal como acrílica, de vinilo o pintura epóxica para acero galvanizado. La disponibilidad de estas pinturas varía mucho según la región del mundo. Se recomienda ponerse en contacto con un proveedor local reconocido. Los proveedores de pinturas para barcos suelen tener conocimientos sobre el tema. Preparar bien la superficie para aumentar la adhesión de la pintura, usando alguno de estos dos métodos:

²⁰ Fuente: Zincinfo Benelux

► **Eliminación química de la oxidación:**

Limpiar la superficie con el producto recomendado para la pintura específica, enjuagarla y dejar secar para luego pintar.

► **Eliminación mecánica de la oxidación:**

Lijar suavemente las áreas corroídas y limpiar el polvo antes de pintar.

Seguir las instrucciones proporcionadas por el fabricante de la pintura sobre el método más apropiado.

Sellar pequeños agujeros con un producto impermeabilizante para prevenir o reducir la filtración:

- Si los agujeros son muy pequeños (solo un poco más grandes que el diámetro del elemento de fijación), se puede utilizar sellador de silicona. Hay que asegurarse de que el sellador de silicona usado sea resistente a las altas temperaturas y a los rayos ultravioleta (UV) y que se adhiera al metal.
- Para agujeros de un máximo de 5 cm / 2 pulgadas de ancho, se puede colocar una cinta de bitumen (flashing tape) sobre el agujero de la lámina de zinc. El óxido de la superficie debe ser removido antes de colocar la cinta.



La cinta de aluminio (sin recubrimiento autoadhesivo de bitumen) solo puede usarse sobre un recubrimiento de aluminio. Si se coloca esta cinta de aluminio sobre una lámina de zinc, se puede acelerar el proceso de corrosión.



Cinta de bitumen o betún (*bitumen flashing tape*)

4.1.3. Elementos de fijación de las láminas zinc

Revisar anualmente el estado de los elementos de fijación antes de la temporada de huracanes ayudará a mantener la resistencia a la fuerza del viento y a conservar la estanqueidad de la cubierta del techo.

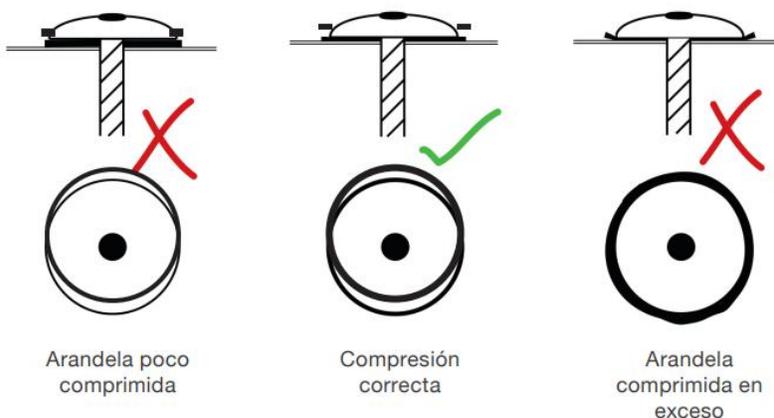
Clavos y tornillos para techo:

- Los elementos de fijación deben estar bien ajustados, pero no excesivamente. No debe quedar ningún espacio entre la cabeza del clavo/tornillo y la lámina de zinc. Esto es importante sobre todo durante el primer año de construcción en el que los soportes de madera pueden contraerse o torcerse. Después de un año es posible que haya que reajustar/apretar los elementos de fijación para que tengan un buen agarre y la arandela de goma quede comprimida apropiadamente.
- Se deben reemplazar todos los clavos, tornillos y otros elementos de fijación corroídos o con las cabezas dañadas.
- Las arandelas de goma/cierre deben estar comprimidas correctamente para que cumplan su función de impermeabilidad. Las siguientes ilustraciones muestran la compresión correcta de las arandelas. Si la arandela se comprime demasiado, se puede reducir su durabilidad, y si no se comprime lo suficiente, puede ocasionar alguna filtración.



Consejo práctico: después de la instalación, la arandela debe quedar inmóvil, que sea imposible de mover o rotar. La lámina de zinc sujeta por la arandela y el elemento de fijación no debe quedar deformada (con alguna abolladura).

- El elemento de fijación debe tener una arandela de goma a prueba de agua. Si la arandela está gastada o agrietada, se debe reemplazar por otra para evitar la filtración de agua



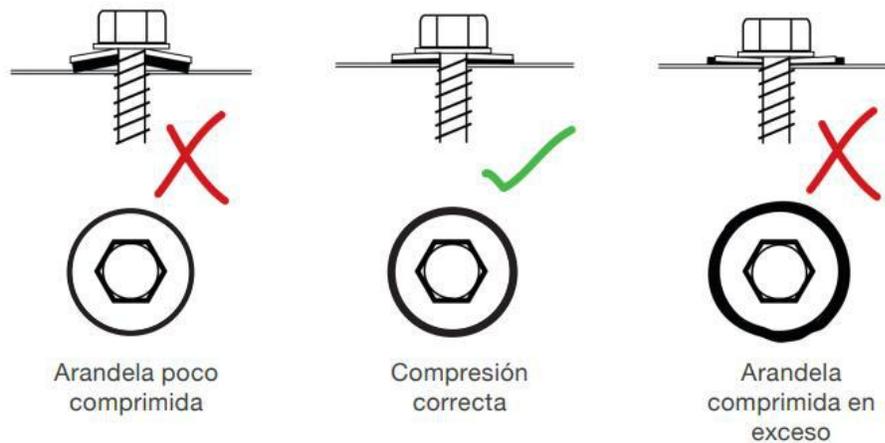


Ilustración superior: compresión de arandela de goma en el clavo para techo. Ilustración inferior: compresión de arandela de cierre en el tornillo para techo.



Consejo práctico: Si no es posible sustituir las arandelas de goma:

- Usar un producto a prueba de agua, como silicona o cinta de bitumen (bitumen flashing tape) (ver el apartado 4.1.2) para reforzar y cubrir el elemento de fijación.
- También es posible usar artículos de goma como chanclas de goma o cauchos viejos para realizar una reparación provisional. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos materiales son menos efectivos y resistentes que las arandelas de goma originales.

4.1.4. Anclajes antihuracanes y sus elementos de fijación

Revisar anualmente el buen estado de los anclajes/correas antihuracanes y sus elementos de fijación antes de la temporada de huracanes puede reducir en gran medida el riesgo de que el techo se levante durante una tormenta.

- Ni los anclajes ni sus elementos de fijación deben estar oxidados. En caso de que estén oxidados, se recomienda:
 - Si solo están un poco oxidados, remover el óxido, limpiar la superficie y cubrir con una pintura protectora (pintura a base de zinc para anclajes de acero galvanizado o pintura anticorrosiva para anclajes de acero bruto).
 - Reemplazar los anclajes que estén muy oxidados (más del 5% de corrosión en la superficie).

- Asegurarse de que los anclajes están bien sujetos a la estructura de soporte sin ningún espacio entre el anclaje y el soporte. Esto es especialmente importante durante el primer año de la construcción dado que los soportes de madera se pueden encoger y torcer. Los clavos o tornillos deben ser reajustados/apretados un poco para garantizar la fijación.

Para más información sobre los anclajes antihuracanes, ver el apartado 1.6. Anclajes antihuracanes.

4.1.5. Revisión de las canaletas

Las canaletas son importantes porque recogen el agua de lluvia que escurre del techo para que no afecte las paredes y los cimientos de la vivienda. Es importante revisar el estado de las canaletas, espacialmente antes la estación de lluvias o de alguna tormenta.

- Verificar que las canaletas están sujetas apropiadamente. Se recomienda fijar la canaleta a la placa de borde cada 50 cm.
- Verificar que no haya hojas u otros obstáculos que impidan el flujo de agua y limpiar las canaletas si es necesario.



Consejo práctico: si se dispone de un sistema de recolección de lluvia es recomendable desconectarlo del techo y resguardarlo antes de cualquier tormenta.

4.2. Medidas de protección

La hermeticidad de un alojamiento es un factor muy importante para la resistencia al viento. Si la vivienda cuenta con paredes herméticas y puertas y ventanas que cierran adecuadamente será más resistente a la presión del viento. Sin embargo, si una puerta o ventana se abre durante la tormenta, la presión aumenta dentro de la vivienda y es posible que el techo se levante y haya daños en el interior del alojamiento.

Si las paredes no son herméticas, como las paredes de bambú o palma, es preferible remover los paneles exteriores para evitar que se dañen.



Las medidas de mitigación descritas pueden ser implementadas a “última hora” con materiales de fácil acceso como madera, bambú, cuerda, ganchos, bloques, etc.

Dependiendo de la hermeticidad de las paredes se pueden tomar distintas medidas para reducir los efectos del viento sobre el techo y ayudar a reforzarlo para que no se levante.

4.2.1. Alojamiento con paredes exteriores que no son herméticas

Si las paredes no son herméticas, como paneles de bambú o palma, es más seguro retirar esos paneles exteriores, los paneles de división interiores y todo el mobiliario y los artículos dentro de la vivienda y guardarlos en un sitio seguro (si es posible, bajo la misma vivienda). La idea es reducir los daños al máximo posible protegiendo los componentes más débiles y dejar sólo la estructura que soporta las cargas y el techo para que resistan al viento.



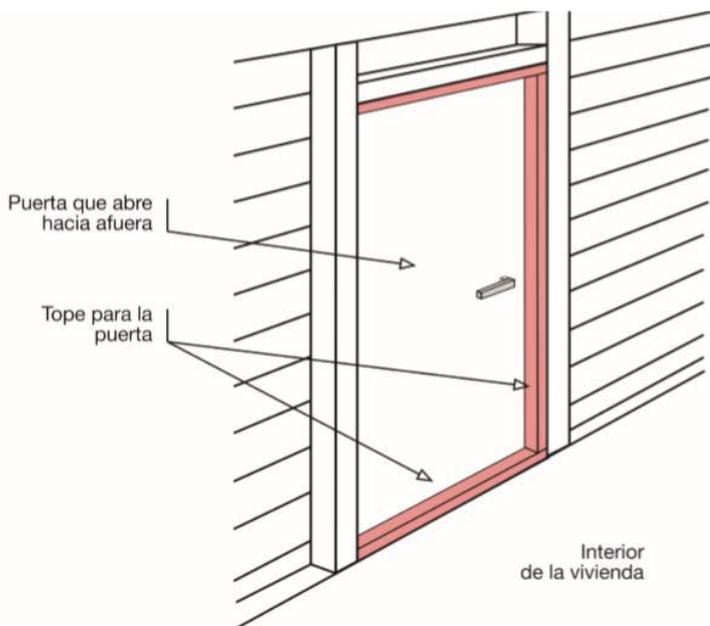
Esta medida de mitigación solo es aplicable si el techo del alojamiento ha sido diseñado para resistir la presión del viento causada por huracanes, como si fuera un techo tipo marquesina (estructura de techo sin paredes permanentes). Los habitantes de la vivienda deben tomar las medidas preventivas necesarias tan pronto como haya una alerta de huracán.

4.2.2. Alojamiento con paredes herméticas

Para los alojamientos con paredes herméticas las medidas a tomar son bastante diferentes. El objetivo es mantener la vivienda tan hermética como sea posible durante el huracán y asegurarse de que las puertas y las ventanas no se abrirán con la presión del viento.

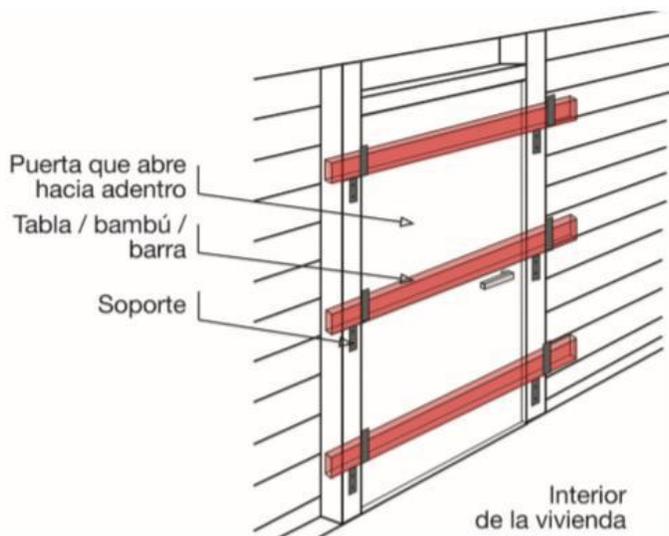
Para reforzar las aberturas se pueden tomar las medidas siguientes:

- Instalar puertas y ventanas para que abran hacia afuera (no hacia adentro).
- Colocar 5 bisagras en lugar de 2 para asegurar las puertas exteriores.
- Colocar un tope alrededor de puertas y ventanas en la parte interior (como muestra la siguiente ilustración) para mantenerlas en su lugar y prevenir que la presión del viento las abra inesperadamente.
- Asegurarse de que los pasadores o pestillos de puertas y ventanas están funcionando correctamente, para que puedan cerrarse de forma segura ante la llegada de un huracán.



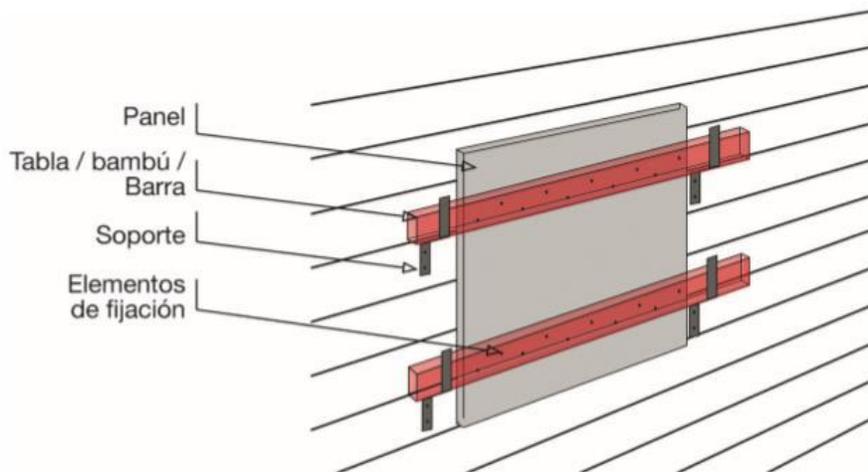
Medida preventiva para una puerta que abre hacia afuera

- Si las puertas abren hacia adentro, se recomienda instalar 2 o 3 tablas o barras para asegurarlas y hacerlas más resistentes a la presión del viento (ver la siguiente ilustración). Esta medida también puede prevenir que entre algún intruso cuando los habitantes están dentro de la vivienda.

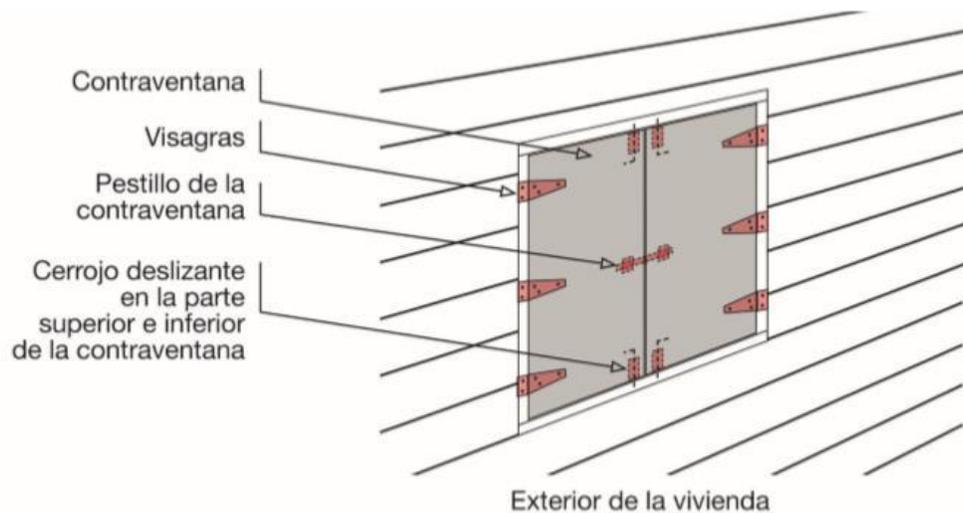


Medida preventiva para una puerta que abre hacia adentro.

Medida preventiva para una puerta que abre hacia adentro



- Si la ventana abre hacia adentro, es buena idea instalar contraventanas para proteger la ventana de escombros u objetos lanzados por el viento y asegurarse de que la vivienda esté bien sellada. Las contraventanas pueden hacerse de diversos materiales: madera, contraenchapado, bambú, chapa de metal galvanizado, etc.



Contraventana con bisagras y cerrojos

4.2.3. Medidas de refuerzo para el techo

Si las láminas de zinc no están lo suficientemente bien sujetas y/o si se considera que los elementos estructurales del techo no son lo suficientemente fuertes como para resistir un huracán, se deben tomar las medidas que se explicarán a continuación para reforzar el techo antes de la temporada de

huracanes o directamente cuando haya una alerta de huracán. El propósito de estas medidas es reforzar el techo en las áreas donde la presión del viento es mayor, esto es en los bordes y los aleros del techo, donde las láminas de zinc corren mayor riesgo de rasgarse o romperse.

Estas medidas ayudarán a mantener las láminas de zinc en su sitio y a reducir el riesgo de levantamiento de todo el techo. Es importante destacar que estas medidas no pueden sustituir a un techo bien construido como se ha descrito en las secciones anteriores.

Se recomienda tomar las siguientes medidas:

- Asegurar firmemente los aleros anclándolos firmemente al suelo.
- Colocar un soporte invertido en forma de V sobre el techo y anclarlo al suelo de forma segura.
- Combinar las dos medidas.



Las medidas de refuerzo explicadas en esta sección también pueden aplicarse a los techos hechos de otros materiales como paja, palma, etc., para reducir el riesgo de levantamiento y los daños a la vivienda.



Sea cual sea la medida aplicada, la efectividad de esta depende en gran medida de la resistencia de los soportes (se deben usar materiales fuertes) y de la efectividad del sistema de anclaje. En el apartado 4.2.4. se presentan distintos métodos de anclaje al suelo.

Refuerzo de los aleros:

Colocar un soporte a lo largo de la saliente de los aleros para prevenir que la parte más baja de la lámina de zinc se levante con la presión del viento.

- Cualquier material resistente bien amarrado al suelo puede usarse como soporte: madera, bambú, barra de metal, soga, metal, alambre, correa o tira de nylon, etc.
- El soporte se debe colocar justo sobre la pared exterior para que sea más efectivo. Si se coloca muy cerca de borde del alero no funcionará correctamente.
- Fijar el soporte bien a los bordes del techo; de lo contrario se podrá deslizar fuera del techo.
- El soporte debe estar firmemente atado y anclado al suelo. Esto se puede hacer mediante:
 - “lastres” tales como piedras, bloques u otros objetos pesados colocados sobre el suelo (mientras más pesado sea el objeto, mejor será el anclaje)
 - Bloques, piedras u objetos pesados enterrados profundamente en el suelo (mientras más pesado sea el objeto y más profundamente esté enterrado, más fuerte será el anclaje).
 - Ganchos en forma de espiral o tornillo o anclajes de suelo impulsados por percusión (la resistencia depende del tamaño y tipo de anclaje).



El soporte también puede anclarse a la misma estructura si está bien construida y es lo suficientemente pesada como para resistir la presión del viento.

Techo a dos aguas:

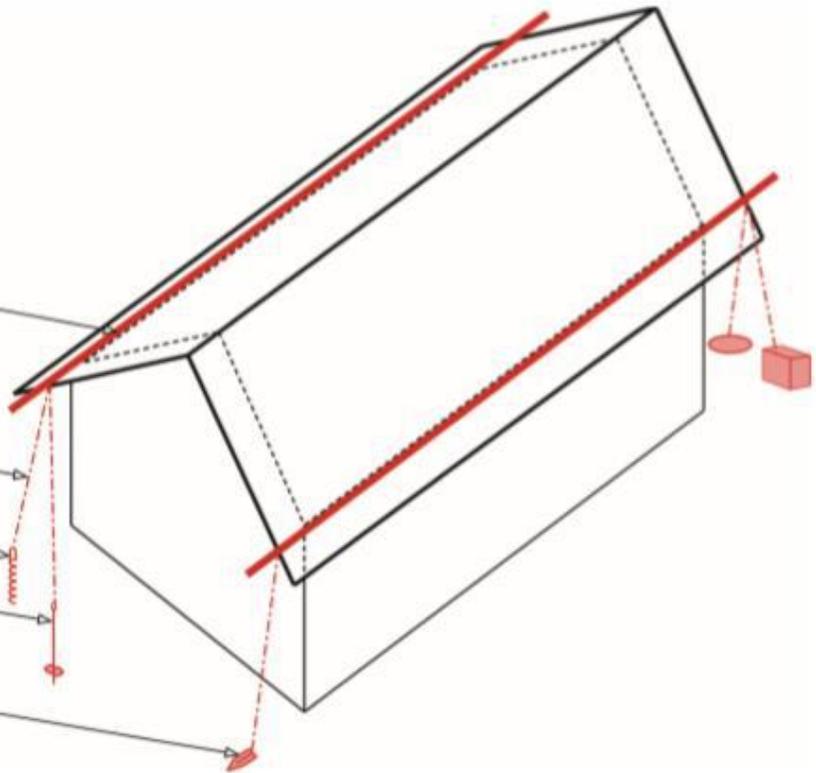
Soporte adicional colocado sobre las paredes: madera de construcción, madera de coco, bambú, sogá, alambre, tira de nylon, etc.

Cuerda / alambre / tira de nylon

Gancho en forma de espiral para anclar al suelo

Gancho en forma de tornillo para anclar al suelo

Anclaje de suelo impulsado por percusión



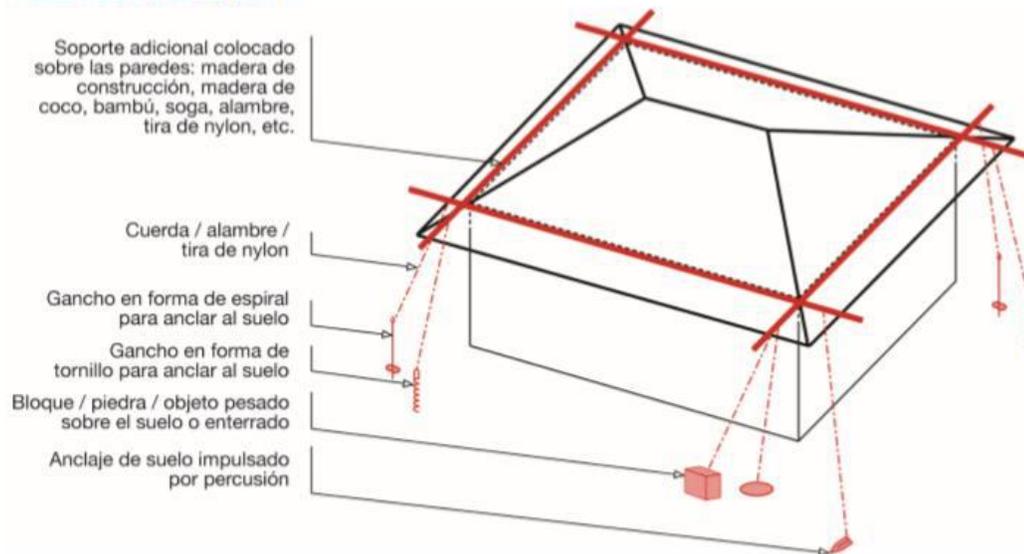
Soportes colocados sobre los aleros de un techo a dos aguas con diferentes tipos de anclaje al suelo.

Jamaica, huracán Gustavo, 2008: alambre de púas usado para sujetar varias partes de la lámina de zinc y prevenir que se levante durante el paso del huracán Gustav. El alambre está fijado a la columna de la esquina y anclado al suelo.





Techo a cuatro aguas:



Soportes colocados sobre los aleros de un techo a cuatro aguas con diferentes tipos de anclaje al suelo.



Esta medida de refuerzo puede implementarse rápida y fácilmente en cualquier tipo de techo a muy bajo costo usando materiales disponibles. La efectividad del método dependerá del tipo y la calidad de los materiales de soporte y anclaje utilizados.

Refuerzo del techo completo:

Colocar soportes en forma de “V invertida” sobre el techo y anclarlos bien al suelo para mantener el techo en su lugar.

- Cualquier material resistente fuertemente atado al suelo puede usarse como soporte: madera, bambú, barras de metal, soga, metal, alambre, correa o tira de nylon, etc.

Si los materiales son escasos, se recomienda colocar los soportes en forma de V invertida sobre los bordes del techo, donde la presión del viento es mayor. Los soportes en forma de V invertida colocados sobre la parte superior del techo ayudan a sujetar las láminas de zinc a la altura de la cumbre, pero son menos importantes que los colocados cerca de los bordes del techo.

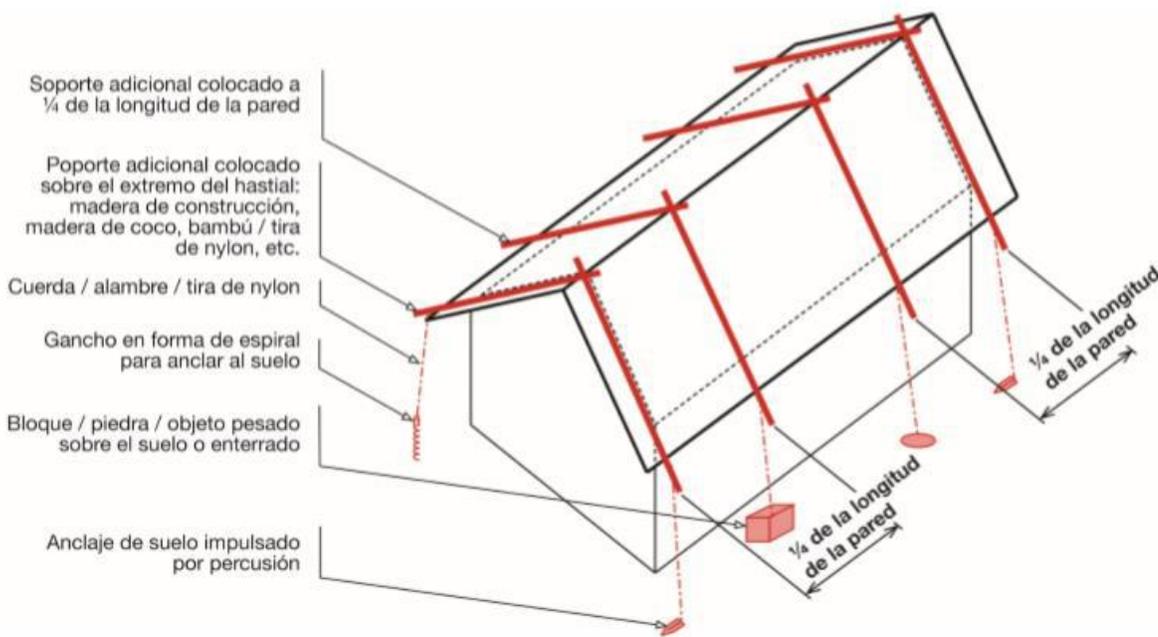


Vietnam, ciclón Nari, 2013: Bambú colocado sobre el techo para prevenir el levantamiento.



Los soportes colocados en los bordes deben estar justo encima de las paredes exteriores para que sean más efectivos. Los soportes colocados sobre la parte central del techo deben ubicarse a una distancia de un cuarto de la longitud de la pared desde la esquina de la pared.

Techo a dos aguas:



soportes colocados sobre la cumbrera de un techo a dos aguas



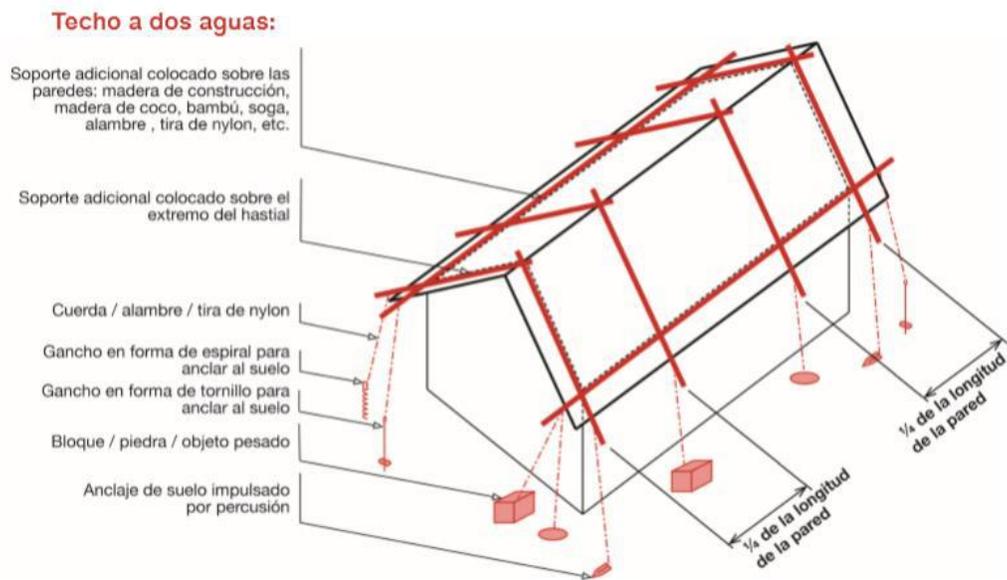
Sea cual sea la medida tomada, independientemente de la forma del techo, mientras más fuerte sea el viento, más fuerte tendrá que ser el anclaje. Es posible duplicar o triplicar el número de elementos de anclaje al suelo amarrados al extremo de cada uno de los soportes para aumentar la resistencia.

Refuerzo combinado del techo y los aleros:

Combinar dos medidas de refuerzo dará los mejores resultados, puesto que las áreas que sufren la mayor presión del viento (aleros, bordes y cumbrera) estarán protegidas.

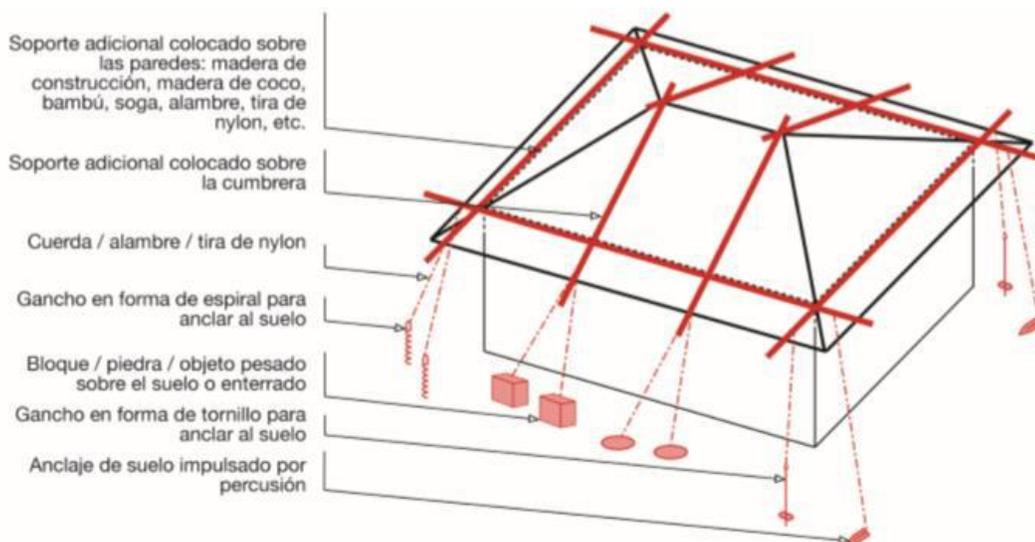


Vietnam, 2006: palos de bambú colocados sobre un techo a dos aguas para protegerlo del levantamiento. No se recomienda colocar piedras sobre los techos de lámina de zinc (© Cruz Roja Holandesa).



Soportes colocados sobre la cumbrera y los aleros de un techo a dos aguas

Techo a cuatro aguas:



Soportes colocados sobre la cumbrera y los aleros de un techo a cuatro aguas.



Los soportes sobre los bordes y los aleros deben colocarse justo encima de las paredes exteriores. Los soportes ubicados sobre la parte central del techo deben colocarse a una distancia de un cuarto de la longitud de la pared desde la esquina de la pared para los techos a dos aguas y cerca de los extremos de la cumbrera para los techos a cuatro aguas.



Dado o que la presión del viento es más fuerte en los bordes del techo, se recomienda colocar allí los anclajes más fuertes y los menos fuertes sujetando la parte central del techo. Para aumentar la resistencia es posible duplicar o triplicar el número de elementos de anclaje atados al extremo de cada soporte.



Jamaica, huracán Dean, 2007: techo con bloques sobre las láminas de zinc en los aleros y la cumbre. No es recomendable colocar bloques sobre el techo, ya que se pueden caer durante la tormenta y causar daños y heridas (Cruz Roja Francesa).



No colocar sobre el techo objetos pesados como piedras, bloques, cauchos o bolsas de arena que no estén fuertemente aseguradas al techo. Este tipo de objetos pueden rayar o abollar las láminas de zinc y acelerar así el proceso de corrosión y la reducción de su vida útil. Además, bajo los efectos del viento o las fuertes lluvias, estos objetos se pueden resbalar y caerse del techo, lo cual puede ocasionar daños materiales o heridas a personas.

4.2.4. Tipos de anclaje al suelo

Para reforzar el techo antes de una tormenta existen distintos métodos de anclaje al suelo que pueden usarse en función de la disponibilidad de los materiales, la efectividad requerida y la condición del suelo.

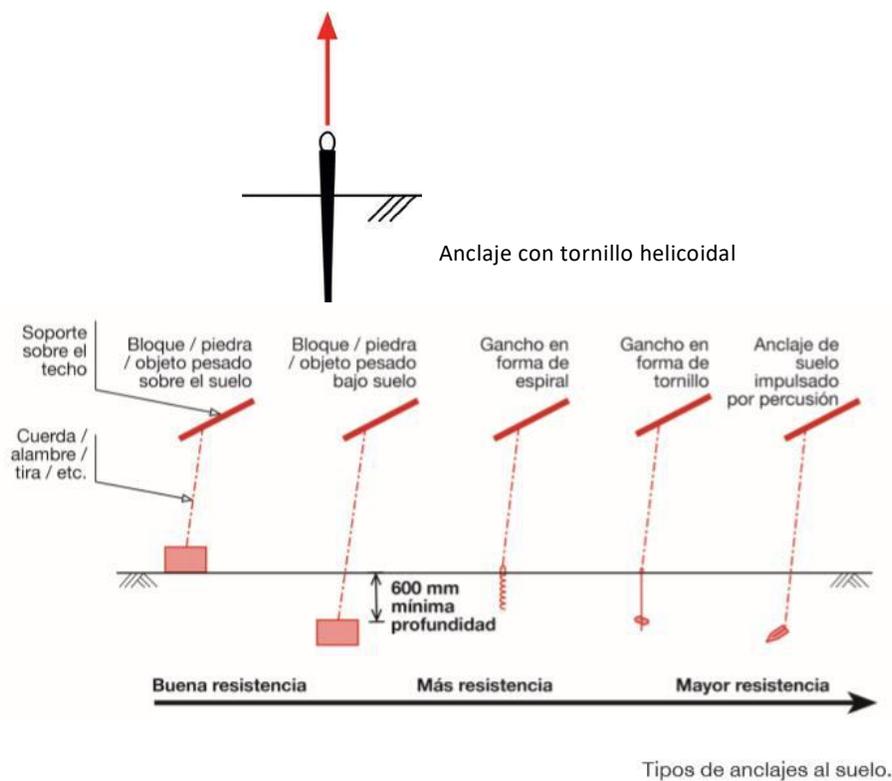
- Los lastres como bloques o piedras (sobre el suelo) atados a soportes se pueden usar en muchos casos, sin embargo, no suelen ser lo suficientemente pesados para sujetar el techo durante tormentas fuertes.
- Los bloques o las piedras enterrados y cubiertos por un relleno compacto pueden funcionar muy bien como anclaje al suelo (en función del volumen y el peso de la tierra que cubra los objetos).

Se recomienda enterrarlos a un mínimo de 0,60 m de profundidad para lograr un buen anclaje. Mientras más grande sea el objeto, mayor sea la profundidad en la que está enterrado y más compacto sea el relleno de tierra que lo cubre, mayor efectividad tendrá al anclaje.

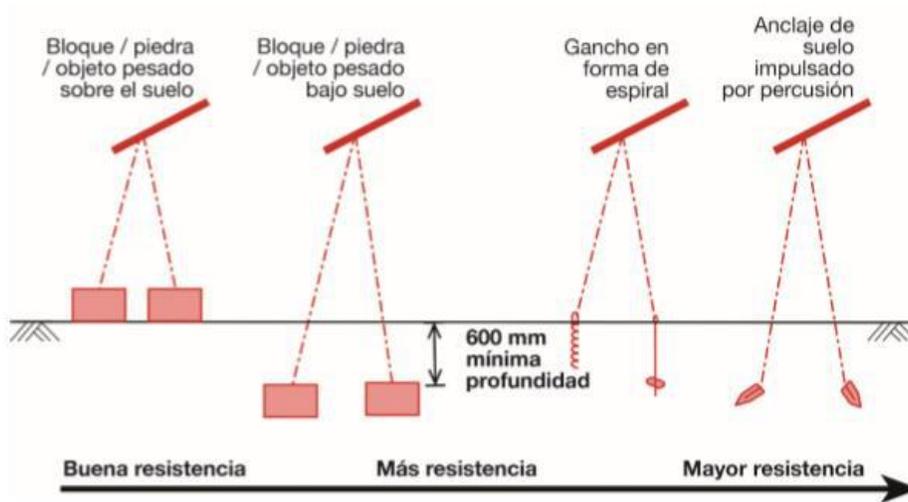
- Los ganchos en forma de espiral o tornillo funcionan bien en suelos arcillosos o arenosos. Sin embargo, son difíciles de usar en suelos duros o rocosos.
- Los anclajes de suelo impulsados por percusión proporcionan la mayor efectividad en la gran mayoría de suelos si pueden enterrarse a la profundidad requerida (son difíciles de instalar en suelos muy duros o rocosos, como los suelos de laterita) pero son menos efectivos en suelos con un alto componente de arcilla.



Este tipo de anclajes funcionan bien en tensión vertical. Si es posible instalarlos verticalmente se pueden atar directamente hacia abajo desde los extremos de los soportes ubicados sobre el techo.



Consejo: usar dos o tres elementos de anclaje por soporte/punto de anclaje



Duplicación de los elementos de anclaje para mayor efectividad.

Ejemplos de rendimiento de los elementos de anclaje en diferentes tipos de suelo (IFRC-SRU):

Los ejemplos de uso de un gancho en forma de tornillo y un anclaje de suelo impulsado por percusión están tomados de un estudio de anclajes al suelo llevado a cabo IFRC-SRU. Estos ejemplos ilustran la diferencia de rendimiento de estos distintos tipos de anclaje en función del tipo de suelo.

Modelo	Gancho en forma de tornillo	Anclaje de tierra impulsado
Foto		
Profundidad de penetración en el suelo	60 cm (2 pies): dependiendo de la longitud del gancho	60–75 cm (2–2,5 pies).
Suelo arenoso	Buen rendimiento (resistencia hasta 3000 N).	Rendimiento moderado (resistencia hasta 1000 N).

Suelo arenoso con arcilla	Buen rendimiento (resistencia hasta 2500 N).	Alto rendimiento (resistencia hasta 5000 N).
Suelo rocoso o de gravilla	Casi imposible de instalar.	Alto rendimiento (resistencia hasta 6000 N). Difícil de instalar.
Suelo limoso duro	No es posible de instalar.	Muy alto rendimiento (resistencia hasta 8000 N). Muy difícil de instalar.
Suelo arcilloso rocoso	Buen rendimiento (resistencia hasta 3000 N/300 kg).	Rendimiento moderado (resistencia hasta 1000 N/100 kg)

Como se muestra en los cálculos del modelo de alojamiento del caso de estudio (ver Sección D.5), las fuerzas sobre los anclajes antihuracanes que sujetan las vigas al travesaño superior pueden llegar fácilmente a 5000 N por viga. Esto es aproximadamente la dimensión de las fuerzas multiplicada por el número de vigas (colocadas sobre el lado del techo en el que se hace la estimación). Son esas fuerzas las que deben resistir las medidas de refuerzo del techo.



Resumen Práctico del capítulo IV

El mantenimiento frecuente del techo es importante para:

- Reducir el riesgo de levantamiento del techo durante una tormenta o un huracán.
- Prevenir daños y filtraciones en la cubierta del techo.
- Conservar la vida útil de la cubierta del techo.

El entramado del techo y otros elementos estructurales (desde los cimientos al techo): lámina de zinc, elementos de fijación, anclajes/correas antihuracanes y canaletas deben revisarse de manera regular, especialmente antes de la temporada de huracanes.

Medidas de mantenimiento:

Se deben tomar las siguientes medidas para mantener el buen estado del techo:

- Los elementos de la estructura del techo que estén podridos o dañados se deben sustituir.
- Los elementos de fijación que estén sueltos se deben ajustar, y si esto no es posible, se deben colocar nuevos elementos de fijación.
- Los agujeros pequeños en las láminas de zinc se pueden tapar con silicona, cubrir con cinta de bitumen (bitumen flashing tape) o cubrir con algún material local.
- Las láminas de zinc con un máximo de 5% de óxido en su superficie se pueden pintar con una pintura a base de zinc.
- Las arandelas rotas o agrietadas se deben sustituir para evitar filtraciones.
- Las canaletas se deben asegurar bien al techo y limpiar con regularidad.

Medidas de mitigación:

Estas medidas pueden implementarse para reforzar el techo y protegerlo del levantamiento cuando el pronóstico del tiempo indique la llegada de un huracán:

- En caso de paredes herméticas, asegurar y reforzar bien todas las aberturas (puertas y ventanas) e instalar contraventanas.
- En caso de paredes no herméticas (hechas con paneles de bambú o palma), es mejor retirar todos los paneles que conforman las paredes y guardarlos en un lugar seguro para reducir el impacto de la fuerza del viento sobre la estructura y evitar daños.
- Colocar soportes en el techo (manera, bambú, cuerda o alambre) y anclarlos al suelo (o a la estructura de la vivienda si es lo suficientemente fuerte) para prevenir que las láminas de zinc se rompan o levanten.
- Se pueden usar distintos métodos de anclaje al suelo para asegurar los soportes de la estructura del techo. La solución más simple y relativamente efectiva es atar los soportes a objetos pesados (piedras o bloques) y enterrar estos objetos en el suelo a unos 60 cm de profundidad como mínimo.



Se recomienda no colocar objetos pesados, tales como bloques, sacos de arena o cauchos, sobre el techo ya que pueden dañar las láminas de zinc y causar heridas si caen sobre alguna persona.

Manual de Referencia

Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja

Como instalar cubiertas seguras

Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja.

Este documento ha sido elaborado por la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja con apoyo técnico del Centro de Referencia en Preparación Institucional para Desastres.

Se autoriza citar total o parcialmente el contenido de este documento con fines no comerciales, siempre y cuando se mencione la fuente. La Federación Internacional apreciaría recibir detalles acerca de su utilización.

Para más información, dirijase a:

17 calle Poniente y Avenida Henry Dunant, Centro de Gobierno, San Salvador
El Salvador
Teléfono: +503 2239 4938
Correo Electrónico: crepd.americas@ifrc.org Sitio
web: www.ifrc.org