

IV. CUBIERTAS.

Introducción y conceptos generales.

Existen distintas formas de definir la cubierta de un edificio:

- Cierre horizontal del edificio.
- Cerramiento superior del edificio compuesto por uno o más elementos.
- El elemento del edificio más expuesto a agentes atmosféricos.

La arquitectura nace con el hábitat, y éste, con la cubierta. Cualquier muestra de arquitectura primitiva se enfrenta inmediatamente con el problema de techar para protegerse del sol, del viento, del frío y de las precipitaciones. Toda construcción antigua y espontánea, sea iglú, cabaña de viña, tienda mongol, etc. es básicamente una cubierta.

La importancia que tiene el aspecto constructivo de la cubierta es indudable, tanto para su diseño como para su posterior mantenimiento. Todas las construcciones que nos legaron los que nos antecedieron han iniciado su deterioro y ulterior derrumbe por la cubierta.

La extensión de las culturas predominantes a través de los imperios antiguos y modernos potenció el desarrollo de aquellas tecnologías de techar susceptibles de prefabricación, transporte y colocación en obra con grandes garantías de éxito en cualquier situación. En este nuevo escenario se consumó la diferenciación entre dos grandes tipos de recubrimientos: las piezas colocadas a junta continua, y las colocadas a rompejuntas.

En las áreas con mayor predominio de la madera se desarrolló la cubierta de lajas de este material (chillas) clavadas, siguiendo la experiencia adquirida con los esquistos y, posteriormente, con las pizarras en las cubiertas de piezas colocadas a rompejuntas.

En las áreas con mayor disponibilidad y tradición en el trabajo de la arcilla cocida se desarrolló la cubierta de tejas, que diferenciaba ya en el plano de escorrentía las líneas de cobija, consolidando la familia de las cubiertas de piezas colocadas a junta continua. El solape canal-canal y cobija-cobija, junto con el desnivel o cresta canal cobija, son las garantías de estanqueidad de este tipo de cubierta. Es la cubierta que ha acompañado la expansión de Roma, de la cultura árabe mediterránea e, incluso, de China y Japón.

Exigencias

1. Control ambiental

Satisfacer condiciones térmicas (cumplir la NBE C.T 79)

Exigencias higrotérmicas:

- a) Estanqueidad al agua: La lluvia precipita de forma muy diversa en cada clima, según la altitud, la exposición orográfica y la época del año. La combinación del tamaño y consistencia de la gota (nieve, granizo, llovizna, goterón, etc.) la intensidad y duración de la lluvia, así como la velocidad y orientación del viento, cualifican la precipitación. Por lo que hay que tener muy en cuenta el lugar del emplazamiento de los proyectos a la hora de diseñar la protección del edificio, es decir, la cubierta. Durante muchos siglos la historia de la cubierta ha consistido en la búsqueda insistente de

soluciones impermeables a la lluvia local. Ya iniciado el siglo XVIII, la construcción no dispuso de materiales propiamente estancos frente a la penetración del agua por gravedad, por lo que la exigencia de estanqueidad se resolvía mediante la conformación de la cubierta según superficies de escorrentía en forma de planos inclinados, a semejanza de relieve de montañas circundantes del lugar.

Al aumentar la inclinación o pendiente de dichos planos se incrementaba la velocidad con que el agua concurre por la cubierta, reduciéndose el tiempo de presencia del agua y el riesgo de penetración. La garantía del éxito reside en la utilización de materiales con bajo coeficiente de absorción de agua y en la formación de piezas del mayor tamaño posible para reducir así el número de juntas y el riesgo de filtración.

El tratamiento de dichas juntas se ha realizado tradicionalmente mediante el solape de varios gruesos que garantiza la estanqueidad si el agua no es capaz de remontar la fuerza de la gravedad. Dado que las pendientes más pronunciadas favorecían el aumento de la velocidad de escorrentía, reduciendo así el riesgo de penetración del agua a través de las juntas, la longitud de solape podía también reducirse. Sin embargo, la mayor pendiente de la cubierta obligaba a fijar las piezas, que se desestabilizaban por la inclinación del plano del apoyo.

Los ocasionales temporales de lluvia acompañada de fuerte viento rompían este equilibrio y ocasionaban desperfectos y filtraciones esporádicas socialmente aceptadas. Un buen mantenimiento estacional antes de la época de las lluvias, así como la ventilación inferior de la cubierta, aseguraban que el incidente no llegara a más y no comprometiera la estabilidad de la estructura.

En caso de nevada intensa, los puntos más freíos de la cubierta (aleros, esquinas, limahoyas, etc.) eran los primeros en helarse al caer la primera noche estrellada. Con un deshielo rápido, estos puntos congelados o barreras de hielo podían interceptar la circulación del agua que escurría inferiormente por el manto de nieve hasta el punto de que, si no era suficiente la protección que proporcionaba el solape, el agua de deshielo penetraba en el interior del edificio.

Los materiales al uso- paja, tierra compactada, lacas esquistosas, lajas de madera e incluso terracota- eran porosos y requerirían engrasados o espesores más importantes en las zonas de lluvia persistente, como los climas atlánticos y tropicales.

La pendiente mínima en teja árabe es del 24 % para una vertiente que no supere los 6 m, con ubicación protegida y en una zona de baja altitud, con solapes de 14 cm. Este valor mínimo puede alcanzar el 35% para una vertiente de hasta 12m, con ubicación expuesta y en una zona situada por encima de los 500m. Para una situación similar, cualquier teja plana, al no contar con la colaboración del solape, incrementa su pendiente mínima proporcionalmente a la longitud de la vertiente hasta alcanzar valores del 35 % para una distancia de hasta 12 m, ubicación expuesta y en zonas situadas por encima de los 500m. En el caso de las tejas lajas (lascas), la pendiente mínima puede alcanzar el 125% con recubrimientos mínimos de 8 cm para una vertiente de hasta 12m, en una ubicación por encima de los 500m.

Con el tiempo la evolución empuja hacia la utilización de placas industrializadas realizadas con materiales estancos, de mayor tamaño y con tratamiento de sellado de juntas a modo de calafateado. (Figura 1- cuadro de pendientes mínimas según materiales de cobertura)

Figura 1.

- b) Estanqueidad al viento: En la cubierta tradicional preocupaba la penetración del agua, por lo que nunca se prestó interés alguno a conseguir una estanqueidad notable al aire. Incluso la mayor parte de las construcciones vernáculas disponían de grandes chimeneas en el centro de la cubierta por las que no sólo se evacuaban los humos de la combustión, sino que también se ventilaba la habitación. El espacio bajo la cubierta estaba constituido por locales ventilados- denominados buhardillas, golfes o penthouse- que actuaban de tapón para la penetración del viento, la radiación solar, la humedad y el polvo en el edificio. Se destinaba, o a almacén trastero. Incluso en los tratados de construcción se designaba este tipo de construcción con el nombre de "cubierta fría".
- El aprovechamiento intensivo del volumen de los edificios, ya por carestía, ya por especulación del bien inmobiliario, condujo al aprovechamiento íntegro del espacio bajo cubierta, al que se consideraba como un ámbito habitable más, inicialmente destinado a marginados y bohemios pero convertido, finalmente, en un espacio envidiado y escaso, con cotización adicional en el mercado; lo que ha significado, en la mayoría de los casos, renunciar a la ventilación inferior de la cubierta.
- La cubierta hoy debe ser también estanca al aire, y para ello la cobertura ha de apoyarse, no ya en un entramado de llatas y cabios de madera de clavar, sino en un forjado continuo constituido por un entrevigado y un tablero superior estanco, lo que ha dado lugar a una cubierta mucho más sensible a la radiación solar y a las humedades de infiltración.
- Es sensible a la radiación solar porque el calor que absorbe la cubierta ya sólo puede ser disipado libremente en una dirección. Es así como, inevitablemente, el calor restante se introduce en el interior de la buhardilla habitable, a pesar de la presencia de capas adicionales de aislamiento térmico, insuficientemente dimensionadas para saltos térmicos de hasta 60 grados. En pocos centímetros, 30 a lo sumo, la cubierta caliente tiene que asegurar suficientemente la estanqueidad, el aislamiento, la ventilación y el acabado inferior. Garantizar la ventilación dorsal de la cubierta en tan escaso espesor nos obliga a recurrir a tecnologías de fachada ventilada.
- En segundo lugar, la cubierta actual es sensible a las humedades de infiltraciones porque la penetración del agua por acción del viento no puede evitarse de forma absoluta en las cubiertas por solape y sin sellado de juntas, en las que la ventilación inferior es absolutamente imprescindible para secar estas infiltraciones ocasionales, especialmente en las cubiertas de estructura de madera. La falta de ventilación dorsal de la cubierta obliga a rejuntar las tejas como si de ladrillos se tratara, e incluso a colocar refuerzos inferiores de estanqueidad mediante materiales con acreditada experiencia por sí mismos, pero considerados como de aspecto no suficientemente decorativo (láminas sintéticas, placas asfálticas o fibrocementos, etc.)
- Los grandes movimientos térmicos que experimenta una cubierta exige que los sellados de juntas se realicen con morteros elásticos- pobres en aglomerantes y con adición cal para evitar la rotura de las placas por movimientos impedidos de dilatación y contracción, o incluso de choque

térmico. Los tableros inferiores de la cubierta, inicialmente de tablones de madera, han ido evolucionando para facilitar tanto la estanqueidad o la colocación de la teja como la disposición del aislamiento. La durabilidad del material de cobertura, la posibilidad de disipar la humedad ocasional que hubiera penetrado y la disminución del confort en verano debido a las fuertes radiaciones solares de nuestro país aconsejan recuperar la ventilación, que se induce de forma natural al calentarse el aire que penetra por las aberturas practicadas en la barbacana y sale por las aberturas protegidas en la cumbre. En cubiertas de gran longitud de vertiente (>8m) esta ventilación debe ser incentivada con la colaboración de piezas especiales que la faciliten.

- c) Captación y disipación de energía: A excepción de los países de clima árido, donde las lluvias esporádicas son cortas e intensas y el agua que incide en la cubierta se conduce hacia cisternas o aljibes para aprovecharla en las épocas de carestía, no hay ejemplos abundantes de control energético del edificio a través de la cubierta. En un entorno climático en constante evolución y con perspectivas favorables para un creciente aprovechamiento de las energías alternativas, bien sean renovables, bien sean procedentes directamente del sol o de la atmósfera, el papel de la cubierta parece abandonar poco a poco su papel exclusivo de protección absoluta frente a las precipitaciones. En un futuro no muy lejano, la cubierta se planteará como un filtro más de la piel del edificio que reflejará, absorberá o transmitirá la acción que sobre ella incida (lluvia, radiación solar, viento, etc.) y en el grado que el arquitecto establezca, tanto como colaborará a disipar el calor metabólico que genera su propia actividad como edificio. El calor incidente en el edificio por radiación directa a la cubierta es un factor importante a considerar en el equilibrio térmico de éste. En la actualidad, ante la dificultad de disponer de materiales reflectantes de la radiación térmica de forma selectiva, se plantean soluciones de doble cubierta: así, en la cubierta exterior se aprovecha la captación solar para las necesidades A.C.S. (agua caliente sanitaria) y, en la interior, la creación de sombras arrojadas para regular la aportación directa y la recogida de las precipitaciones con el fin de emplearse en labores de refrigeración. (Figura 3- En el aula realizado por Joseph Llinás para la Facultad de derecho de Barcelona, la solución constructiva de algunas zonas de la cubierta garantiza, por medio de dos rejillas A y B situadas en los extremos inferior y superior del faldón, la circulación del aire por la cámara creada entre tablero aglomerado sobre el que apoyan las chapas de cobre, y el aislamiento).
- d) Confort higrotérmico, acústico y lumínico: El aislamiento térmico se calculó para disminuir la velocidad del tránsito del calor a través de los cerramientos del edificio suponiendo gradientes térmicos "aire exterior-aire interior" no superiores en el peor de los casos, a 30 grados. No considerar el efecto de la radiación solar térmico real existente entre el exterior y el interior del edificio puede ser de 2 ó 3 veces superior al previsto y que, por lo tanto, la efectividad del aislamiento térmico insuficiente. En el caso de las claraboyas, donde el calor queda atrapado en el interior del edificio por el efecto invernadero, esta circunstancia es aún más notable. Ventilar los espacios bajo cubierta, aumentar el coeficiente de reflexión del material de cobertura o simplemente, arrojar sombra sobre el propio edificio mediante aleros y porches son recursos que es conveniente no olvidar en nuestra arquitectura más próxima. La exigencia de impermeabilidad en la cubierta lleva muchas veces a soluciones extremas de estanqueidad casi absoluta al vapor de agua, lo cual favorece la formación de condensaciones en el intradós o en el interior de la propia cubierta, con el deterioro de los materiales que supone (corrosión, pérdida de aislamiento térmico, entumecimiento etc.). El fenómeno resulta especialmente grave en edificios con una elevada presencia de humedad relativa (piscinas, granjas, industrias de la cocción y el secado, etc.) en los que se ha previsto una instalación suficiente para garantizar un adecuado control higrotérmico del aire interior. Por otro lado, las cubiertas pocas veces se ven afectadas por el problema de la inmisión de ruido aéreo, excepto en localizaciones deprimidas respecto a la fuente sonora, como es el caso de ubicaciones próximas a

aeropuertos o vías de gran tránsito rodado. El ruido de impacto tampoco ha sido una exigencia relevante en la arquitectura que nos ha precedido. La proliferación de cubiertas ligeras, monolíticas, formadas con materiales de elevado módulo elástico y situadas en zonas de lluvias en régimen torrencial, como es habitual en el área mediterránea, ha puesto de actualidad esta exigencia. Ante la dificultad de disponer de tejas blandas o tableros flotantes, la única solución consiste en situar cielos rasos aislantes que también puedan colaborar, adecuadamente diseñados, al acondicionamiento acústico de los locales interiores.

La cubierta transporte es un ideal muy antiguo de la arquitectura. La excesiva transmisión acústica y térmica a través de la cubierta, más evidente en los climas mediterráneos, obliga a proyectar inteligente y responsablemente las claraboyas- como si de ventanas en una fachada se tratara- para controlar su tamaño, disposición, orientación y ventilación, utilizando aquellos vidrios capaces de proporcionar una máxima difusión de la radiación visible y reflexión de la radiación infrarroja, con el fin de alcanzar no tan sólo ambientes de gran calidad, sino importantes ahorros de energía lumínica, muy apreciados en edificios industriales y comerciales.

2. Seguridad

Las acciones principales a considerar especialmente en el proyecto de la cubierta son el peso propio y sus cargas, la acumulación de precipitaciones (agua, nieve o granizo) y la succión del viento en las vertientes a sotavento, especialmente en construcciones abiertas. La reducción del peso propio de las cubiertas, gracias a los esfuerzos por alcanzar un uso óptimo del espesor y forma de los materiales, no ha hecho más que aumentar la importancia de las otras acciones que gobierna la naturaleza. En las zonas expuestas a las nevadas, hay que aumentar prudentemente la pendiente de los planos de la cubierta (>30°) para aumentar la eficacia del solape, pero al mismo tiempo se deben colocar suficientes paranieves para evitar que el manto de nieve forme aludes que se precipiten de forma inesperada a la vía pública, con el peligro para los peatones. El viento no es sólo un peligro latente para las cubiertas desprotegidas inferiormente (aleros, porches y zonas de cubierta no fijadas al soporte). En las cubiertas de pendiente elevada (>30°) ha sido siempre habitual la fijación con clavos, ganchos o mortero, pero en las cubiertas de menor pendiente, que son las más numerosas, la tradición ha mantenido la simple colocación en seco y por solape de tejas, con unos toques de mortero para el asiento de las canales. La estructura de la cubierta debe ser especialmente estable al fuego, para permitir no tan sólo la evacuación de los habitantes, sino también la labor de extinción del cuerpo de bomberos.

3. Estética.

Se trata de la quinta fachada del edificio, por lo que hay que tener mucho cuidado con su diseño, ya que se debe integrar con el total del edificio.

4. Durabilidad.

La única forma de asegurar la durabilidad de la cubierta es el mantenimiento. Cualquier cubierta exige dos visitas al año antes del periodo más lluvioso para proceder a su limpieza y control de estanqueidad. La acumulación estacional de polen, hoja-rasca, moho, hierbas, polvo o cenizas, especialmente en los puntos de enlace de la cubierta, limahoyas y ranuras, puede ser motivo de perturbaciones en la normal circulación de escorrentía del agua, menoscabando la estanqueidad del tejado contra la lluvia. Después de dicho periodo se debe proceder a una nueva visita para reparar los efectos que el viento o la lluvia excesivos hayan producido. Visitar una cubierta significa tener fácil acceso a la misma, bien mediante escalera o desde el propio edificio.

La vida útil de los materiales de cobertura es muy diversa según sea su constitución orgánica, mineral o metálica, por lo que merecería una visita cada cinco años por parte del facultativo. Las cubiertas metálicas merecen mayor atención por la corrosión.

CLASIFICACIÓN DE CUBIERTAS.

1. Planas
 - a) transitables (1- 3%)
 - b) no transitables (1-15 %)
 - c) ajardinadas (1-3 %)
 - d) inundada <1%.
2. Inclınadas
 - a) aleaciones ligeras – pizarra (58-73 %)
 - b) fibrocemento (10- 25 %) – teja (30- 45 %)
 - c) galvanizado.
 - d) sintética.

Según del tipo que sea la cubierta adquirirá una pendiente determinada.
Tipología de cubierta según junta:

- o Junta abierta: cubierta de teja, evacuación de agua por geometría.
- o Junta cerrada: cubierta plana donde todos sus elementos van sellados.

La normativa utilizada para las cubiertas son:

NTE- QAN. No transitables.

NTE- QAT. Transitables.

NTE- QAA. Ajardinadas.

ESQUEMAS DE CUBIERTAS.

COBERTURA.

A. DE PIEZAS SOLAPADAS.

- a. Piezas pequeñas.
 - Teja cerámica.
 - Teja metálica.
 - Teja de hormigón.
 - Pizarra.
 - Placas asfálticas, acabados granos cerámicos o lámina de cobre.
- b. Piezas grandes.
 - De fibrocemento.
 - De chapas metálicas.
 - Bituminosas.
- c. Láminas metálicas.
 - Zinc.
 - Cobre.
 - Plomo.

B. PIEZAS CONTINUAS.

- a. Láminas impermeabilizantes soldadas.
 - Bituminosas.
 - Plásticas.
 - A base de cauchos.
- b. Pastas impermeabilizantes armadas con fibras (fieltros, mallas)
 - Plásticas.
 - A base de cauchos.

AISLAMIENTO.

- Plásticos.
 1. Poliestireno expandido.
 2. Poliestireno extruido.
 3. Poliuretano proyectado.
 4. Poliuretano en placas.
- Fibras minerales.
 1. Fibra de vidrio.

2. Lana mineral.
- Otros materiales aislantes.
 1. Suelos.
 2. Aglomerados en placas.
 3. Aglomerados continuos.

CUBIERTAS INCLINADAS. ELEMENTOS.

Soporte estructural. Estructura resistente.

- A. Continuas.
 - Forjados y losas in situ. Incluidos o planos.
 - Losas prefabricadas.
- B. Estructuras entramadas pesadas. Cerchas o correas, vigas.
 - Hormigón.
 - Acero.
 - Estructuras de madera, tradicionales.
 - Molinera
 - Par y picadero
 - Par e hilera
- C. Estructuras entramadas ligeras prefabricadas.
 - Con perfiles de chapa plegada galvanizada
 - Con tubos y perfiles de chapa plegada laminada en frío.
 - Con tablas de madera cosidas con pletinas dentadas de acero galvanizado.

Posibilitan la habitabilidad del desván:

- Estructuras ligeras de madera
- Perfiles de acero
- Forjados inclinados

Soportes de cobertura.

1. Entramados.
 - a. Rastreles en capa única o doble, madera, metálicos, hormigón o mortero.
 - b. Correas o cables.
2. Continuos
 - a. Tableros de hormigón.
 - b. Tableros de madera. Tablas, tableros de partículas aglomerados, viruta aglomerada con magnesita.
 - c. Tableros de cerámica armada + mortero.
 - d. Tableros que llevan incorporado el aislante.
 - e. Placa de fibrocemento.
 - f. Placas de chapa metálica.
 - g. Paneles de metal desplegado + mortero.
3. Mixtos.

Combinaciones de Tableros + rastreles.

Placas metálicas + rastreles.

4. Paneles de piezas plegadas con aislamiento adherido por una sola cara o en su interior: Fibrocemento, chapa metálica.

CUBIERTAS PLANAS. ELEMENTOS.

1. Base estructural.
2. Soporte de la impermeabilización / mortero de pendiente.
 - Hormigón celular.
 - Placas de aislante rígido.
 - Arcilla expandida.
 - Morteros de áridos ligeros.
 - Morteros de regulación.
 - Elementos prefabricados de hormigón.
 - Tabiquillos LHS.
3. Capas separadoras.
 - Geotextil, fibra de vidrio, película plástica, fieltro sintético.
4. Impermeabilizante.
 - a. Prefabricados.
 - b.
 - Bituminosos (oxiasfalto, betún, asfáltico, alquitrán)
 - No bituminosos o sintéticos (Caucho sintético y materiales poliméricos)
 - Compuestos materiales bituminosos + polímeros.
 - c. Productos líquidos.
 - Resinas de poliestireno, poliuretano, elastoméricas.
5. Aislamiento térmico.
 - Espumas plásticas: poliuretano, poliestireno extruido.
 - Aglomerados vegetales: corcho.
 - Placas minerales: vidrio celular, lana de roca o de vidrio.
 - Placas mixtas: Fibras de madera con magnesita.
6. Acabado y protección.
 - a. Protección pesada.
 - Grava rodada.
 - Baldosa sobre plots. Piedra natural o artificial, h.a.
 - Pavimentos. Plaquetas cerámicas, piedra, hormigón.
 - Morteros u hormigones.
 - Con tierra vegetal (ajardinada).
 - b. Protección ligera.
 - Láminas autoprotegidas.

CUBIERTA PLANA.

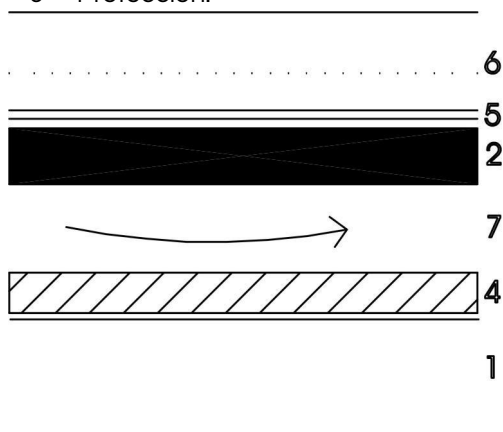
La mayoría de los autores coinciden en aceptar como cubierta plana la que tiene faldones con pendiente inferior al 5%. La cubierta plana más simple es la que presenta un único faldón o plano inclinado. Sin embargo desarrolla todas sus posibilidades cuando aparecen los faldones alabeados o compuestos por diferentes planos.

Exigencias básicas: Es evidente que la cubierta es el cerramiento que más riesgo tiene de fracasar, tanto por su posición- normalmente más expuestas a los agentes atmosféricos- como por la necesidad de proteger los espacios situados debajo. A los problemas propios de las exigencias mecánicas de la estructura que la soportan se le añaden los derivados de su función protectora, que se agravan por la posición horizontal. Por esta razón, el correcto diseño de una cubierta debe considerar todas las exigencias básicas y tratar de satisfacerlas simultáneamente. Así, la cubierta ha de garantizar la estanqueidad al agua, a la nieve y al viento; aislar térmicamente en ambiente frío y tener capacidad de refrigeración en ambiente cálido; posibilitar la atenuación acústica de ruido aéreo o de impacto; ofrecer seguridad ante propagación de incendios, estabilidad ante las acciones estáticas y dinámicas; debe asegurar la durabilidad y compatibilidad de sus materiales.

La existencia de un mecanismo para disipar el calor de las épocas estivales mediante la interposición de una cámara ventilada entre el soporte de la cobertura y la base estructural da lugar a la cubierta fría. (Figura 2- cubierta fría)

- 1- Base estructural.
- 2- Base soporte.
- 3- Barrera de vapor.
- 4- Aislamiento.
- 5- Impermeabilización.
- 6- Protección.

Figura 2.



Si por el contrario, los elementos de cobertura y soporte descansan directamente sobre la base estructural, sin dejar cámara, entonces la cubierta será caliente. (Figura 3- cubierta caliente)

- 1- Base estructural.
- 2- Base soporte.
- 3- Barrera de vapor.
- 4- Aislamiento.
- 5- Impermeabilización.
- 6- Protección.

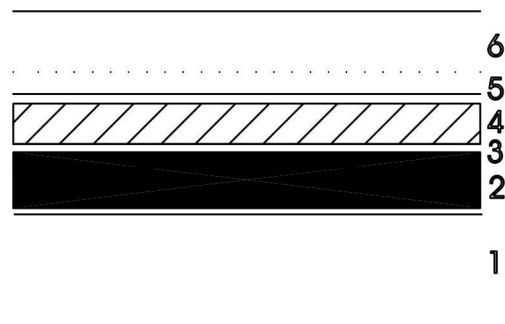
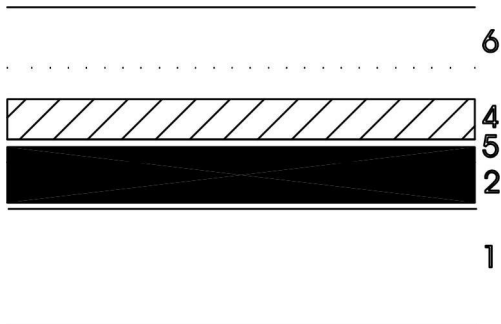


Figura 3.

Una variante de ésta es la denominada invertida, en la que el material aislante se coloca sobre la impermeabilización para protegerla. (Figura 4- cubierta invertida)

- 1- Base estructural.
- 2- Base soporte.
- 3- Barrera de vapor.
- 4- Aislamiento.
- 5- Impermeabilización.
- 6- Protección.

Figura 4.



Por lo general se suelen utilizar cubiertas planas calientes, aunque la tradición mediterránea sea la utilización de cubiertas con ventilación, es decir, cubiertas planas frías.

Elementos que conforman las cubiertas planas:

En el proyecto de toda cubierta plana debe cuidarse el diseño de cada uno de los elementos o capas que integran el sistema constructivo, que están definidos por la función que llevan a cabo: así, la base estructural va estrechamente ligada a las exigencias mecánicas; el soporte transmite las cargas de la cobertura (a la que sirve de apoyo); las capas separadoras facilitan la compatibilidad de los elementos; el impermeabilizante garantiza la estanqueidad; la protección defiende del viento y de los rayos ultravioleta y por último, se asegura la evacuación y conducción de las precipitaciones.

2. **Base estructural:** La cubierta plana descansa ordinariamente sobre el último forjado o elemento estructural horizontal del edificio. Éste debe calcularse teniendo en cuenta, lógicamente, además de las sobrecargas debidas a la acumulación de nieve y las necesidades de mantenimiento, el peso propio de la cubierta; factor determinante en edificios industriales o de grandes superficies comerciales.
3. **Soporte de la impermeabilización / mortero de pendiente:** Es el elemento que sirve de apoyo a la impermeabilización, además de conformar y dar pendiente al faldón. Cuando se requieran pendientes superiores al 5 %, se procurará que ésta se obtenga por la inclinación de la propia base estructural. En el resto de los casos, los faldones se pueden formar con hormigón celular, mortero con áridos ligeros, arcillas expandidas, placas aislantes térmicas, etc. Teniendo en cuenta algunas limitaciones: en primer lugar, las capas de pendiente deben tener un espesor superior a 20 mm, y no sobrepasar los 300mm. En segundo lugar, han de dejarse juntas de dilatación propias, de una amplitud mínima de 12 mm cada 15m y en el borde de contacto con cualquier cuerpo saliente: petos, chimeneas, claraboyas, etc. En tercer lugar, deben mantenerse las juntas estructurales de la base resistente. En cuarto lugar, la pendiente mínima de los faldones tiene que ser del 1 %. Por último, cuando un faldón tenga un cuerpo saliente que presente un lado perpendicular a la máxima pendiente, ha de facilitarse la evacuación con pequeños faldones a dos aguas.

Formación de faldones:

Hormigón celular. Se puede utilizar como soporte de una impermeabilización no adherida si su resistencia a compresión es superior a 2 Kp/cm² y compatible con ella. Cuando la impermeabilización vaya adherida, la resistencia es menor de 2 Kp/cm² ó no

son compatibles, se rematará su superficie con una capa de mortero cuyo espesor será de 20 mm y su dosificación mayor de 250 kg/m³.

Placas aislantes rígidas. Se emplean sobretodo, en cubiertas Deck o industriales, en las que el material aislante sirve de soporte a la impermeabilización. Se utilizan placas rígidas debidamente ancladas y compatibles con aquella.

Arcilla expandida. Este tipo debe cubrirse con una capa de mortero de 30 mm de espesor. Si la arcilla expandida va aglomerada con cemento, puede reducirse a 20 mm el espesor de dicha capa. La dosificación del mortero será mayor de 250 kg/m³.

Morteros de áridos ligeros. Se pueden utilizar, entre otros áridos, bolas de poliestireno expandido. Si la resistencia a la compresión del mortero es inferior a 2 kp/cm² se deberá extender sobre aquel una capa de mortero de 20 mm cuya dosificación sea mayor de 250 kg/m³.

Morteros de regulación. Tienen como función servir de apoyo directo a la impermeabilización sobre la capa de pendiente. Debe tener una resistencia a la compresión mayor de 2 kp/cm² y estar exentos de irregularidades que dañen la membrana. Para ello se procurará que el árido sea fino, que el mortero no se disgregue ni suelte áridos y no se fisure ni agriete por retracción o tensiones térmicas. Se achaflanarán las aristas de los encuentros entre faldones y paramentos verticales para evitar ángulos y pliegues que puedan dañar la impermeabilización.

4. **Capas separadoras:** se intercalan entre los elementos esenciales de la cubierta para mantener la durabilidad y eficacia del sistema. Existe un tipo de capa apropiado para cada una de las funciones que realizan. Así, para evitar el contacto entre materiales químicamente incompatibles, puede emplearse una película delgada de polietileno, fieltro de fibra de vidrio de 100 gr/m² o fieltro sintético geotextil de 200 gr/m².
5. **Impermeabilizante:** El elemento esencial de toda cubierta plana y el que le confiere la durabilidad de no permitir el paso de agua. La industria ofrece dos opciones de puesta en obra: Láminas prefabricadas que vienen enrolladas y que una vez extendidas deben ser solapadas hasta conseguir la total continuidad de la cubierta; o bien, las láminas y películas impermeables realizadas in situ, mediante proyección o rodillo. Las primeras pueden dividirse en:

Laminas prefabricadas bituminosas. Existen varias posibilidades, todas ellas constituidas por una o varias armaduras- excepto las de alquitrán modificado, que no llevan ninguna-, material antiadherente y, ocasionalmente, una protección. La característica diferenciadora es la clase de recubrimiento que incorpora: bituminosos las de tipo LO, bituminosos a base de oxiasfalto modificado las LOM, betún modificado con elastómeros o másticos bituminosos con plastómeros las denominadas LBM, y másticos bituminosos modificados con polímeros la LBME. Por último, las láminas bituminosas de alquitrán modificado (LAM) se fabrican sin armaduras, como se indicaban anteriormente; por extrusión y calandro y están constituidas por recubrimientos de alquitrán modificado con polímeros, plastificantes y otros materiales, como cargas minerales.

Laminas prefabricadas sintéticas. Se incluyen las de caucho sintético (EPDM), que son membranas de 1,1 a 1,5 mm de espesor nominal y que están constituidas por monómeros de Etilén, Propilén, Dieno; las láminas de goma cloroprénica; las láminas de polietileno clorodulfonado; las láminas de polisobutileno (PIB); las láminas de copolímero de acetato de vinilo etileno; las láminas de polietileno, y por último, las láminas de PVC, que son membranas de 2,2 mm de espesor nominal, constituidas por polietileno clorado y copolímeros de etileno, con plastificantes estables.

Películas impermeabilizantes in situ. Son productos líquidos que aplicados en capas con un espesor entorno a 1 mm, al secarse forman una película sólida, elástica e impermeable, a la que se puede incorporar o no una armadura en su interior. Suele utilizarse resina de poliestireno con acrilato modificado, resina de poliuretano con protección superior o resina elastomérica a base de latex copolímero sintético, en dos capas cruzadas.

6. **Aislamiento térmico:** En algunos manuales se cuenta con la resistencia térmica de los morteros de pendiente para satisfacer este tipo de exigencias. Sin embargo, es más constructivo proteger esa capa con un material aislante, pues de esta manera se reduce la carga térmica del soporte y se evitan las fisuras en los morteros, que pueden degenerar en fracasos del impermeabilizante. Para ello se coloca, entre éste y la capa de pendiente, un material aislante en forma de placas aislantes térmicas, que pueden ser de alguno de los tipos siguientes: espumas plásticas (poliuretano o polietileno extruido) aglomerados vegetales (corcho), vidrio pero siempre rígido, o placas mixtas (tableros de madera) La resistencia a compresión debe ser mayor a 2 Kp/cm².

7. **Capa de protección y acabado:** Tanto la impermeabilización como los materiales aislantes térmicos necesitan una protección y/o acabados, pues pueden ser atados por los rayos U.V. Muchos materiales sintéticos, ante la acción prolongada del sol, sufren pérdida de su flexibilidad y, por la migración de sus plastificantes, se cuartean con el riesgo de que el viento pueda esparcirlo y la cubierta pierda su función.
- Fijación del aislamiento: la impermeabilización va totalmente adherida al aislamiento. En este caso el aislante puede pegarse a la base soporte mediante un vertido de asfalto en caliente, con la condición de ser compatible con el sistema, pero no puede utilizarse nunca poliestireno extrusionado o expandido.
 - Fijación del aislamiento: la impermeabilización va fijada mecánicamente en bandas sobre el aislamiento. Estas líneas de anclajes se sitúan en el solape entre láminas o se disponen libremente sobre la superficie. Los anclajes de estas bandas lo hacen también sobre el aislamiento, y se puede considerar una reducción en el número de anclajes del mismo en el centro de la cubierta, desligando en cierto modo el aislamiento del soporte, con lo que se favorece la difusión del vapor.
 - Lastrado del aislante con grava rodada. La grava debe ser de canto rodado, estar limpia y carecer de sustancias extrañas. Su tamaño mínimo debe ser de 10 mm, y la cubierta debe tener en el borde un peto de, al menos, 15 cm de altura. En el caso de preverse fuertes succiones, deberá aumentarse la altura del peto.
 - Protección de baldosa sobre "plots". Con este tipo de protección se consigue un pavimento horizontal sobre la cubierta que, al dejar una cámara de aire ventilada, aligera la carga térmica del impermeabilizante y reduce el número de faldones, ya que permite distanciar las juntas propias de dilatación del soporte y del impermeabilizante. Tanto si las baldosas son de hormigón armado, como de piedra natural o artificial, deberá calcularse su espesor para que puedan absorber con seguridad los esfuerzos de flexión que soportarán en función de la sobrecarga esperada. Los soportes de las baldosas- plots deben tener una base amplia para no sobrecargar al impermeabilizante o al aislante con una tensión superior a 2 Kp/cm². Puede consistir en discos de hormigón que encajan unos en otros de plots extensibles de material termo plástico, ambos provistos en su tope de una cruceta que ayuda a replantear el pavimento y a regularizar el ancho de las juntas entre baldosas.
 - Protección pesada fija: pavimentos. Esta protección produce una cubierta plana transitable bajo carga. Puede resolverse con losa de hormigón prefabricado (asentada en un lecho de aren sobre el aislante o la impermeabilización); baldosas pétreas, placas de hormigón o plaquetas cerámicas (recibidas con mortero de cemento sobre una capa separadora extendida sobre la impermeabilización), o aglomerado asfáltico (extendido sobre una capa de arena o una capa separadora situada encima de la impermeabilización). Al permanecer apoyado el pavimento sobre el aislante o sobre la impermeabilización, la carga térmica es mayor y en consecuencia se debe acortar la distancia entre juntas de dilatación, tanto en el soporte como en el propio pavimento.
 - Protección ligera. Algunas láminas impermeables llevan incorporadas la protección contra los U.V y sólo necesitan ser colocadas de tal modo que se asegure su fijación frente al viento. Son cubiertas de uso industrial, son láminas impermeabilizantes que llevan protección con puntos de anclaje para que el viento no lo arranque. No son transitables y son generalmente de P.V.C. La protección que llevan es de tipo granular o láminas metálicas.

Puntos singulares de las cubiertas planas.

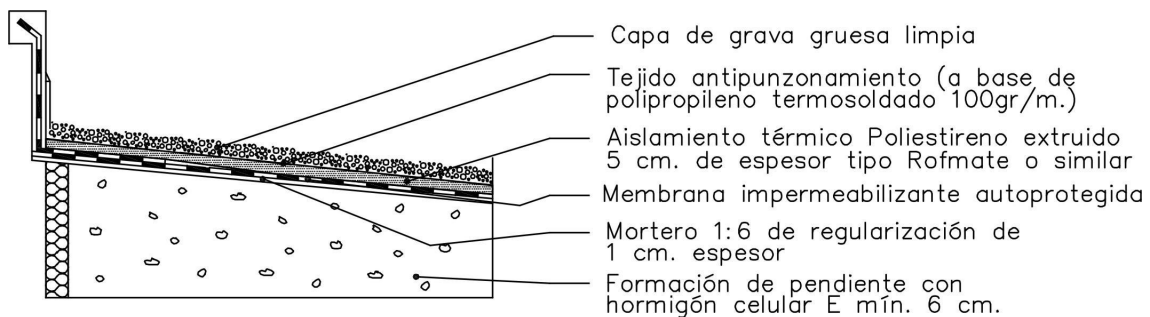
Encuentro del faldón de cubierta con pavimento.

Según la norma Qb-90 exige que la impermeabilización del encuentro con faldón se prolongue 15 cm con el pavimento. Evitando así el paso del agua entre el impermeabilizante y el peto. Se protege con un rodapié o un remate metálico. Además deben absorber las posibles dilataciones en el encuentro, siempre hay que doblar el impermeabilizante en esos puntos. La norma dice que hay que hacer un solape de la capa impermeabilizante de 50 cm y se hace con el mismo material del impermeabilizante. Se debe evitar el doblar del impermeabilizante en ángulo recto. Se suelen colocar tiras de madera para evitar que se rompa y en las esquinas se deben reforzar con 2 ó 3 capas de impermeabilizante.

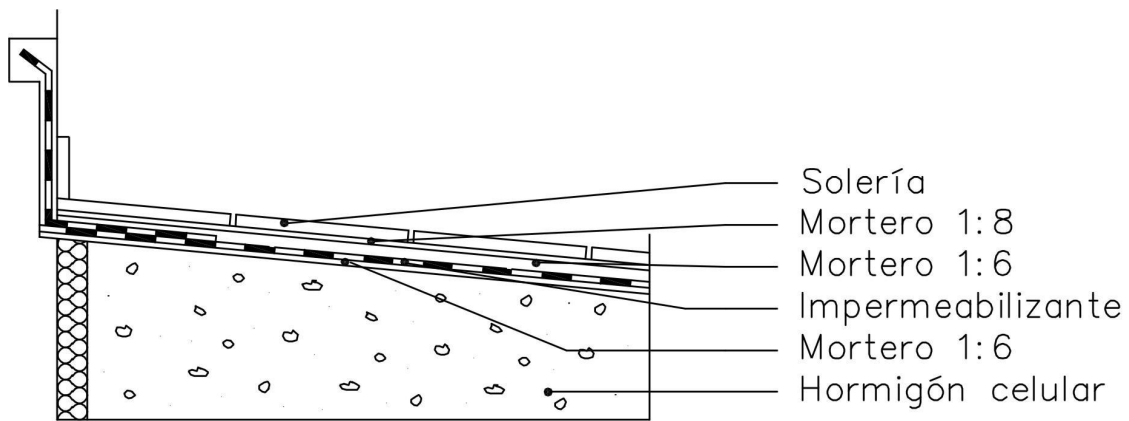
Altura de los petos:

- Cuando es cubierta no transitable no se exige ninguna altura, sólo disponer elementos de seguridad adecuada.
- Cuando es cubierta transitable el peto debe ser:
Altura menor de 25 m- antepecho 95 cm y barandilla 1m.
Altura mayor de 25m- antepecho de 1,05m y barandilla 1,10m.

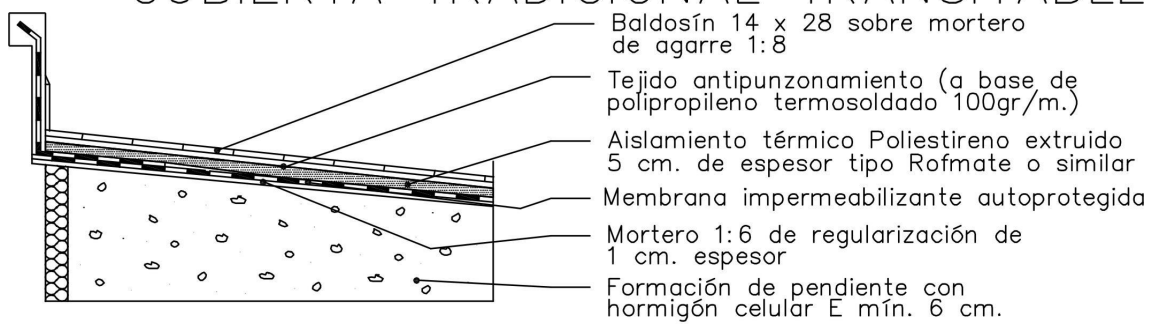
(Figura 5- tipos de encuentros en cubiertas)



CUBIERTA INVERTIDA NO TRANSITABLE



CUBIERTA TRADICIONAL TRANSITABLE



CUBIERTA INVERTIDA TRANSITABLE

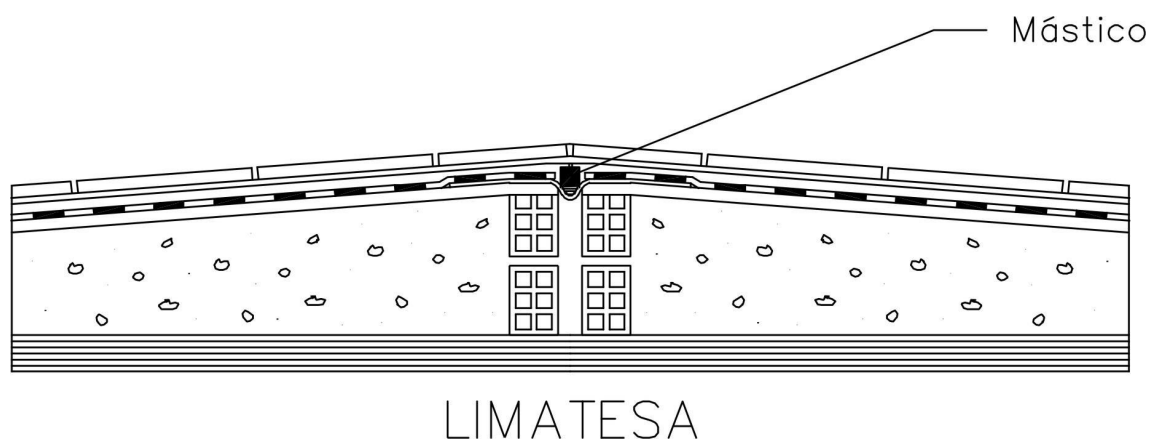
Encuentro de faldones tanto con limatesas como con limahoyas.

La norma obliga a reforzar con el impermeabilizante con anchura de 50 cm, 25 cm desde el centro hacia cada lado de la limatesa o la limahoya.

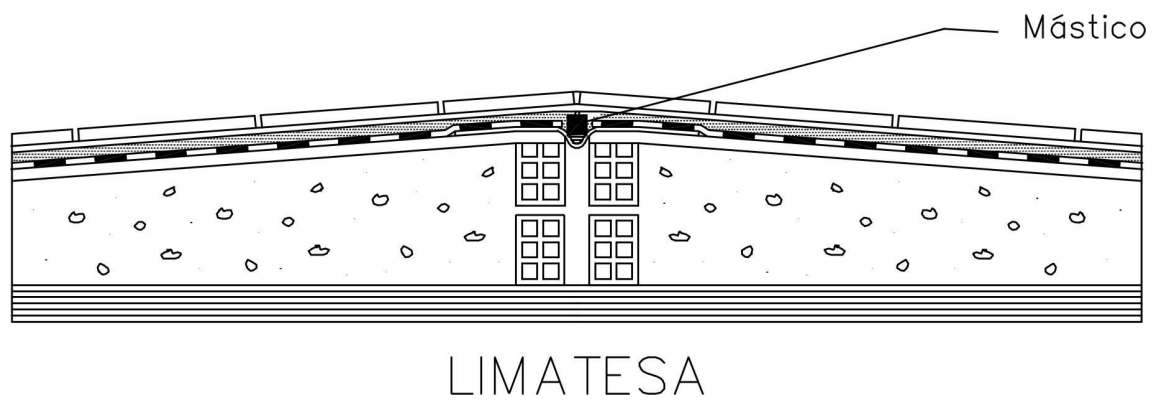
(Figura 6: A: Limatesa cubierta tradicional

B: Limatesa cubierta invertida transitable.

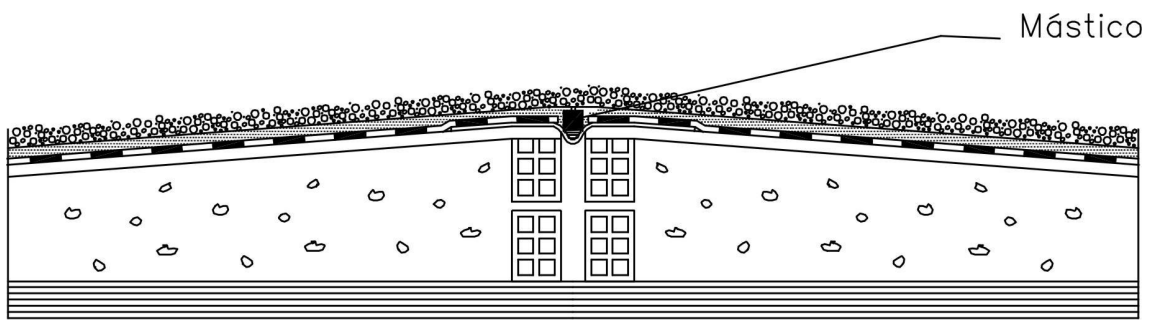
C: Limatesa cubierta invertida no transitable)



A

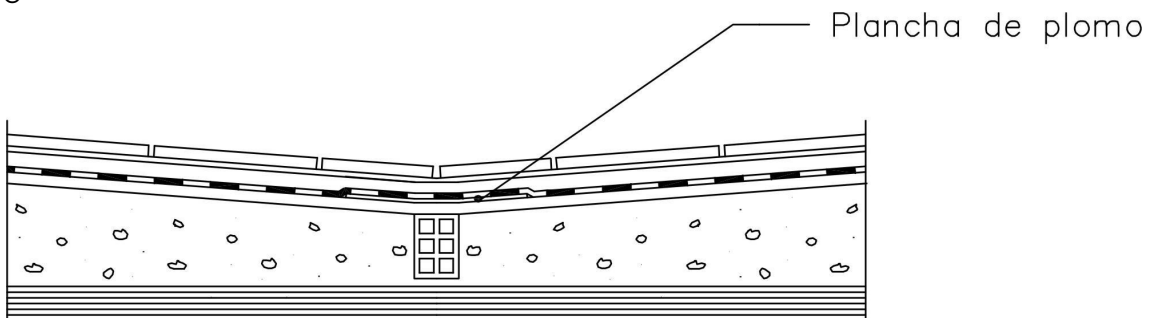


B



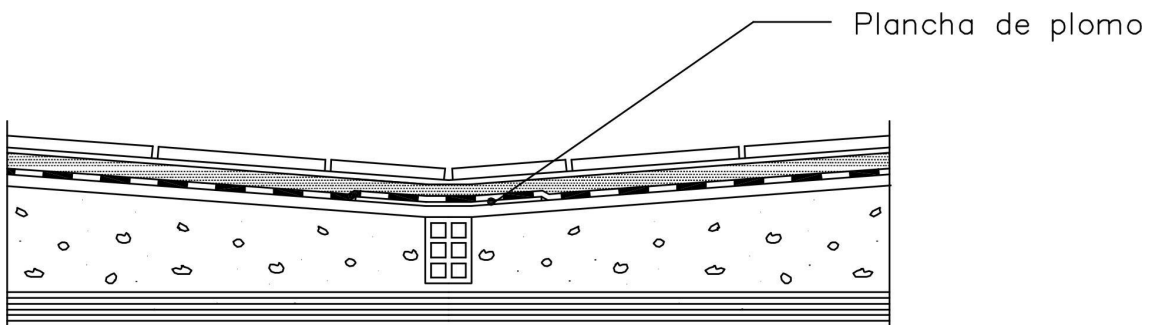
LIMATESA

C



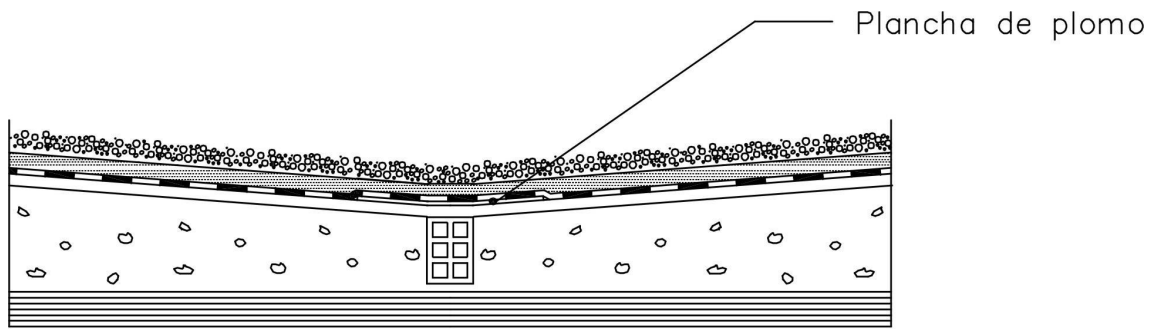
LIMAHOYA

A. Limahoya de cubierta tradicional.



LIMAHOYA

B. Limahoya de cubierta invertida transitable.



LIMAHOYA

C. Limahoya de cubierta invertida no transitable.

Encuentros de faldones con desagües.

Los desagües se hacen mediante la pendiente dirigiéndola a los sumideros que tendrán rejillas para evitar que entre el grava. Los uniones han de ser estancas. Hay que doblar el impermeabilizante en estos puntos duplicándolo.

El sumidero donde se va a recoger el agua debe estar por debajo del impermeabilizante para ello lo que se hace es un rebaje del aislante. La capa inferior de la impermeabilización siempre debe llegar a la cazoleta, deben solapar 10 cm y separar las cazoletas de los rincones 1m y 50 cm de los paramentos. Conviene aislar térmicamente las bajantes para evitar condensaciones y problemas de humedades (coquillas)

Desagües con canalones: hay que colocar impermeabilizante debajo de los canalones y doblarlo con unos solapes de unos 15 cm.

Los canalones pueden estar colocados en el interior o en el exterior del faldón.

Se fijan con abrazaderas o chapas. En los de interior se pueden sustituir las abrazaderas por impermeabilización auto protegida. Tienen que tener una pendiente mínima de:

Prefabricados de plástico o chapa- 1%.

Hecho en obra con impermeabilizante- 3%.

(Figura 7: A. Sumidero decubierta tradicional

B. Sumidero cubierta deinvertida transitable

C. Sumidero de cubierta no transitable)



ENCUENTRO CON SUMIDERO

A



ENCUENTRO CON SUMIDERO

B



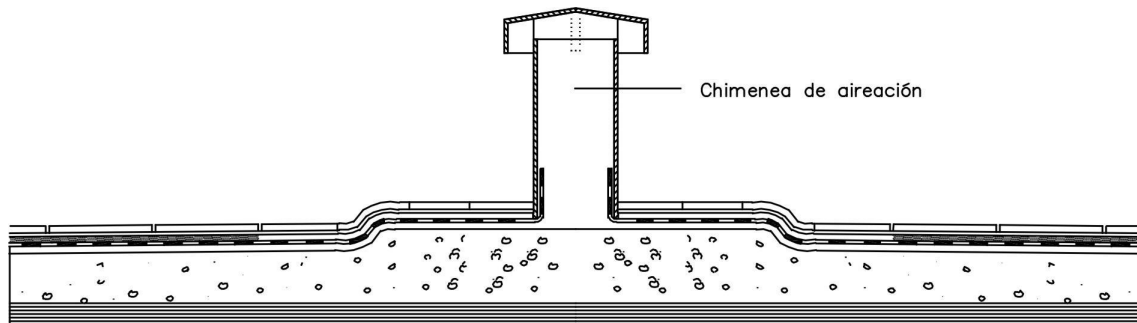
ENCUENTRO CON SUMIDERO

C.

Encuentros con instalaciones: Chimeneas.

Se deben formar uniones perfectamente estancas y proteger las entregas del impermeabilizante con manguitos. El impermeabilizante se solapa 15 cm para mayor estanqueidad.

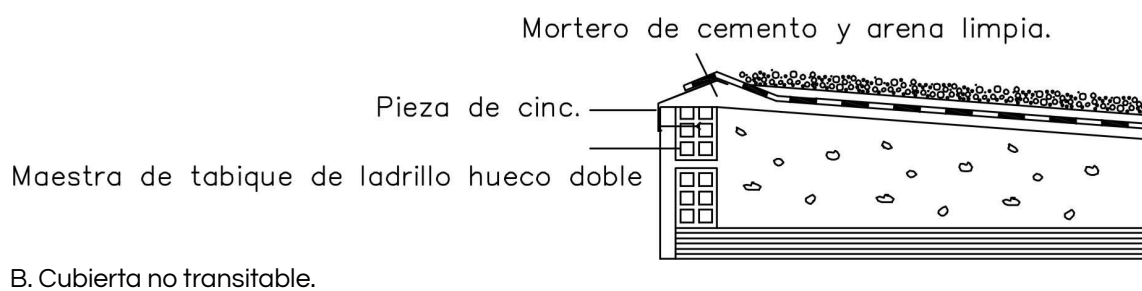
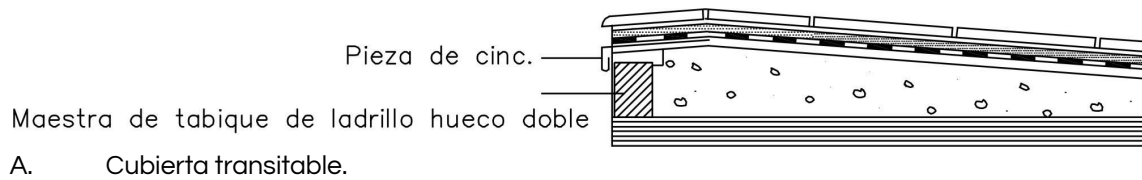
(Figura 8)



Terminación de cubierta: bordes extremos de faldones.

Borde libre: deben ir los impermeabilizantes doblados y con un solape de 25 cm de anchura.

(Figura 9)



Juntas de dilatación.

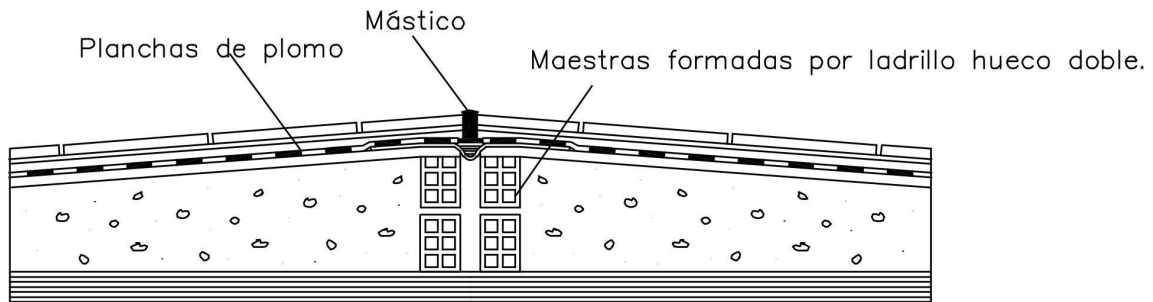
Toda junta de dilatación de una cubierta plana deberá realizarse en posiciones a las que no afluya el agua: preferiblemente en cumbrera, o si no, en limatesa, pero siempre distanciadas más de 1 metro de cualquier sumidero.

Debe distinguirse tres tipos de:

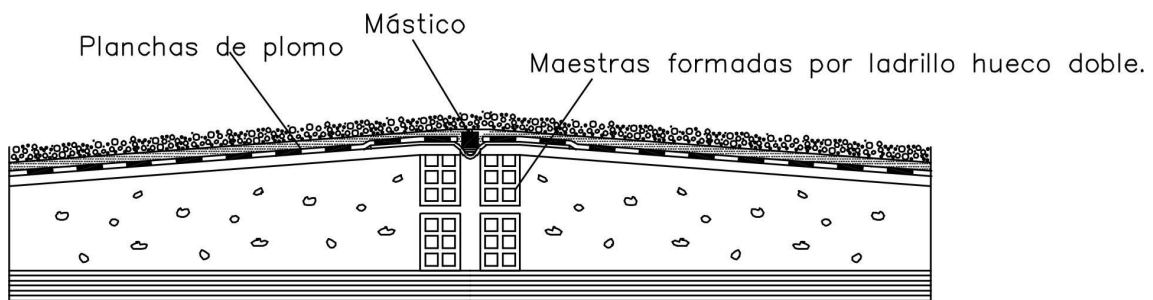
La estructural- todas las juntas de la cubierta deben de interrumpirse a lo largo de la junta estructural del edificio, reproduciendo reproduciéndose el trazado de ésta.

La junta de cubierta- solo afecta a la impermeabilización y al soporte, se coloca cada 15m y nos interesa colocar en las limatesas.

La junta de la capa de protección- afecta a las protecciones pesadas (materiales rígidos) que impiden las dilataciones. Se deben de colocar en todo el perímetro, en el encuentro de elementos pasante y en toda la superficie, formando una cuadrícula de 5m de lado como máximo. La junta afecta tanto al pavimento como al mortero de agarre. Tendrá una anchura de 12mm y debe sellarse con mástico elástico, impermeable y resistente a la intemperie. (Figura 10)



A. Junta de dilatación en cubierta transitable.



b. Junta de dilatación en cubierta no transitable.